



Réseau National de Recherche en Télécommunications

Rapport du Groupe Internet du Futur

mission conduite par :

Jean-Claude Merlin

Gérard Roucairol

avec

Olivier Castaignède et Olivier Nora

Ce rapport est disponible en ligne sur le site du
Réseau National de Recherche en Télécommunications

www.telecom.gouv.fr/rnrt
www.education.gouv.fr/rnrt

Plan du rapport

AVANT-PROPOS	3
MEMBRES DE LA MISSION INTERNET DU FUTUR	4
GUIDE DE LECTURE	6
PARTIE I - CONTEXTE	7
I.1. INTERNET : LES GRANDS ENJEUX	7
I.2. INTERNET : UN MODELE D'INNOVATION PARTICULIER	8
I.3. INTERNET, UNE DYNAMIQUE INDUSTRIELLE DE RUPTURE	10
I.4. FORCES ET FAIBLESSES FRANÇAISES	15
I.5. LES INITIATIVES ETRANGERES	20
PARTIE II - L'INTERMEDIATION : UN CADRE POUR LE DEVELOPPEMENT DE L'INTERNET DU FUTUR	23
II.1. UN NOUVEAU MODELE POUR LES SERVICES EN LIGNE	23
II.2. TROIS DIMENSIONS AU DEVELOPPEMENT DE L'INTERNET DU FUTUR : LES USAGES, L'ARCHITECTURE TECHNIQUE, LES PARAMETRES ECONOMIQUES	27
PARTIE III - PRIORITES DE RECHERCHE	36
III.1. PRIORITE 1 : RAPPROCHER L'INFORMATION DE SON USAGE GRACE A L'INTERMEDIATION ET PERMETTRE A CHACUN DE PARTICIPER AUX CONTENUS EN LIGNE	37
III.2. PRIORITE 2 : INTEGRER DES FLUX AUDIOVISUELS ET PERMETTRE LEUR INTERMEDIATION	40
III.3. PRIORITE 3 : INTEGRER DANS L'INTERMEDIATION LES ELEMENTS ESSENTIELS DE L'ACTIVITE QUOTIDIENNE : MOBILITE ET ACTIVITE EN COMMUNAUTE	42
III.4. PRIORITE 4 : ADAPTER L'INFRASTRUCTURE AUX BESOINS ET AUX USAGES : POURSUIVRE L'OUVERTURE EN TROIS MONDES, AMELIORER L'ENSEMBLE DES TROIS MONDES	46
PARTIE IV - RECOMMANDATIONS	49
IV.1. PREMIERE RECOMMANDATION : ORIENTER LES EFFORTS DE R&D COOPERATIFS EN FRANCE ET EN EUROPE POUR TIRER PARTI DES RUPTURES APORTEES PAR L'INTERMEDIATION	49
IV.2. DEUXIEME RECOMMANDATION : DEVELOPPER DES EXPERIMENTATIONS DE SERVICES SUR DES INFRASTRUCTURES AVANCEES, DANS UN CADRE OUVERT	52
IV.3. TROISIEME RECOMMANDATION : MOBILISER LES MOYENS NECESSAIRES, ET ACCOMPAGNER L'EFFORT EN AMONT ET EN AVAL	55
ANNEXES 1 A 4 : TRAVAUX DES GROUPES DE TRAVAIL	57
A.1. RAPPORT DU GROUPE 1 : RAPPROCHER L'INFORMATION DE SON USAGE GRACE A INTERNET	57
A.2. RAPPORT DU GROUPE 2 : INTEGRER LES FLUX AUDIOVISUELS DANS INTERNET	57
A.3. RAPPORT DU GROUPE 3 : FAVORISER LA MOBILITE ET LA COOPERATION PAR INTERNET	57
A.4. RAPPORT DU GROUPE 4 : DEFINIR POUR INTERNET DES INFRASTRUCTURES ADAPTEES AUX BESOINS ET AUX USAGES	57

Avant-propos

Le présent rapport a été élaboré dans le cadre du Réseau National de la Recherche en Télécommunications (RNRT) et à la demande de son comité d'orientation qui a ressenti le besoin, au-delà des appels à projets annuels, de disposer d'une approche transversale, sous la forme d'orientations prioritaires de R & D, pour traiter le domaine essentiel d'Internet.

Cette démarche rejoignait le souci exprimé, dans un récent rapport, par le Conseil Général des Technologies de l'Information (CGTI) qui prônait le lancement rapide d'un plan d'action sur l'Internet du futur s'appuyant largement sur le RNRT.

Entre temps, le Gouvernement a annoncé que l'un des sujets importants du prochain Comité Interministériel de la Société de l'Information, au début de l'année 2000, serait l'Internet du futur. Puisse donc le présent rapport apporter sa contribution à la préparation de ce Comité et des décisions qui en ressortiront.

*
* *

L'élaboration du rapport s'est effectuée à partir des travaux d'un Groupe, mis en place par le bureau exécutif, rassemblant des représentants de laboratoires publics et privés particulièrement concernés par le sujet. Quatre des membres de ce Groupe ont accepté d'animer des groupes de travail spécialisés sur les thèmes jugés prioritaires et se sont assurés pour ce faire de la contribution d'experts venant d'horizons variés. Que tous, animateurs, participants et contributeurs, en soient ici remerciés.

Nos remerciements vont aussi aux personnalités que nous avons sollicitées et qui ont accepté de venir exposer leur point de vue devant le Groupe à l'occasion de certaines de ses réunions. Ils vont également aux différents experts du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie (MEFI) et du Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie (MENRT) qui ont bien voulu nous alimenter en documentation, voire en contributions écrites, en particulier celles de Roger Seïté.

Nous avons mis aussi à contribution très largement, pour la rédaction du rapport, les deux secrétaires permanents du RNRT, Olivier Castaignède et Olivier Nora, qui ont été associés étroitement aux travaux du Groupe, et auxquels nous sommes particulièrement reconnaissants de leur apport essentiel tant intellectuel que matériel.

Enfin, nous remercions le Président et les membres des instances (Comité d'orientation et bureau exécutif) du RNRT qui nous ont guidés à l'occasion de plusieurs rencontres intermédiaires pendant le déroulement des travaux.

Jean-Claude Merlin

Gérard Roucairol

Membres de la mission Internet du Futur

Groupe principal

Bruno Bachimont	Institut National de l'Audiovisuel
Patrick Baudelaire	Thomson multimédia
Lionel Bouchard	Philips
François Bourdoncle	Ecole des Mines de Paris
Yves Caseau	Bouygues
Dominique Delisle	France Télécom
Yves Devillers	Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA)
Michel Diaz	Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (LAAS) Centre National de Recherche Scientifique (CNRS)
Serge Fdida	Laboratoire d'Informatique Paris 6 (LIP6) / Université de Paris 6
Ulrich Finger	Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications (ENST) Groupe des Ecoles de Télécommunications (GET)
Jean-Claude Merlin	Conseil Général des Technologies de l'Information (CGTI) Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie
François Neumann	Alcatel
Michel Riguidel	Thomson CSF Communications
Gérard Roucairol	Bull
Robert Rumeau	Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)
Dany Vandromme	GIP Renater

Contributeurs aux sous-groupes

Laurent Aubertin	France Télécom
Olivier Bomsel	Ecole des Mines de Paris
Dominique Boullier	Université de Technologie de Compiègne
Jean-Denis Chillet	Alcatel
François Laburthe	Bouygues
Jean-Claude Moissinac	Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications (ENST) Groupe des Ecoles de Télécommunications (GET)
Patrick Valduriez	Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA)

Personnes auditionnées

Gilles Braun	Ministère de l'Education nationale, de la Recherche et de la Technologie
Dominique Brouchet	L'Echangeur
Jean-Pierre Corniou	Usinor
Jean-Marie Hullot	Consultant, usages et nouvelles technologies
Daniel Kaplan	Fondation pour l'Internet Nouvelle Génération

Guide de lecture

Après avoir rappelé **les enjeux d'Internet du futur** pour la France et l'Europe, et **le contexte** dans lequel le rapport se situe, l'accent est mis d'emblée sur **la nécessité et l'urgence, pour l'ensemble des acteurs, de se mobiliser** pour que la France soit un élément moteur en Europe grâce à ses initiatives (Introduction - Les enjeux).

L'analyse du contexte (Partie I) rappelle qu'Internet est une véritable rupture, tirée par trois types de moteurs : **les moteurs d'usage, les moteurs technologiques et les moteurs techniques** (Chapitre I.2). Cette dynamique de rupture ne doit pas être sous-estimée et **s'étend à l'ensemble des secteurs industriels** (Chapitre I.3). Face à cette rupture, la France et l'Europe présentent **des forces et des faiblesses** qui doivent guider les priorités exprimées dans ce rapport (Chapitre I.4). Enfin, le **panorama des initiatives déjà engagées à l'étranger** souligne l'urgence de la situation et donne des éléments de comparaison internationale (Chapitre I.5).

Internet apporte une rupture sans précédent dans l'ensemble des secteurs économiques et dans la société. Pour comprendre les raisons de ce bouleversement, et pouvoir ainsi définir des priorités pertinentes en rupture par rapport à ce qui était fait jusqu'à présent, il est nécessaire de disposer **d'un cadre d'analyse pour le développement d'Internet du futur** (Partie II).

Ce cadre d'analyse introduit deux notions essentielles (chapitre II.1) : la **notion d'intermédiation**, et la notion **d'ouverture du système des télécommunications en trois mondes**, le monde des métiers et des usages, le monde de la connectivité et le monde de l'intermédiaire.

Une attention toute particulière doit être portée à ces deux notions qui sont nouvelles, malgré une terminologie qui peut paraître ancienne et prêter à confusion.

La notion d'intermédiation doit être prise au sens économique (intermédiaires Internet indépendants des opérateurs) mais **surtout au sens technique** : dans l'ensemble des communications sur Internet, il y a systématiquement une ou plusieurs étapes intermédiaires qui s'appuient sur des systèmes informatiques dédiés, standards.

L'ouverture en trois mondes ne doit pas être confondue avec le traditionnel découpage en terminaux, réseaux et serveurs, mais bien comme **trois systèmes complets**, constitués de machines, de réseaux, de logiciels, de middleware, etc. L'architecture du futur présentée dans ce rapport (II.2.2) montre cela clairement.

Le cadre d'analyse ouvre **des pistes pour le développement d'Internet du futur**, en termes d'usages nouveaux, en termes d'architecture des trois mondes, en termes de leviers économiques à faire jouer pour reprendre des positions fortes dans la chaîne de valeur (Chapitre II.2).

Quatre groupes de travail ont ensuite réfléchi aux sujets de recherche importants pour anticiper Internet du futur, en fonction de nos forces et faiblesses. Les rapports de ces groupes (Annexes du rapport) ont permis de dégager **des priorités de R&D** qui s'appliquent à l'ensemble des éléments du système : composants, équipements, logiciels, services (Partie III).

Les recommandations finales (Partie IV) sont alors de trois sortes : d'une part orienter les efforts de R&D coopératifs en France et en Europe (Chapitre IV.1), d'autre part développer des expérimentations de services sur des infrastructures avancées (Chapitre IV.2), enfin mobiliser les moyens nécessaires et accompagner l'effort en amont et en aval (Chapitre IV.3).

Ces recommandations s'adressent à l'ensemble des initiatives en cours, au niveau national (RNRT, Réseau logiciel (RNTL), Programme Société de l'Information, PRIAMM (Production audiovisuelle)...) et au niveau Européen (programme IST, programme Euréka, ITEA, MEDEA...).

Partie I - Contexte

I.1. Internet : les grands enjeux

Au cours des années 90, l'Europe a occupé une position forte dans le secteur des télécommunications mais la généralisation d'Internet a introduit une rupture sans précédent, avec une redistribution des rôles, une modification de la chaîne de valeur et l'apparition de nouveaux acteurs. Aujourd'hui, le marché des équipements de routage, des "terminaux" Internet, des serveurs et de tous les logiciels associés est largement dominé par les entreprises américaines.

De nombreux rapports ont été remis à la demande du Gouvernement pour étudier les différents aspects d'Internet en France : rapport du Conseil d'Etat sur les aspects juridiques d'Internet, rapport de Francis Lorentz sur le commerce électronique, rapport de Jean-François Abramatic sur le développement technique d'Internet, rapport de Gilles Kahn sur le logiciel en France, rapport de Jean-Michel Yolin sur Internet et les PME, rapports du CGTI sur Internet et sur la téléphonie sur IP. Ces rapports soulignent l'importance des enjeux pour la France et l'Europe :

- **Pour l'économie**, il s'agit d'acquérir de nouvelles positions industrielles fortes dans les secteurs traditionnels (télécommunications, audiovisuel, composants, informatique, industrie, commerce, services, etc.) et dans les secteurs en forte croissance (Internet, commerce électronique, industrie du contenu, etc.). Il s'agit également de dynamiser l'innovation dans les PME et les grands groupes et de favoriser la création de nouvelles entreprises.
- **Pour l'emploi**, il s'agit de tout mettre en œuvre pour profiter pleinement de la croissance et de la création d'emploi liées à Internet et aux entreprises qui sauront l'utiliser. Il est également nécessaire de réduire le mouvement de fuite des cerveaux constaté aujourd'hui.
- **Pour les citoyens**, il s'agit de profiter pleinement de l'entrée dans la société de l'information pour améliorer significativement l'ensemble des services qui leur sont destinés : santé, éducation, culture, relations avec les administrations, etc.
- **Enfin, pour la France et l'Europe**, il s'agit de maîtriser les technologies essentielles pour assurer la contrôle de nos systèmes stratégiques (défense, infrastructures, etc.), et développer une certaine indépendance dans un contexte mondial où le poids technologique et économique joue un rôle de plus en plus important. Il s'agit également de préserver et de développer notre patrimoine culturel dans un monde numérisé mondial.

Face à ces défis, le Gouvernement a mis en place fin 1997 un Programme d'Action Gouvernemental pour la Société de l'Information. C'est dans ce contexte que le Réseau National de Recherche en Télécommunications, en liaison avec le Conseil Général des Technologies de l'Information, a décidé de lancer une initiative conjointe autour d'Internet du futur.

Ce rapport s'inscrit dans l'esprit d'une démarche coopérative entre les acteurs, à l'initiative de ces derniers. L'objectif est de définir des priorités d'actions et de lancer des initiatives en matière de recherche et développement dans Internet du futur, l'innovation technologique restant bien souvent la clef d'un véritable essor lorsqu'elle est adaptée aux besoins et aux nouveaux usages. Le rapport vient ainsi compléter les conclusions des rapports cités précédemment et se concentre sur les programmes coopératifs et les expérimentations associées.

Enfin, ce rapport dépasse le cadre du RNRT et s'adresse à toutes les initiatives en cours, au niveau national (RNRT, Réseau Logiciel, Programme Société de l'Information...) et au niveau européen (programme IST, programmes EUREKA). Il s'agit de mobiliser l'ensemble des acteurs pour que la France soit un élément moteur en Europe grâce à ses initiatives.

I.2. Internet : un modèle d'innovation particulier

RESUME : Le développement d'Internet fait appel à trois types de moteurs, qui s'entraînent les uns et les autres et produisent une dynamique d'innovation sans précédent : des moteurs d'usage, des moteurs technologiques et des moteurs économiques. Les programmes de R&D doivent donc être évalués, du point de vue de leurs objectifs ou de leur pertinence, sous ces trois aspects indissociables.

Le cadre réglementaire joue également un rôle important dans cette dynamique. Il est cependant en dehors du champ de ce rapport.

I.2.1. Une rupture fondamentale et la naissance d'une nouvelle industrie

L'exceptionnel développement d'Internet est à mettre en regard de celui de la téléphonie mobile, de l'arrivée de la télévision, du magnétoscope, ou du minitel en France. Si Internet s'est déployé initialement dans les milieux universitaires, c'est l'adoption massive par les entreprises puis par le grand public qui a permis son plein essor. Internet s'est développé parce qu'il répondait à un besoin important du public mais son succès est aussi étroitement lié aux moteurs technologiques qui l'ont favorisé et aux facteurs économiques qui ont permis son déploiement rapide.

I.2.2. Les moteurs d'usage

Trois applicatifs principaux sont à l'origine de l'adoption d'Internet par le grand public : le Web, la messagerie électronique et l'IRC (Internet Relay Chat, "discussions" sur Internet). Ils répondaient à un besoin social important de communication inter-personnelle asynchrone (la messagerie électronique) ou presque synchrone (IRC ou les forums de discussion) et à un besoin de services en ligne (le Web). Ces éléments restent prépondérants aujourd'hui encore.

L'usage de ces services a été favorisé par la facilité de déploiement et de maîtrise des technologies, qui ont permis l'apparition rapide d'utilisations inattendues. Progressivement, les usages se sont diversifiés et la multiplication des services en ligne notamment par le biais du commerce électronique a transformé Internet en un véritable média de masse. Dans le même temps, les entreprises ont commencé à adopter Internet et des usages professionnels sont apparus avec les concepts d'Intranet ou d'Extranet et le développement de services spécifiques, adaptés à un secteur utilisateur donné.

I.2.3. Les moteurs technologiques

Trois facteurs technologiques principaux expliquent le succès d'Internet :

- Le terminal : universalité du PC, augmentation des performances (loi de Moore), chute du coût
- L'évolution des réseaux :
 - augmentation des débits disponibles (loi de Moore, progrès de l'opto-électronique)
 - intégration de données différentes (texte, image, son, voix, vidéo)
 - propriétés du protocole IP : robustesse, souplesse face à l'hétérogénéité des réseaux, facilité de passage à l'échelle, interopérabilité naturelle
- L'adoption d'une approche technologique ouverte : nouveaux mécanismes comme l'IETF (plus rapides et plus informels) de standardisation mondiale, certains logiciels libres (Apache...)

I.2.4. Les moteurs économiques

Différents acteurs économiques ont joué un rôle important dans le développement d'Internet :

- Les clients grand public ont adopté le micro-ordinateur, renforçant son caractère de marché de masse (délocalisation des investissements chez le client, renouvellement rapide des PC) ;
- L'Etat américain, avec un soutien direct à la R&D et une aide à la mise en place des infrastructures ;
- Les entreprises pourvoyeuses d'accès ou de service avec des investissements importants pour prendre des positions en rupture par rapport aux acteurs dominants traditionnels du secteur des télécommunications ;
- Les investisseurs (venture capitalists, NASDAQ...) qui ont permis à de nouvelles entreprises de prendre des risques industriels et commerciaux importants.

L'essor d'Internet résulte également de certaines modalités d'interaction entre ces différents acteurs:

- Le développement du logiciel libre et du logiciel gratuit
- Un fort effet de réseau à l'échelle mondiale (messaging électronique, IRC, Web...)
- La possibilité de créer de nouveaux réseaux sans lourds investissements initiaux (ceux-ci n'arrivant que plus tard).

Il ne faut pas oublier non plus le rôle joué par **le cadre réglementaire**. Aux Etats-Unis, le mode de tarification imposé pour la boucle locale (indépendant du temps de communication), un régime d'interconnexion favorable, l'absence de taxe spécifique sur les achats en ligne, les lois favorables à l'utilisation de la cryptologie et la souplesse des règles du droit d'auteur pour mettre en ligne des contenus ont favorisé l'adoption d'Internet par le grand public. Ce cadre réglementaire doit faire l'objet de réflexions des instances compétentes mais n'entre pas dans l'objet du présent rapport.

I.2.5. Conclusion

Le schéma ci-dessous résume les différents mécanismes à l'œuvre dans la dynamique d'innovation inhérente à Internet. Cette dynamique est amplifiée par les interactions constantes qui unissent étroitement ces moteurs du développement d'Internet. L'exemple le plus marquant de cette dynamique est la Silicon Valley où la coexistence de techniciens innovants, de financiers ambitieux et d'industriels puissants a permis l'émergence rapide d'un vivier d'entreprises leader sur le marché d'Internet.

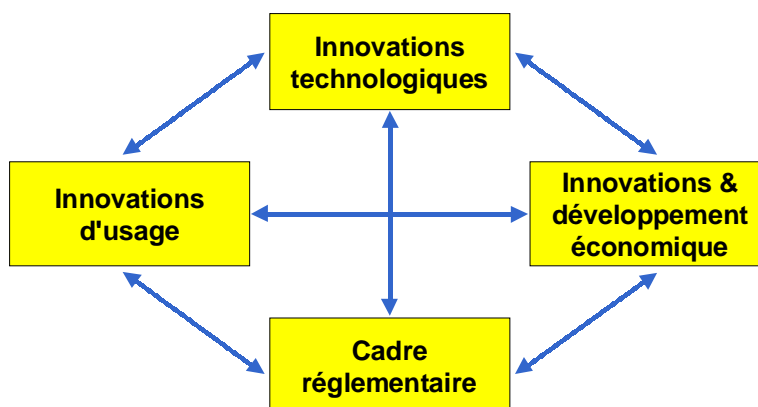


Figure 1 - Les moteurs d'internet

I.3. Internet, une dynamique industrielle de rupture

RESUME : La dynamique d'innovation conduit à une véritable **dynamique de rupture** pour l'ensemble des secteurs en place avant Internet : les télécommunications, l'informatique, l'audiovisuel, les composants, le secteur du contenu, des prestations de service et les autres secteurs utilisateurs.

Cette dynamique de rupture, analysée ici en détail, ouvre des pistes de réflexion qui seront reprises pour définir une vision d'Internet du futur. Elle souligne également combien il est urgent de remettre en question les modes d'analyse traditionnels pour rechercher l'origine de la rupture et les conséquences qu'elle pourrait avoir sur la structure industrielle des différents marchés.

I.3.1. Le contexte de la rupture

Combinaison d'innovations technologiques, d'innovations d'usages et d'innovations économiques, Internet entraîne une dynamique de rupture dans beaucoup d'industries. Le concept de technologie disruptive, qui a été utilisé pour de nombreuses innovations passées, est fondamental pour comprendre la discontinuité apportée par les protocoles autour d'IP (IP, HTML, SMTP, etc.).

Une technologie disruptive n'est pas meilleure ou moins bonne que les technologies qui existaient avant elle : elle répond à un besoin nouveau auquel les technologies précédentes ne pouvaient pas répondre. Ainsi, les technologies Internet permettent l'émergence d'un système de communication mondial multimédia (le Web), qui n'était pas envisageable auparavant.

Ces technologies changent les règles du jeu de la concurrence. Elles s'appuient sur des marchés nouveaux, en pleine croissance, qui ouvrent de nouvelles opportunités de création de valeur pour les clients. Pour prendre des positions sur ces nouvelles chaînes de valeur, et pour être le premier sur les nouveaux marchés, l'ensemble des acteurs déploient des efforts de R&D importants. Dans le cas d'Internet, ces efforts de R&D conduisent à l'établissement de standards ouverts, mondiaux, qui capitalisent l'effort mondial de recherche.

Même si les technologies Internet n'étaient pas prévues, à l'origine, pour faire ce que les technologies classiques faisaient déjà correctement (la téléphonie, par exemple), ces technologies sont portées par l'effort de R&D mondial et atteindront à coup sûr d'ici quelques années un degré de maturité suffisant pour les rendre plus efficaces que les technologies classiques à tous points de vue.

La situation des entreprises installées deviendra alors difficile sans un effort considérable de réorientation pour assurer leur survie. Startups, PME et nouveaux entrants viennent tout à coup prendre des positions clés dans les marchés installés.

Ainsi, le micro-ordinateur a démarré comme un outil personnel de travail, puis lorsque son rapport performance / prix a dépassé celui du "mainframe", il a rapidement remplacé ce dernier dans de nombreuses applications, entraînant des pertes importantes pour les constructeurs informatiques traditionnels. Dans le cas des disques durs, la technologie 3" a démarré grâce à son poids et à son volume, malgré sa faible capacité par rapport aux disques 5". La technologie 3" était portée par le marché naissant des cartes disque-dur et des ordinateurs portables. Après quelques années, la technologie 3" a fini proposer des capacités supérieures à la technologie 5", entraînant la disparition de la majorité des constructeurs de disque dur en place.

Le dilemme est alors de savoir comment anticiper un tel moment et s'y préparer. Il est nécessaire, pour cela, de reconnaître qu'un tel phénomène est en train de se produire, puis d'en tirer toutes les conséquences à partir d'un cadre d'analyse adapté.

1.3.2. La dynamique de rupture dans l'offre de produits et services NTIC

Rupture dans les télécommunications

L'arrivée d'Internet vient fondamentalement ouvrir le modèle classique des réseaux de télécommunications, en effaçant les barrières de protocole entre réseaux, terminaux et serveurs. L'architecture du réseau, devenu "backbone", peut être simplifiée et rendue durablement indépendante des services proposés. Les serveurs, quant à eux, peuvent apporter aux terminaux des services sans délai d'adaptation du réseau, et distribuer simultanément les adaptations logicielles requises par les terminaux. Dans ce modèle, les opérateurs intégrés traditionnels et les équipementiers de commutation perdent nombre d'avantages concurrentiels, et doivent changer de technologie pour tirer profit des gains de coût permis par la norme IP.

L'abaissement des coûts et la réduction des barrières technologiques à l'entrée entraînent l'apparition de nouveaux entrants et stimule la concurrence. L'économie des technologies IP rend solvables des niches de marché qui ne l'étaient pas jusque là, entraînant une spécialisation de certains entrants et des politiques d'écroulement (ex : Intervu, opérateurs spécialisés dans la diffusion sur Internet ; Chello, ISP spécialisé sur le câble).

La valeur ajoutée se déplace vers les extrémités (clients, fournisseurs de services), avec intégration du savoir-faire réseaux dans les équipements d'extrémité, ce qui entraîne les opérateurs et équipementiers dans une recherche de diversification, source de nouveaux services, afin de compenser leurs pertes de revenus.

Internet pose un problème nouveau, les revenus qu'il génère ne pouvant plus venir uniquement de l'usage du réseau : malgré la hausse considérable du trafic, le réseau devenu simple utilité n'engendre pas les mêmes marges que dans les usages traditionnels.

Cette rupture s'étend rapidement dans les marchés qui restent encore aujourd'hui peu touchés par Internet : le marché des télécommunications fixes et mobiles.

Rupture dans l'informatique

Les micro-ordinateurs, éléments importants dans Internet jusqu'à aujourd'hui, sont à leur tour menacés par de nouveaux terminaux répondant à de nouveaux besoins (téléphones mobiles, Web-TV, « organisateurs », consoles de jeux...). Ces nouveaux terminaux bouleversent le paradigme de la micro-informatique (modèle unique du terminal à tout faire) pour introduire la diversification des terminaux et des contraintes de poids, de consommation, de facilité d'usage.

Les méthodes traditionnelles de développement logiciel, souvent intégrées, sont remises en cause grâce à la technologie du composant logiciel portable qui permet sa réutilisation dans divers contextes et son emploi indépendamment de la nature des plates-formes utilisées. Des méthodes de conception très innovantes apparaissent, avec des gains en temps et en qualité importants : développement en équipes éclatées, circulation instantanée et à coût marginal nul de composants logiciels et de documentation, généralisation de composants standards, sous-traitants spécialisés "meilleurs du monde" sur tel composant...

Le métier traditionnel des entreprises de service en informatique est également transformé : grâce aux réseaux, il devient moins nécessaire de vendre et d'installer un produit chez le client pour qu'il puisse l'utiliser. De nouveaux modèles économiques fondés sur la facturation en ligne de l'usage d'une application (Application Service Provider, fermes de serveurs en ligne) se font jour.

La mise en ligne des applications existantes et d'applications "à la demande" ne procède pas uniquement d'une logique de coût mais répond à de nouveaux besoins d'extension des systèmes d'informations vers les clients et fournisseurs d'une entreprise. L'informatique converge ainsi avec les télécommunications offrant à ces deux types d'acteurs un champ nouveau d'opportunités.

Rupture dans l'audiovisuel

L'apparition de l'interactivité est une rupture forte en train de naître dans le monde de l'audiovisuel. De nouveaux usages commencent déjà à poindre sur le Web, et les technologies émergentes n'attendent plus qu'une "killer application" pour se déployer.

L'apparition de nouveaux services interactifs risque d'entraîner une segmentation nouvelle des attentes des clients, qui pourraient devenir moins exigeants sur la qualité de l'image en contrepartie de nouvelles possibilités d'usage. Le phénomène est très clair aujourd'hui sur Internet avec l'explosion des technologies de streaming malgré leur faible résolution.

L'apparition de l'interactivité s'accompagne de l'arrivée de nouveaux réseaux d'accès, en concurrence avec les réseaux traditionnels : GPRS/UMTS, xDSL, câble, etc. Dans le même temps, on peut anticiper une ouverture prochaine des réseaux de diffusion similaire à celle observée dans les télécommunications (arrivée des technologies de diffusion sur Internet).

Enfin, l'arrivée de l'interactivité a un impact fort sur l'ensemble des terminaux audiovisuels (TV, radio, magnétoscope, caméscope, consoles de jeu...) en introduisant des besoins nouveaux d'intelligence, d'interopérabilité et d'interactivité. L'audiovisuel est aussi un candidat aux opportunités nouvelles offertes par la convergence.

Rupture dans les composants matériels

Apparition de fonctions optiques dans un monde entièrement électronique : le développement d'Internet entraîne une croissance importante des débits transportés par les réseaux. Pour y répondre, on assiste à un développement sans précédent des fonctions optiques qui bousculent la frontière entre optique et électronique autour de nouvelles architectures IP sur optique.

Evolution forte des composants clés au sein des systèmes : l'arrivée d'Internet bouscule les composants clés qui accaparaient l'essentiel de la valeur ajoutée dans le monde des micro-ordinateurs ou des télécommunications mobiles. De nouveaux composants deviennent essentiels pour le développement d'Internet : vocodeurs Internet, composants de sécurité, de visualisation, de vision, de stockage, modems, matrices de commutation, composants pour carte à puce...

Apparition du software radio et de composants reprogrammables : le fait de pouvoir télécharger du code depuis Internet permet maintenant d'imaginer des composants que l'on pourrait reprogrammer en logiciel depuis le réseau pour l'adapter à telle ou telle application.

Internet induit l'apparition de nouveaux intermédiaires "généralistes" :

Pour fonctionner, les réseaux ont besoin d'assurer un certain nombre de fonctions "généralistes" qui étaient traditionnellement sous le contrôle des opérateurs (nommage, allocation de numéros, annuaires, kiosques, etc.). Internet permet de déplacer ces fonctions vers les extrémités et de les rendre indépendantes de l'opérateur de réseaux. On assiste ainsi à l'apparition d'intermédiaires nouveaux pour remplir des fonctions jusque là enfouies dans les réseaux. La concurrence vive qui s'installe entre ces intermédiaires permet une dynamique d'innovation sans précédent.

- **Des intermédiaires qui remplissent des rôles clés dans le fonctionnement d'Internet :** nommage, sécurité (tiers de certification, de confiance, d'authentification), annuaires et moteurs de recherche généralistes, gestion de droits d'accès, etc.
- **Des intermédiaires qui rapprochent les informations des usages :** grands portails, intermédiaires de traduction automatique, de diffusion d'informations, etc.
- **Des intermédiaires qui permettent la communication entre personnes :** serveurs de courrier Web, serveurs de news, forums, etc.

I.3.3. Les entreprises qui souhaitent utiliser Internet au service de leur métier

Ruptures dans le secteur industriel et commercial en général

Internet permet de revoir entièrement la relation qui préexistait entre une entreprise et ses clients ou fournisseurs en offrant un nouveau canal de distribution, en permettant la généralisation et l'ouverture des concepts d'EDI, et en permettant le développement rapide d'un nouveau "front office" sur le Web sans remettre en cause, au préalable, l'ensemble des systèmes d'information existants. Ce processus va bien au delà du développement du commerce électronique et correspond à l'extension chez les clients et partenaires des systèmes internes de l'entreprise.

Internet et l'ensemble des technologies qui lui sont associées autorisent et généralisent ainsi la mise en réseau, via notamment des portails spécialisés:

- des employés de l'entreprise (résidents, nomades, ou travailleur à domicile), en facilitant en particulier la mise en place d'organisations virtuelles reconfigurables au fil du temps
- de l'entreprise avec ses clients, tout en permettant d'enrichir le concept de produit étendu (produit + service), en offrant de nouveaux services, en renforçant le service après vente, en généralisant les concepts de personnalisation de masse, ...
- de l'entreprise avec ses fournisseurs ou partenaires, en favorisant, en particulier, une meilleure intégration de ses propres processus internes avec ceux de ses partenaires
- des diverses fonctions et applications du système d'information lui même pour assurer une meilleure réactivité globale de l'entreprise à l'ensemble de ses sollicitations extérieures.

Internet est par ailleurs un outil idéal pour la maîtrise et la capitalisation des connaissances, aujourd'hui enjeu majeur de compétitivité dans tous les secteurs économiques, sans oublier la santé, l'enseignement, la recherche, etc.

Ruptures dans les industries de contenu

La rupture principale apportée par Internet dans ces industries est la dématérialisation des contenus et la possibilité de stocker et distribuer ces derniers à coût marginal nul, dans des standards ouverts et indépendants de l'usage ou du moyen qui a permis de les produire.

Il est également possible maintenant de conserver un lien permanent avec les utilisateurs, pour leur apporter plus d'informations et faire vivre le contenu. Il est également possible d'animer des communautés autour de contenus (communautés de fans...), de mieux comprendre leurs besoins et d'y répondre.

Les contenus disponibles sur Internet en format standard peuvent être manipulés (filtrés, condensés, indexés, etc.) par des intermédiaires dont le rôle est de rapprocher l'information de son usage.

Les mécanismes qui permettront de rémunérer l'information et surtout de protéger les droits qui lui sont attachés restent encore en grande partie à inventer.

Ruptures dans les industries de prestation de service sans échange de biens matériels

Ces industries subissent, avec Internet, une rupture encore plus forte que les précédentes car leurs actifs ou savoirs faire ne reposent sur aucune « incarnation matérielle » : les nouveaux entrants peuvent donner libre cours à leur imagination pour réinventer la façon de travailler.

Certains services, comme les transactions financières ou l'accès ponctuel à des experts sur des questions techniques, peuvent être facilement dématérialisés. Dans cette optique, il est possible,

pour un nouvel entrant, d'inventer une nouvelle organisation qui tire parti de cette dématérialisation pour en même temps réduire ses coûts et améliorer le service offert.

L'industrie des prestations de services était jusqu'à présent une industrie de proximité. L'arrivée d'Internet rend possible la délocalisation des services avec ses risques (délocalisation vers des pays à salaire faible) et ses opportunités (exporter des services à valeur ajoutée mondialement). L'accès à une expertise externe, même éloignée, relève de la même problématique.

L'utilisation d'Internet pour transformer la prestation de service facilite la consolidation au niveau mondial de certaines industries.

Rupture dans l'industrie des médias grand public

L'histoire de l'audiovisuel est marquée par l'apparition régulière de nouveaux médias (journaux, magazines, radio, télévision, etc.) qui systématiquement ont remis en cause l'ensemble des positions établies et conduit à l'émergence de nouvelles industries dominées par des empires mondiaux en quasi-monopole. Internet aujourd'hui est le nouveau médium de masse de la fin du XX^{ème} siècle, et en ce sens représente à lui seul des enjeux considérables.

Internet est un nouveau médium interactif, qui permet de mélanger images animées, sons et données. Il est moins bon que chacun de autres sur leur segment propre mais il apporte une valeur nouvelle en combinant communication et contenus multimédias. Il peut être à la fois support de divertissement et d'échange, outil pour l'information et la formation, intermédiaire de commerce. Il peut également transformer son utilisateur en acteur sur la scène mondiale.

Apparition de nouveaux intermédiaires spécialisés

A côté des nouveaux intermédiaires généralistes, cités précédemment, apparaissent des intermédiaires qui exploitent un savoir-faire métier, un contexte bien particulier, pour offrir un service à forte valeur ajoutée, spécialisé et destiné à un marché bien particulier.

- Apparition d'intermédiaires qui organisent l'information, l'enrichissent et la rapprochent des usages, dans un contexte bien précis : portails verticaux (médecine, automobile...), moteurs de recherche spécialisés (données juridiques multilingues par exemple), etc.
- Apparition d'intermédiaires qui rapprochent les utilisateurs entre eux : par exemple communautés de professionnels, forums de fans de musique, etc.
- Apparition d'intermédiaires qui permettent le fonctionnement de tel ou tel métier sur Internet : par exemple intermédiaires de syndication de publicité ou de contenus, intermédiaires de suivi marketing de sites commerciaux.

I.3.4. Conclusion : la nécessité d'un plan d'action volontariste

Internet est une rupture, qui remet fondamentalement en question l'organisation traditionnelle des industries en place. Pour les industries des NTIC, Internet introduit une concurrence nouvelle et bouscule les positions établies. Pour les entreprises qui souhaitent utiliser Internet au service de leur métier, Internet est une technologie qui vient transformer la façon dont sont conduites les affaires, en renforçant les services tant du point de vue qualitatif que quantitatif.

Les nouveaux intermédiaires Internet qui émergent soulignent la différence qu'il faut faire entre **une offre de service à caractère généraliste**, c'est à dire une offre d'outils permettant l'usage d'Internet (par exemple, pour le grand public, les portails généralistes, le nommage ; pour les entreprises, les outils d'audit de site, de gestion des droits d'accès...) **et une offre de service qui s'appuient sur un savoir-faire métier spécifique** (par exemple, pour le grand public, les sites de vente en ligne, ou pour les entreprises, les outils de recherche de données techniques...).

Ainsi, il est **impératif** de préparer la généralisation de nouveaux services dans ces deux domaines, ainsi que les outils, équipements, méthodes, etc., qui sous-tendent ces deux offres. Enfin, il est important de ne pas oublier les trois types de clients auxquels ces deux types d'offres s'adressent, le grand public, les professionnels et les organisations.

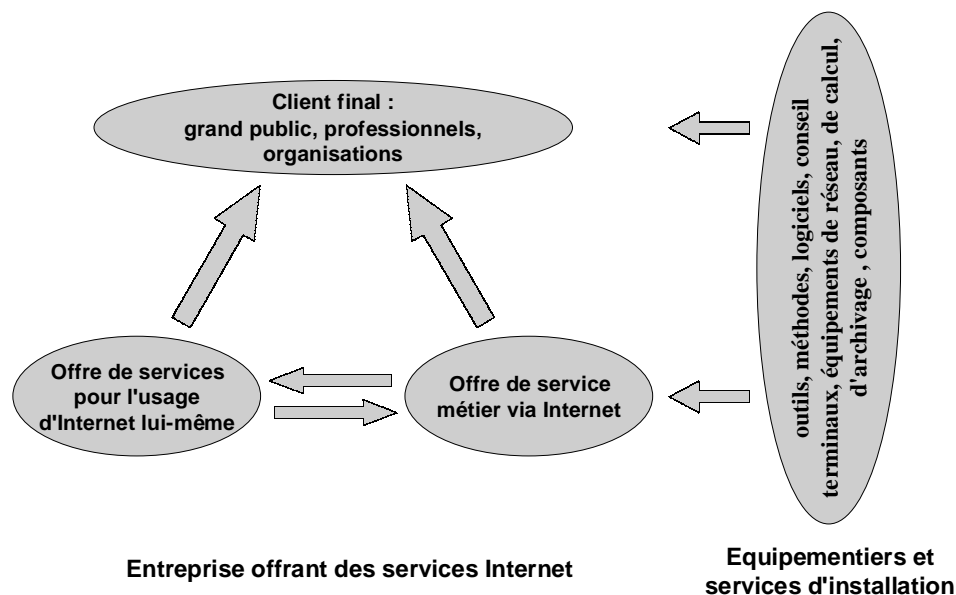


Figure 2 - représentation schématique de l'industrie Internet

I.4. Forces et faiblesses françaises

RESUME : Par rapport à l'Amérique du Nord, berceau d'Internet, **la France et l'Europe présentent des faiblesses évidentes** (faible pénétration des micro-ordinateurs dans le grand public, faible pénétration d'Internet dans les entreprises, absence d'offre de produits logiciels pour la micro-informatique ou pour Internet, absence dans l'industrie des équipements lourds en technologie IP – routeurs en particulier -, etc.).

La France et l'Europe ont cependant des atouts importants, qu'il faut maintenant exploiter : familiarisation déjà ancienne des français avec les services en ligne par le biais du Minitel, fort développement de la téléphonie mobile et compétences industrielles correspondantes, bonne position dans le domaine de l'audiovisuel, compétences en bases de données de grande taille, bonnes positions en télécommunications "classiques", compétence dans le domaine des grands serveurs et du paiement sécurisé électronique.

Les Etats-Unis ont très largement devancé l'Europe dans le domaine Internet. Les Européens ont pris des positions fortes sur le marché des télécommunications mobiles mais doivent impérativement prendre des initiatives majeures dans l'Internet du Futur.

Pour identifier ces opportunités, il est important d'analyser les forces et faiblesses françaises selon trois grands axes: les caractéristiques de la demande, celles de l'offre et celles de l'environnement (économique, réglementaire...). Ce chapitre se propose de rappeler les éléments les plus significatifs que d'autres rapports (Abramatic, Lorentz, Yolin...) ont mis en évidence, rappel indispensable pour étayer les recommandations proposées.

I.4.1. Les caractéristiques de la demande actuelle

Les positions fortes acquises par les américains découlent en partie du dynamisme de leur demande intérieure qui a permis à leurs entreprises d'asseoir leur croissance sur un marché de masse.

Le développement d'une véritable industrie française liée à Internet passant par un réel essor de son utilisation en France et en Europe, il est important d'analyser la situation actuelle de la demande intérieure.

Le marché "grand public"

Si des progrès notables ont été accomplis récemment, le retard français dans l'usage "grand public" d'Internet reste important : environ 5,7 millions d'internautes (à titre privé ou professionnel) en novembre 1999 en France (source : Mediangle), contre 110,8 millions aux Etats-Unis, 12,3 en Allemagne et 13,9 au Royaume Uni (source Computer Industry Almanac). La pénétration des micro-ordinateurs dans les foyers français s'est améliorée (26% des foyers étaient équipés fin 1999, source GFK), mais reste faible par rapport aux Etats-Unis (50% en décembre 1998, source Infobeads). Le taux de pénétration des modems en France est préoccupant (6,6% des foyers uniquement, fin 1999, source : Médiamétrie / ISL).

Le Minitel représente aussi un sérieux concurrent d'Internet dans le domaine des services en ligne mais, en ayant favorisé la familiarisation des français avec ces services, il peut se révéler un allié à l'avenir quand Internet proposera une interface aussi simple que le Minitel, des outils d'accès à l'information efficaces et des services plus riches et plus attractifs.

Le marché des professionnels et des entreprises

Sur ce marché également, la France accuse un retard évident avec une connectivité des entreprises trois fois inférieure à celle des Etats-Unis en 1998 et des investissements informatiques faibles (1,7% du PIB en France contre 2,8% aux Etats Unis en 1997). Toutefois, depuis deux ans, différentes initiatives publiques ont entraîné une prise de conscience de la part des entreprises et ont déclenché une réelle dynamique de croissance : les investissements informatiques des entreprises connaissent une augmentation annuelle significative.

Le secteur éducatif

La proportion des écoles connectées à Internet est passée de 6,5 % en décembre 98 à 14,5% en juin 99 et l'ensemble des lycées est à présent connecté. Pour une analyse plus précise de la situation et de la dynamique actuelles, on pourra consulter la fiche correspondante en annexe.

Dans le milieu universitaire, la situation est nettement plus contrastée : si Internet fait à présent partie de l'environnement naturel des chercheurs, notamment grâce aux évolutions récentes de Renater, les étudiants, quant à eux, utilisent peu les outils de la micro-informatique et ne se servent donc que rarement d'Internet dans le cadre de leurs études (en dehors des filières scientifiques dans l'enseignement supérieur).

Conclusion: un retard généralisé dans l'utilisation d'Internet mais un marché en plein essor

La France accuse un retard sensible dans l'utilisation d'Internet par rapport aux Etats-Unis et aux pays de l'Europe du Nord. Néanmoins, avec 8% de croissance annuelle, le marché français des TIC connaît un essor comparable à celui des pays industrialisés. Le développement d'une offre industrielle française sur le marché d'Internet doit donc tirer profit des caractéristiques actuelles de la demande intérieure:

- un marché en plein essor
- la familiarisation déjà ancienne avec les services en ligne
- la forte pénétration des téléphones mobiles.

I.4.2. L'offre française actuelle

Les offres d'accès à Internet

En ce qui concerne les offres d'accès à Internet, la France reste en retard par rapport à l'Amérique du Nord et à certains pays d'Europe. Les coûts de connexion et d'utilisation d'Internet sont encore très élevés et les débits disponibles trop faibles. Différents facteurs expliquent cette situation :

- ouverture récente à la concurrence du marché des télécommunications
- peu ou pas de concurrence sur la boucle locale
- faible pénétration des câblo-opérateurs

A cet égard, le déploiement des technologies xDSL est un enjeu majeur pour permettre aux fournisseurs d'accès français de se développer et aux Pme de tirer parti des opportunités liées à Internet.

Le tissu industriel

Les Américains dominent les marchés liés à Internet (logiciels, middleware, gros équipements IP, services). Les ruptures consécutives aux développements actuels et futurs d'Internet devraient cependant permettre à l'industrie européenne de valoriser un savoir-faire reconnu dans différents domaines :

- en télécommunications traditionnelles, avec le développement d'applications synchrones sur Internet
- en télécommunications mobiles, avec l'apparition de services Internet sur les terminaux mobiles
- en électronique grand public (en phase de redressement) et en composants (processeurs enfous, notamment), avec l'essor de nouveaux terminaux dédiés Internet
- en paiement électronique sécurisé, avec l'explosion annoncée du commerce électronique
- en services en ligne, grâce à un large tissu industriel de Pme dynamiques, à condition que les services actuellement proposés sur Minitel basculent sur Internet
- en sécurité, notamment grâce au dynamisme de notre industrie militaire
- en serveurs d'applications, avec la réhabilitation des grands systèmes dans les nouvelles architectures client-serveur (à plus de deux niveaux)
- en audiovisuel, avec le développement de la diffusion sur IP (la France et l'Europe possédant des compétences reconnues dans le secteur de la diffusion par satellite)
- en contenus multimédia, avec l'enrichissement de l'information disponible sur Internet.

Le monde "Internet"

Dans le domaine des services en ligne, l'offre reste essentiellement américaine : 34 000 sites français contre près de 2 millions aux USA (3^{ème} trimestre 1998). Soulignons cependant l'existence de quelques portails reconnus dans l'espace francophone (Lokace, Nomade, Voila, Arisem, Ecila).

Aperçu général de la R&D sur Internet dans les différents pays Européens

Hors France, la recherche sur Internet est surtout visible dans les pays du nord : assez dispersée sur plusieurs universités en Grande-Bretagne, plus concentrée sur le GMD en Allemagne, très active dans les pays scandinaves (université d'Aarhus, VTT, Institut royal de technologie de Stockholm...) Les recherches industrielles s'effectuent le plus souvent en collaboration avec ces laboratoires publics. Citons : IBM, PHILIPS, HP, HITACHI, ERICSSON, NOKIA, TELIA.

I.4.3. L'environnement

La réglementation

On renverra ici à l'analyse de Jean-François Abramatic dans la partie C de son rapport. Le cadre réglementaire français nécessite quelques adaptations substantielles pour prendre en compte le développement d'Internet (boucle locale et chiffrement). Néanmoins, la réglementation informatique et liberté et celle des droits d'auteur peuvent devenir des atouts à l'heure où la protection du citoyen et celle de la propriété intellectuelle sont au cœur des réflexions sur le développement incontrôlé d'Internet.

Les pôles de compétence

La recherche amont réalisée dans les laboratoires académiques et les grandes entreprises est reconnue mais il faut accélérer le transfert vers l'industrie des résultats de la recherche universitaire, ce qui est précisément la vocation des réseaux de recherche technologique.

La R&D industrielle française est traditionnellement plus tournée vers le matériel que vers les logiciels et l'intégration de systèmes mais une évolution significative est en cours vers les architectures de services, les outils logiciel ou la conception de services innovants.

Renater

Avec Renater, la recherche française dispose d'un outil performant avec des points de présence répartis sur l'ensemble du territoire qui offrent un service IPv4 et un service ATM avec garantie de QoS. Renater peut donc mettre en place à la demande des VP dédiés à des réseaux d'expérimentation (cf. IV.3 et fiche sur Renater en annexe). Par ailleurs, Renater dispose de liaisons à 155 Mbit/s sur les Etats-Unis et sur l'Europe.

Le dispositif de soutien à la R&D par les pouvoirs publics

Pour inciter les entreprises à coopérer dans des projets de R&D et d'expérimentation de services, il existe déjà des appels à projets adaptés : RNRT, programme société de l'information. Les communautés se sont fortement mobilisées mais on attend encore, dans le domaine d'Internet, des projets de rupture visant à mettre en œuvre un véritable service innovant. On verra au chapitre I.5 que, dans les pays en avance sur le marché d'Internet, les pouvoirs publics jouent souvent un rôle central dans le développement de l'offre industrielle .

La standardisation

La normalisation de l'Internet se développe au sein de l'IETF et d'autres organismes, tels le W3C, l'IEEE et, pour des domaines connexes, l'ETSI et l'IUT. Des forums industriels existent par ailleurs (QoSForum, ATM Forum, Ipv6 Forum). La participation française y est insuffisante et limitée à certains secteurs (Ipv6, UDLR, QoS). Il est primordial que la communauté académique française soit active dans ces contextes, malgré la lourdeur de cette activité, et accentue sa coopération avec les industries impliquées.

Les ressources humaines

Dans le domaine d'Internet, les perspectives scientifiques et industrielles sur le sol français sont souvent trop peu attrayantes pour les jeunes diplômés qui préfèrent s'expatrier pour donner corps à leurs idées d'innovation (Angleterre, Etats-Unis). Pour enrayer cette fuite des cerveaux, il est donc primordial de créer un environnement adapté à la dynamique d'innovation autour d'Internet :

- développement des incubateurs et des fonds d'amorçage
- possibilité d'expérimentations à grande échelle
- création et redéploiement de postes de chercheurs en STIC dans les organismes de recherche.

Les marchés financiers

En France et comme il a été déjà souvent rappelé, c'est surtout la faiblesse des investissements dans les entreprises aux premiers stades de développement qui pénalise la croissance de l'offre industrielle dans ce secteur. Il est donc primordial de favoriser la création de fonds d'amorçage pour permettre de valoriser les recherches technologiques effectuées dans les laboratoires.

I.4.4. Conclusion

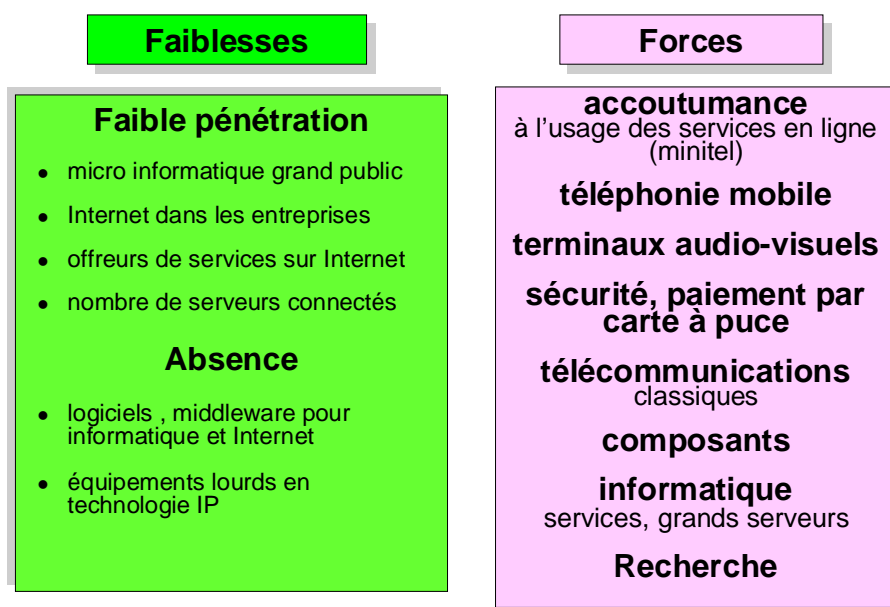


Figure 3 – Internet, forces et faiblesses en France et en Europe

L'analyse de nos forces met en évidence trois domaines sur lesquels nos entreprises, PME et start-ups peuvent s'appuyer pour prendre des positions clés au niveau mondial dans Internet du futur : la mobilité, l'audiovisuel, les grandes bases de données et services en ligne associés.

Cependant il est impératif de combler nos faiblesses en équipements d'infrastructure pour Internet, afin de développer des compétences et un savoir-faire indispensable pour rester compétitif sur l'ensemble des produits et services de la société de l'information.

I.5. Les initiatives étrangères

RESUME : Les autres pays n'ont pas attendu pour lancer des initiatives volontaristes autour d'Internet Nouvelle Génération. Etats-Unis, Canada, Japon, Allemagne, Hollande, Israël, etc., ont mis en place depuis plusieurs années des politiques de rupture à la hauteur des enjeux.

Dans la plupart de ces pays, on trouve un endroit privilégié où se concertent entreprises et laboratoires publics pour lancer des initiatives coopératives. Parmi ces initiatives, on constate la mise en place d'infrastructures avancées, couplées à des expérimentations de services. Enfin les pouvoirs publics accompagnent les acteurs publics et privés de la recherche grâce à un large ensemble de mesures : politiques duales volontaristes (civil / défense), soutien à la R&D amont, soutien à la formation, mise en place d'infrastructures nationales pour la recherche, soutien pour les expérimentations, intervention au niveau de cadre réglementaire, etc.

I.5.1. La concertation entre les différents acteurs à l'étranger

- Aux Etats-Unis, la recherche dans le domaine des télécommunications et d'Internet fait l'objet d'efforts de très grande ampleur et soutenus **depuis 1991** au sein du **programme HPCC** (High Performance Computing and Communications). Le programme HPCC s'appuie sur l'ensemble des agences fédérales (DARPA, NSF, DOE, ...). L'effort au sein de ce programme a été accentué avec **l'initiative NGI** (Next Generation Internet), **l'initiative IT²** et **le rapport du PITAC**. Le programme HPCC s'appuie également sur le **consortium UCAID** (ex initiative Internet 2) qui organise une étroite coopération entre les principales universités américaines et les grands industriels américains (Lucent, Cisco, 3Com, Qwest, IBM, ...).
- Au Canada, **CANARIE**, créé **en 1993**, regroupe plus de 120 membres cotisants (essentiellement nord-américains), publics ou privés provenant de l'ensemble du secteur des TIC. Les programmes de soutien à la R&D amont dans le domaine d'Internet associent industriels et laboratoires universitaires et ont un volet usages notamment dans les domaines de la santé et de l'éducation.
- Au Japon, parmi de nombreux projets largement financés sur fonds privés, se détache **WIDE** auquel participent plus de 120 entreprises et 30 à 40 universités. Une quinzaine de groupes de travail (IPv6, architecture multicast, routage, adressage, etc.) réunissent quelques 400 chercheurs. Par ailleurs, le MITI (Ministère du commerce international et de l'industrie) soutient activement des projets de commerce électronique.
- En Israël, le gouvernement a mis en place **le programme Magnet** pour des projets de recherche coopératifs amont au sein de consortiums associant laboratoires publics et entreprises. Certains projets très ambitieux comme MOST (Multimedia OnLine Services Technologies) sont entièrement consacrés à Internet. Un projet Internet 2 Israélien a été récemment mis en place.
- En Finlande, l'agence nationale pour la technologie (TEKES) a lancé depuis 1997 différents programmes pour promouvoir des projets coopératifs associant entreprises et instituts de recherche, avec un focus particulier sur les télécommunications mobiles. Le programme USIX (User-Oriented Information Technology) concerne essentiellement des technologies liées à Internet. D'autres programmes comme TLX (Telecommunications – Creating a global village) et ETX (Electronics for the Information Society) adressent également d'autres thématiques.
- En Allemagne, **DFN** a pour mission de gérer les réseaux pour la recherche et de financer des projets de R&D en télécommunications dans les laboratoires publics et les entreprises, en particulier dans le domaine d'Internet, où il organise la concertation entre les diverses initiatives de recherche.

- Aux Pays-Bas, **GigaPort** est un projet à l'initiative des différents ministères (Finances, Education, Science, etc.), et associe un certain nombre de grandes compagnies (Ericsson, Cisco, Lucent, IBM, Rabobank, Cap Gemini, KPN Telecom), Telematica Institute et SURFnet (réseau pour la recherche hollandais).
- Au niveau de l'Europe, il existe des actions au sein du **programme IST** et du **projet Eurêka ITEA**. Compte tenu de la dimension du programme IST, qui aborde l'ensemble des aspects d'Internet d'aujourd'hui et de demain, il serait souhaitable et intéressant de mettre en œuvre, sur le domaine spécifique d'Internet, une concertation efficace entre les acteurs (entreprises et laboratoires publics) afin de parvenir à une focalisation et une capitalisation des efforts, comparables à celles des initiatives étrangères. Le programme ITEA quant à lui ne couvre qu'une partie des sujets liés à Internet.

I.5.2. Infrastructures avancées couplées à des expérimentations de services

- **Abilene** aux Etats-Unis a démarré en 1998 à 2 Gbit/s ; il a été porté à 8Gbit/s en 1999, avec des technologies nouvelles (IPv6 sur WDM). Le programme NGI prévoit en 2002 l'expérimentation d'une connexion à 1 terabit/s de bout en bout. Abilene vient compléter un ensemble de réseaux d'expérimentation mis en place au sein de HPCC : **VBNS** (1995, financement NSF, opérateur MCI/Worldcom), **DREN** (1994, financement DARPA, opérateur AT&T), **ESNet** (financement DOE, opérateur Sprint), **NREN** (financement NASA, opérateur Sprint). Un nouveau réseau, porté par Level3, est en cours de lancement.
- **CA*NET 3** au Canada, avec des liens d'interconnexion à 40 Gbit/s (IP sur WDM), vient poursuivre l'effort entamé par Canarie depuis 1993 pour mettre en place des infrastructures haut débit.
- Le réseau allemand de la recherche **B-Win** (155 Mbit/s) va faire place en début 2000 à **G-Win** avec une capacité de lien portée à 2,5 Gbit/s.
- Les Pays-Bas ont mis en place l'infrastructure **GigaPort-Network** (155 Mbit/s avec des connexions pilotes à 20 Gbit/s) et parallèlement le projet **GigaPort-Applications** pour des expérimentations innovantes, notamment dans le domaine du commerce électronique.
- En Europe, il existe des infrastructures opérationnelles de communication au sein du monde de la recherche (réseau **TEN155**, maintenant **QUANTUM**). Les précédents projets d'infrastructures d'expérimentation, JAMES par exemple, ont montré l'importance de s'inspirer des recommandations de ce rapport pour assurer une plus grande pertinence et un plus fort impact dans les efforts futurs.

I.5.3. Modes d'intervention des gouvernements étrangers

- Intervention des administrations de Défense dans le cadre de la dualité
- Intervention au niveau de la R&D amont, et de l'éducation
- Intervention au niveau des infrastructures nationales
- Intervention dans les expérimentations
- Intervention au niveau du cadre réglementaire

Pays	Programmes	Lieu concertation	Réseaux	Ampleur de l'effort
Etats-Unis	HPCC (depuis 1991) (dont NGI, 1998) (dont IT ² , 1999)	UCAID (ex Internet 2) 120 universités 25 industriels	- ESNet - NREN (depuis 1993) - DREN (depuis 1994) - vBNS (depuis 1995) - Abilene (depuis 1998) (prévu max 1 terabit en 2000)	effort public depuis 91 env. 500 m€ par an (estimation pondérée des programmes)
Canada	Canarie (depuis 1993)	Canarie 120 membres 500 partenaires	CA*net I puis II (depuis 1990) CA*net III (depuis 1999) (débits prévus 40 Gbit/s)	93-98 (6 ans) : 400 m€ au total, dont 107 m€ fonds fédéraux
Pays-Bas	GigaPort Network et Applications (depuis 1999)		SURFNet 1 à 4 (depuis 1987) GigaPortNetwork (SURFNet 5) (prévu 80 Gbit/s en 2002)	Effort public : 83 m€ pour 3 ans (1999 - 2002)
Finlande	Programmes TLX ETX depuis 97, USIX depuis 99			environ 44 m€ par an dont 20 m€ du gouvernement ¹
Japon	Wide (dep. 1989) MITI (dep. 1995)	Wide : 120 entreprises 30 universités		MITI-commerce electr. : 100 m€ / an en 95-97 260 m€ / an en 98-00
Allemagne	DFN		Réseau G-Win, 2,5 Gb/s en 2000	
Israël	Magnet (depuis 1994)		Internet 2 (1999)	Effort public / Réseau : 39 m€ / 4 ans projet MOST (Magnet) : 100 m€ / 4 ans au total

I.5.4. Conclusion

La rupture apportée par Internet est considérable et comparable à celles qui ont été introduites en leur temps par le chemin de fer, la voiture, l'avion ou le téléphone. Les grands pays industrialisés avec à leur tête les Etats Unis depuis plusieurs années ont entrepris des actions significatives de soutien à la R&D pour exploiter cette rupture. Les programmes correspondants sont doublés d'efforts non moins importants de mises en place de plates-formes d'expérimentation avancées à grande échelle.

A chacune des précédentes ruptures, l'Europe et la France en particulier se sont données les moyens d'assurer leur développement par la maîtrise des technologies qui leur étaient associées. Il doit en être de même pour les ruptures induites par Internet. Les initiatives récentes en France (Programme Société de l'Information, RNRT, futur réseau logiciel) et en Europe (IST, Eurêka, ITEA, MEDEA) jouent un rôle fondamental pour fédérer les acteurs autour d'Internet du Futur

Il manque cependant un cadre d'analyse partagé entre les acteurs pour préciser la rupture en cours et une définition des objectifs à atteindre pour mieux focaliser les efforts de R&D.

¹ base de calcul : 100% du programme USIX consacré à Internet, 75% de TLX et 25% d'ETX

Partie II - L'intermédiation : un cadre pour le développement de l'Internet du Futur

II.1. Un nouveau modèle pour les services en ligne

RESUME : Nous définissons ici un cadre permettant une analyse du développement des services dans le monde d'Internet. Pour mieux caractériser ce cadre, nous rappelons les principes sur lesquels reposent les infrastructures de télécommunications traditionnelles puis nous introduisons l'exemple d'un service s'appuyant sur de telles infrastructures. Cet exemple est ensuite repris pour décrire sa mise en œuvre dans Internet et faire ressortir les constituants essentiels de cet univers : le monde des métiers et des usages, le monde de la connectivité et le monde nouveau des intermédiaires.

II.1.1 Les réseaux de télécommunications traditionnels

Les réseaux de télécommunications traditionnels, en dehors d'Internet, constituent des systèmes propriétaires dans lesquels sont intimement intégrés les services, le réseau et le middleware qui rend ce dernier intelligent. Chaque service rendu repose ainsi sur un terminal, une interface et des protocoles dédiés. L'intelligence du service se trouve intégrée au cœur du réseau de télécommunications. Un réseau de signalisation relie l'ensemble des middleware du réseau intelligent et transmet l'intelligence. Les nouveaux services rendus par le réseau peuvent être développés grâce à des applications spécifiques, en utilisant une interface de programmation. Une seconde interface permet de commander les ressources. Dans cette approche, le développeur de services agit sur le réseau par le sommet de l'architecture en couches, pour développer des applications qui seront ensuite utilisées par les usagers du réseau. L'ensemble de l'architecture est adapté à des interfaces et des terminaux dédiés : le téléphone / fax, les liaisons de données, la diffusion audiovisuelle, le minitel. Le développement d'applications mélangeant son, données, images animées est difficile.

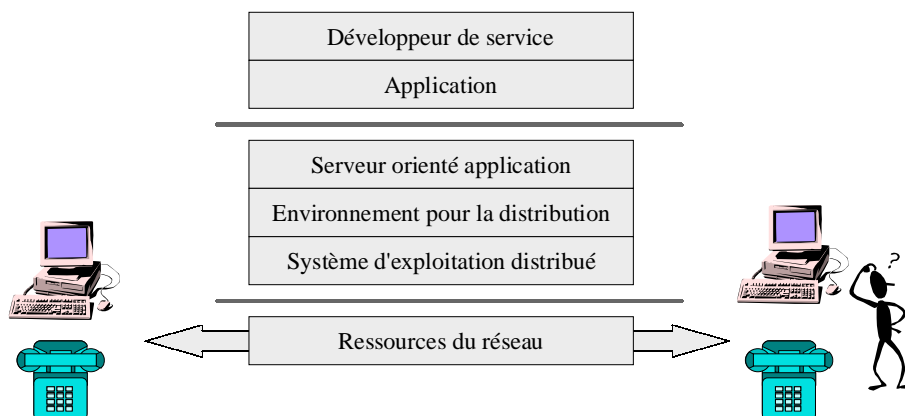


Figure 4- Le réseau intelligent

Cette approche des télécommunications est aujourd'hui la meilleure pour répondre aux besoins immédiats du marché des télécommunications : téléphonie et offre de liaisons inter-entreprises (WAN). La diffusion audiovisuelle, également, est progressivement intégrée dans les réseaux selon une logique semblable. En effet, pour répondre aux besoins des clients, il est nécessaire de pouvoir assurer une excellente qualité de service, une sécurité raisonnable et 100% de disponibilité.

Cette architecture est optimisée pour assurer la meilleure communication directe entre deux points, qu'il s'agisse de personnes ou de machines. Cette communication directe est synchrone, avec un délai d'acheminement court et prévisible. Il est difficile d'offrir des services de

communication de plusieurs à plusieurs, de mélanger arbitrairement les types de communications (communications entre personnes, diffusion ou consultation en ligne) ou les média.

Les télécommunications classiques, en dehors d'Internet, sont donc caractérisées par une architecture qui intègre étroitement services, réseau, middleware, et par des services synchrones indépendants les uns des autres, à fortes contraintes de disponibilité, de qualité et de sécurité.

II.1.2 Un exemple de service en ligne traditionnel

L'architecture de réseau intelligent, optimisée pour l'opérateur de télécommunication, offre cependant des limites du double point de vue de l'offreur de service et de l'utilisateur. Ces limites peuvent être illustrées par l'exemple suivant.

Considérons la consultation sur un téléphone mobile des nouvelles de sport du jour, fournies par une agence de presse. Le service de rédaction de l'agence produit tous les jours les dépêches qui seront diffusées par ses systèmes d'informations à l'ensemble des clients. Parmi ces clients, un opérateur de téléphonie mobile souhaite développer un service de dépêches de sport sur l'écran des téléphones de ses clients. Il va alors développer, avec l'agence de presse, une application spécifique et offrira à ses clients la possibilité de s'abonner au service de diffusion. Il pourra également ajouter un service de consultation à la demande des dernières dépêches, en utilisant un outil de lecture automatique des messages. Le schéma est alors le suivant :

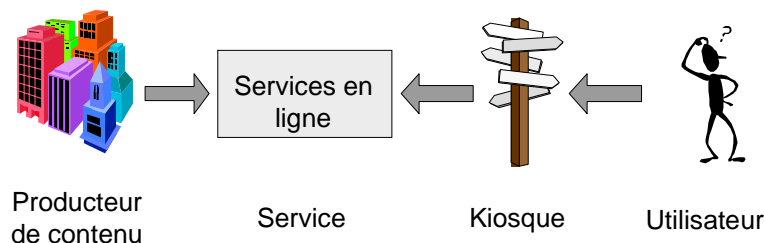


Figure 5 - Schéma "classique" de consultation de données en ligne

Une telle approche, qui se justifie pour répondre au besoin de consultation de tel ou tel service en ligne par le client final, impose, par construction, un certain nombre de limites :

- Première limite, l'ensemble du développement est spécifique et suppose un travail d'intégration des systèmes d'information de l'opérateur de télécommunications et de ceux de l'agence de presse, travail qui est à refaire pour chaque service offert et chaque opérateur.
- Deuxième limite, le service est spécifique à l'opérateur de télécommunications car celui-ci souhaite, au travers de ce service, se différencier de ses concurrents. Le client ne pourra vraisemblablement pas retrouver ce service en déplacement ou s'il cherche à utiliser un autre terminal que celui prévu initialement.
- Troisième limite, producteur d'informations et consommateur d'informations sont clairement identifiés et un tiers ne peut détourner l'information pour offrir un autre service à d'autres clients ou pour enrichir le service. Ceci est d'autant plus vrai que les différentes sources possibles d'information, l'AFP, Reuter, les différents journaux, mais également les informations d'amateurs ou de fans, utilisent des formats de données différents, incompatibles entre eux.
- Quatrième limite, une nouvelle offre de service doit nécessairement passer par l'opérateur de télécommunications pour des raisons économiques, mais également techniques. De ce fait, les services offerts sont nécessairement en nombre limité et reflètent les intérêts de cet opérateur (marché grand public de taille suffisante pour rentabiliser l'effort fourni) et la compréhension que l'opérateur a de ce marché. Il est difficile à un tiers d'offrir un service nouveau destiné à une niche tant que sa rentabilité n'a pas été démontrée.

II.1.3 Un autre modèle pour les services sur Internet : le monde des métiers et des usages, le monde de la connectivité et le monde de l'intermédiaire

L'Internet apporte une réponse directe et appropriée aux quatre points énoncés précédemment. Cette réponse repose sur une claire séparation entre trois mondes, le monde de l'usage et du métier, le monde de la connectivité et le monde de l'intermédiaire. La clé de ce découpage est le protocole IP, qui permet à ces trois mondes de se développer de manière relativement indépendante, tout en préservant l'interopérabilité globale du système.

Pour comprendre ces trois mondes, il est important de regarder l'évolution apportée par Internet sur l'exemple présenté précédemment.

- **Tout d'abord, producteurs et consommateurs se retrouvent sur le même plan** : tout individu peut être producteur d'information de sport, et l'agence de presse peut consulter les informations d'autres producteurs d'information pour enrichir sa propre offre. Producteurs et consommateurs utilisent les moyens les plus appropriés à leur métier, à leur usage pour préparer les informations et les consulter. Ainsi l'agence utilise son système de rédaction classique, et l'individu utilise son micro-ordinateur avec ses logiciels préférés, ainsi que son appareil photographique classique pour prendre des photographies.

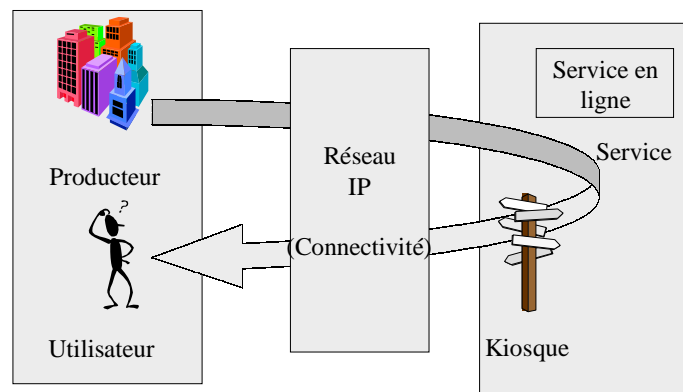


Figure 6 - Producteurs et utilisateurs se retrouvent sur le même plan

- **Ensuite, producteurs et utilisateurs vont transférer des informations ou les rechercher sur le "Web", dans un format unique et commun.** Ce format, HTML et par exemple GIF pour les photographies, est indépendant de la façon dont les informations ont été produites et de la façon dont les informations seront ensuite utilisées, soit dans des applications professionnelles existantes, soit dans des terminaux avec des standards propres adaptés aux contraintes de ces terminaux.
- **On voit ainsi l'apparition d'un monde "intermédiaire",** dans lequel les données sont représentées dans un format standard commun à tous (HTML, XML, etc.), et sont traitées par des machines dédiées (des serveurs Internet, moteurs de recherche, etc.), avec une architecture spécifique (architecture de caches, réseaux inter-serveurs, etc.). Ce monde devient l'intermédiaire entre le système de rédaction de l'agence de presse, avec ses formats professionnels, et le micro-ordinateur de l'utilisateur.
- **Ce monde intermédiaire permet également à des tiers d'offrir de nouveaux services en agrégeant des informations, en les filtrant ou en les présentant sous une autre forme.** Ce monde permet à un utilisateur d'ajouter ses propres informations dans un format commun à tous. Ce monde permet donc, à partir de standards universels, de travailler, combiner, filtrer, agréger des informations qui jusque là étaient incompatibles entre elles.
- **Cependant, comme ces standards sont universels, il faut en permanence convertir les données vers des formats plus adaptés à l'usage ou aux outils de production (et vice-versa).** Il y a donc deux opérations importantes dans Internet : l'opération de "mise en ligne",

c'est à dire de traduction vers ces standards universels et de mise à disposition de la communauté dans le monde intermédiaire, et l'opération de "consultation" qui consiste à ramener pour un usage spécifique, pour un métier, de l'information et à la convertir dans le format le plus approprié pour l'usage (un Short Message pour un téléphone mobile, le format d'un caméscope, un format d'image professionnel pour le montage d'un film).

- **Tout ceci fait apparaître un besoin de plus en plus important de communication ouverte** entre le monde du métier et de l'usage et le monde de l'intermédiaire, mais également au sein de ces mondes. Cette communication est assurée par le monde de la connectivité, dont la complexité est masquée par le protocole IP, mais qui doit s'adapter à des contraintes de plus en plus fortes pour assurer un service global de qualité.
- **Ainsi, Internet introduit systématiquement une étape intermédiaire dans la communication, quitte à relâcher les contraintes de qualité de service qui étaient au cœur du modèle "classique".** L'utilisation d'une étape intermédiaire systématique se retrouve également dans la messagerie électronique, dans les forums, etc.

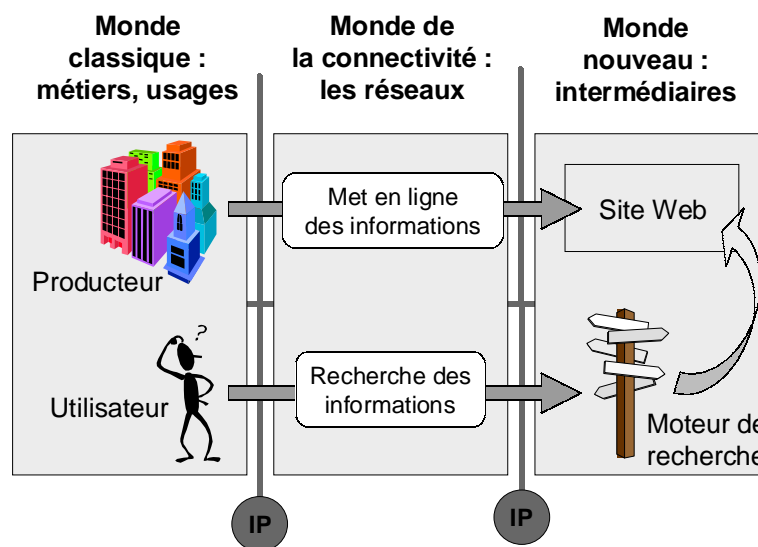


Figure 7 - les trois mondes

Ce découpage en trois mondes sera le fondement de l'Internet du futur : le monde des usages, des métiers, avec une hétérogénéité de formats, d'appareils, d'usages ; le monde de la connectivité, qui doit apporter une réponse à l'hétérogénéité des besoins et des contraintes de communication ; le monde de l'intermédiaire, uniforme dans ses formats, intermédiaire indispensable entre les informations produites par les uns et les usages qu'en font les autres.

Chaque "monde" est appelé ainsi car il comporte ses propres réseaux, ses propres machines, ses propres standards, son architecture propre, etc. Par exemple, le monde de l'intermédiaire comprend les éléments suivants : réseaux de communication inter-serveurs, serveurs de diffusion / publication / etc., architecture de serveurs et de caches, standards de représentation de données et d'administration, etc.

L'apparition du monde de l'intermédiaire entraîne un déplacement de la valeur ajoutée et une accélération de la concurrence. Le monde des métiers et des usages, déjà préexistant, évolue avec une inertie forte (inertie des usages, inertie des systèmes d'information existants, etc.). Par contre, le monde de l'intermédiaire est un monde nouveau, inexploré, dans lequel des positions à forte valeur ajoutée sont encore à prendre. La dynamique de ce monde est alors beaucoup plus rapide, et son unité de temps est le fameux "Internet time".

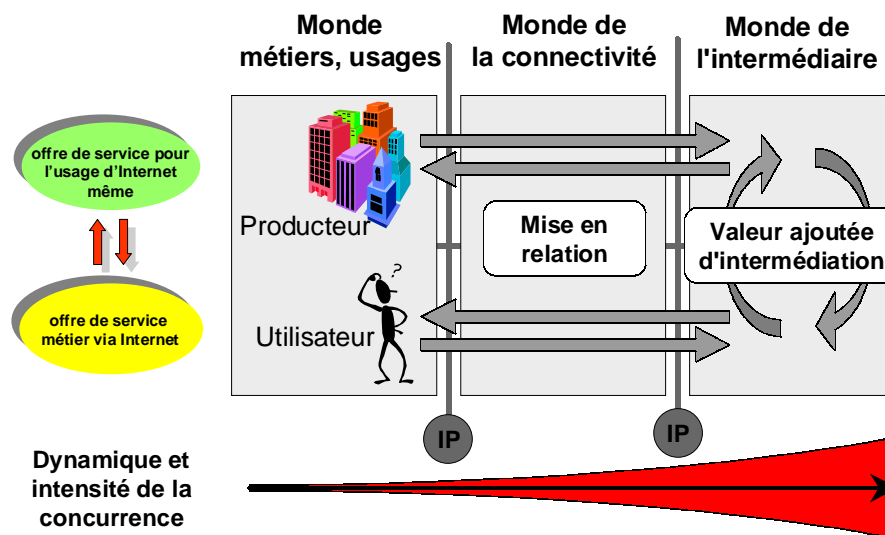


Figure 8 - Le déplacement de la valeur ajoutée vers le monde de l'intermédiaire

II.2. Trois dimensions au développement de l'Internet du Futur : les usages, l'architecture technique, les paramètres économiques

RESUME : Le succès du développement d'Internet, notamment aux Etats-Unis, repose sur une combinaison extrêmement fructueuse d'innovations technologiques et d'innovations d'usages, s'appuyant sur une évolution bénéfique de certains paramètres à fort impact économique.

Plus que jamais toute initiative pour prendre pied dans Internet du Futur doit viser de manière claire et simultanée des objectifs en matière d'usages nouveaux, de techniques innovantes et de leviers économiques.

II.2.1. Internet aujourd'hui

Internet est aujourd'hui un service en très forte croissance en termes de trafic. Il procède d'une approche très différente des services traditionnels de télécommunications : il est asynchrone, et utilise les extrémités du réseau pour introduire de l'intelligence. Ces deux aspects sont fondamentaux et subsisteront dans Internet du futur.

Cependant Internet est aujourd'hui encore un système très simple. Il regroupe majoritairement des utilisateurs, un réseau "Internet", et des serveurs (communication - e-mail, forums -, Web, Ftp).

Les utilisateurs ont un usage élémentaire d'Internet : communiquer entre eux (e-mail, forum), chercher ou découvrir des informations sur le World Wide Web. Peu d'utilisateurs grand public publient des informations. Les outils de navigation utilisés sont peu sophistiqués (moteurs de recherche textuels avec quelques opérateurs booléens ; suivi d'hyperliens).

Les producteurs d'information ont à leur service des techniques encore artisanales par rapport aux outils professionnels de production de contenu dans d'autres domaines (audiovisuel, CD-ROM, édition, etc.) : pages html statiques ou dynamiques ; outils de base de construction de pages Web ; parfois, écriture "à la main" de code HTML.

Enfin, le service Internet, en tant que service de télécommunications, est un service "best effort" : qualité non garantie, délais d'attente, absence de sécurité, bas / moyen débits.

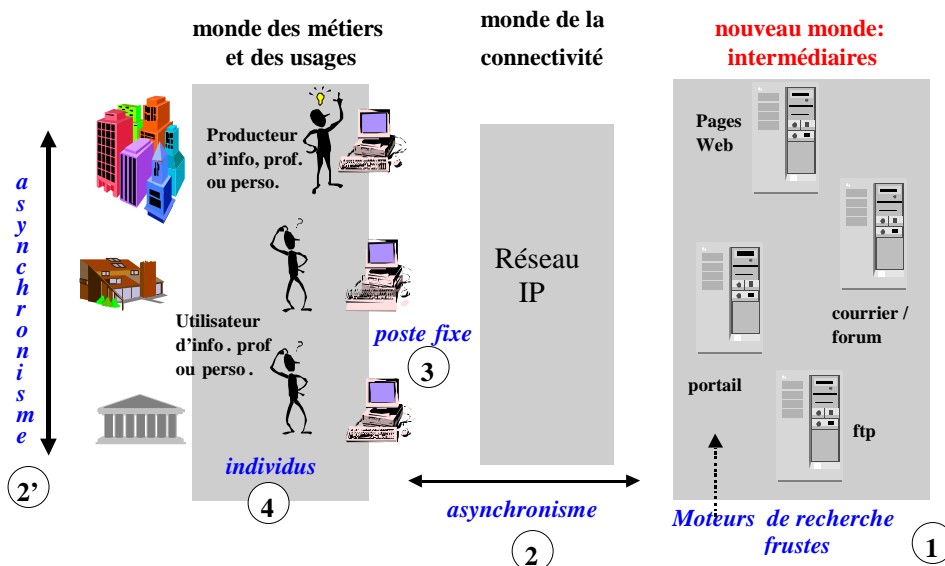


Figure 9 - Caractéristiques principales d'Internet aujourd'hui

II.2.2. Internet du futur : ouvrir de nouvelles possibilités d'usages

Internet est défini par le nouveau monde de l'intermédiaire qui apparaît, et toutes les conséquences en termes d'usage qui s'y rattachent. Ce monde permet de relier entre eux des utilisateurs et des producteurs selon des modalités qui n'étaient pas possibles jusqu'alors, à travers toute une chaîne d'intermédiaires nouveaux qui agrègent et traitent l'information disponible pour l'adapter aux usages. Internet, ainsi, permet pour la première fois de partir de sources d'information hétérogènes pour répondre presque individuellement à des besoins hétérogènes.

Anticiper le développement d'Internet du futur suppose que l'on exploite deux sources différentes d'innovation d'usage qui toutes les deux pourront conduire, à terme, à de nouvelles ruptures imprévues : d'une part l'innovation d'usage qui provient de la généralisation d'Internet à une échelle encore plus grande (plus d'utilisateurs, plus de capacité, plus d'informations) ; d'autre part, l'ouverture de nouvelles possibilités d'intermédiation grâce à des solutions techniques innovantes qui s'ajoutent aux outils actuels pour étendre le champ du possible.

L'innovation d'usage issue de la généralisation d'Internet à une échelle encore plus grande (plus d'utilisateurs, plus de capacité, plus d'informations)

Malgré les limitations qui viennent d'être évoquées, Internet se développe à tous les points de vue. Les trois mondes connaissent aujourd'hui une extension importante : le monde des métiers et des usages croît sans cesse -de plus en plus d'individus sont connectés, de plus en plus d'entreprises offrent des services sur Internet- ; le monde de la connectivité se déploie -les débits augmentent, les modes d'accès se diversifient - ; le monde de l'intermédiaire s'étend -de plus en plus d'intermédiaires nouveaux apparaissent, de plus en plus d'information est archivée et traitée chaque jour-.

Ce développement entraîne des innovations d'usage, et des innovations dans les services offerts. L'innovation dans les usages se développe car des individus différents, avec des modes de pensée différents et des besoins différents arrivent en ligne. En outre, l'accroissement de l'information et des médiateurs présents dans le monde "intermédiaire" permet d'imaginer sans cesse de nouvelles façons de retraiter l'information pour répondre encore mieux à des besoins spécifiques.

L'innovation dans les services se développe car de plus en plus de personnes souhaitent avoir une offre "clé en main", professionnelle, pour répondre à leurs besoins et les aider dans leur métier. Les nouveaux utilisateurs qui arrivent sur Internet, aujourd'hui, ne souhaitent plus devenir

"Internaute", et sont prêts à payer pour recevoir un réel service à valeur ajoutée, économiser du temps en ligne et améliorer la pertinence des informations qu'ils exploitent.

L'innovation d'usage en exploitant de nouvelles opportunités techniques (audiovisuel, synchronisme, mobilité, enrichissement de l'information, permanence d'accès...)

Une source importante d'usage nouveau dans l'avenir proviendra de l'arrivée de nouvelles technologies qui permettront de dépasser certaines limites. Ainsi, on peut espérer voir surgir de nouvelles classes d'usages qui peuvent être décrites de façon systématique **en ajoutant** aux caractéristiques actuelles (Figure 9) leurs propres complémentaires (Figure 10) et en ouvrant donc d'autres possibilités d'usage :

- Les possibilités offertes par **la démocratisation des moyens d'accès, de manipulation et de production de l'information**, associées à **l'enrichissement de la nature de l'information** traitée (audiovisuel, méta-données – XML, réalité virtuelle, etc.)(1)
- Les possibilités offertes par **la communication synchrone** entre un serveur et un individu (2) ou entre individus (télé-immersion, télé-ingénierie, visioconférence de forum, etc.) (2')
- Les possibilités offertes par **la permanence d'accès et la mobilité** (3)
- Les possibilités offertes par **les nouvelles machines** que l'on pourra connecter au réseau (4)

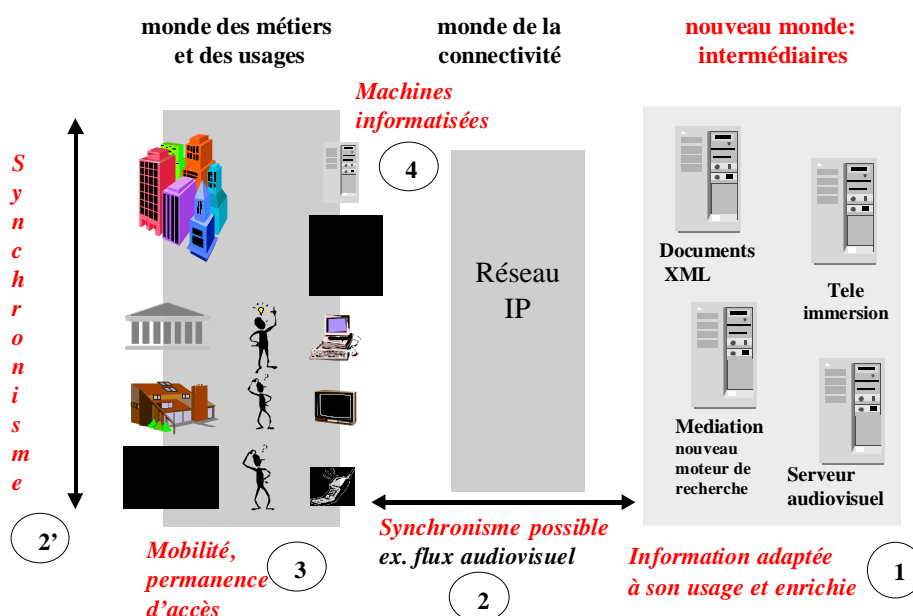


Figure 10 - Caractéristiques additionnelles pour les nouveaux usages

Ces possibilités, cependant, existent déjà sur d'autres réseaux. Il s'agit donc bien de **les combiner entre elles et avec les possibilités existantes**, au sein du monde intermédiaire, pour trouver leur richesse. Par exemple, la communication synchrone de voix en elle-même présente peu d'intérêt par rapport au téléphone classique. Par contre, cette possibilité prend tout son sens lorsque l'on intègre étroitement communication par la voix et forum.

De même, la vidéo à la demande, longtemps considérée comme la future "killer application", n'est pas en soi un service nouveau. Elle souffre de la concurrence des chaînes numériques (100 chaînes spécialisées qui sont ciblées pour répondre le mieux possible aux attentes des publics), et de la concurrence des loueurs de cassettes vidéo. Il faut en effet rappeler que la presque totalité des attentes du public en matière de vidéo est comblée par les films offerts par ces deux canaux.

Par contre, si l'on considère de nouveaux modes d'intermédiation des vidéos, si l'on exploite la richesse du monde de l'intermédiaire, et en particulier si l'on combine les vidéos "classiques" avec d'autres informations jusque là disponibles dans d'autres contextes, on obtient de nouveaux services prometteurs. Par exemple, un service offert par Roadrunner aux Etats-Unis combine le journal traditionnel avec des coupures vidéo insérées dedans, à la demande. Il en est de même si de plus un tel service est accessible avec des terminaux mobiles.

L'intérêt d'un service innovant sur Internet est donc pour une grande partie lié à la façon dont il exploite les possibilités nouvelles d'intermédiation pour relier entre elles des informations d'une façon originale et pertinente. L'intérêt d'une nouvelle technologie, du point de vue des usages, réside également dans les modes inédits d'intermédiation qu'elle permet.

Ces nouveaux modes d'intermédiation doivent être aussi analysés selon leur vocation à être d'un **usage général ou spécifique à un métier** (voir chapitre I.2). Ainsi, par exemple, un moteur de recherche adapté à la communauté francophone devra fournir un langage d'interrogation et des méthodes de navigation différents de ceux employés par un moteur de recherche dans des bases de données de fournisseurs internationaux de pièces détachées pour l'automobile.

II.2.2 Internet du futur : converger vers une architecture intégrée

L'Internet à l'origine reposait sur des protocoles très simples. Pour offrir des services de meilleure qualité, pour ouvrir de nouvelles possibilités d'usage, il est nécessaire qu'il évolue vers une complexité de plus en plus grande. Cette évolution est classique : dans l'automobile, la première Ford était simple. Les voitures d'aujourd'hui sont complexes et personnalisées. De même, dans la microinformatique, les premiers systèmes d'exploitation étaient simples (MS-DOS). Les systèmes actuels sont complexes (Windows par exemple).

En extrapolant à partir des éléments que l'on peut observer aujourd'hui (produits annoncés, programmes de recherche en cours), il est possible d'esquisser l'architecture "cible" pour Internet du futur. Cette architecture va être ici décrite, monde par monde.

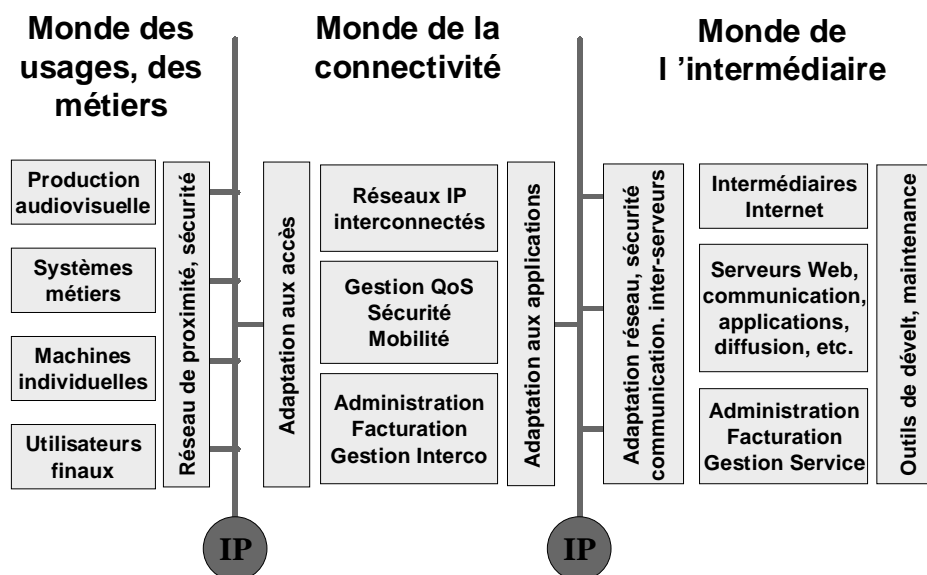


Figure 11 - La nouvelle architecture technique

- **Le monde des métiers et des usages :** Aujourd'hui limité à des ordinateurs reliés à Internet grâce à un modem ou au travers d'un réseau d'entreprise, ce monde va évoluer pour offrir un véritable environnement de proximité, domestique ou professionnel, maîtrisé par l'utilisateur et intégrant l'ensemble des appareils utilisés dans les activités quotidiennes.

Ainsi, le monde des métiers et des usages intégrera, en plus des individus, **des machines et des systèmes d'information d'entreprise**. Les machines pourront être par exemple des

capteurs industriels, des distributeurs automatiques de boisson, des caméras, etc ; les systèmes d'information d'entreprise pourront être des systèmes transactionnels, des archives de données, etc.

De nouveaux terminaux "appliance" apparaîtront, au delà du micro-ordinateur utilisé aujourd'hui. Ces terminaux seront multiples, faciles à utiliser et adaptés à l'usage qui en sera fait. Par exemple, dans le domaine du grand public, l'ensemble des appareils "multimédia" de la maison sera relié à Internet du futur : chaîne hifi, studio vidéo à domicile, appareils photo, baladeurs, appareils audio et vidéo embarqués dans la voiture, etc. Dans le domaine professionnel ou de l'entreprise, les photocopieurs seront connectés, les fax, les serveurs de téléphone, les centres d'appel, etc.

Les réseaux de proximité joueront un rôle important pour **définir un espace privé**, dans lequel la communications sera facile, transparente et maîtrisée. Ces réseaux, domestiques ou locaux, permettront d'éviter de transiter systématiquement par l'Internet (avec tous les problèmes de qualité et de sécurité) pour échanger des données. Ces réseaux pourront être hertziens, optiques, ou passer par le courant électrique ou des câbles fixes.

La maîtrise de la sécurité et des données personnelles, qui existe aujourd'hui sous une forme embryonnaire (firewall, anti-virus, protocole émergent P3P), sera importante dans le monde des métiers de demain. Il s'agira en effet de maîtriser le degré d'ouverture que l'on accepte vis à vis d'Internet, de conserver un caractère "privé" à certaines informations locales, de se protéger des agressions externes et de pouvoir maîtriser et/ou négocier le degré de sécurité ou de protection que l'on souhaite utiliser vis à vis des fournisseurs de services.

Enfin, l'adaptation des terminaux aux caractéristiques du réseau est une condition importante pour conserver une certaine autonomie par rapport à ce dernier, en particulier dans un contexte de mobilité. Il s'agit de pouvoir fonctionner en mode "dégradé" (rupture de connectivité), de pouvoir adapter automatiquement le service au réseau d'accès, de retrouver une certaine indépendance vis à vis du réseau externe.

- **Le monde de la connectivité** : Par rapport à Internet aujourd'hui, le monde de la connectivité sera de plus en plus sophistiqué pour répondre de mieux en mieux, en temps réel et de manière transparente, aux besoins des deux mondes qui le sollicitent. Il devra apporter une réponse à l'absence de "qualité de service" que l'on observe aujourd'hui et trouver une solution de convergence entre les services traditionnels et les services nouveaux.

Les débits seront bien évidemment de plus en plus élevés que ce soit au niveau du réseau d'accès (technologies xDSL par exemple à moyen terme) ou du cœur de réseau où les technologies opto-électroniques permettront rapidement des débits proches du terabit par seconde.

Les réseaux seront hétérogènes, en particulier en termes de protocoles, et ubiquités. Ils seront différenciés par leur position dans le réseau (cœur de réseau, réseau de bordure, réseau d'accès), leur géographie, leurs services. L'accès au réseau sera bien évidemment disponible partout, mais les services offerts ne seront pas les mêmes. Les multiples technologies existantes (IPv4, IPv6, ATM, DVB, UMTS, Satellites, LMDS, etc.) seront en compétition et coexisteront dans différentes parties des réseaux.

Les réseaux seront interconnectés et interopérables, y compris pour les fonctions avancées (gestion de la qualité de service, sécurité, facturation...). L'interconnexion demandera un système de gestion particulier, et des moyens d'administration et de facturation d'un service d'ensemble aux clients finaux.

Les réseaux offriront des services nouveaux : les communications synchrones, la diffusion, la mobilité, la gestion de classes de service différenciées. Tous les réseaux,

par contre, n'offriront pas tous les services : certains se spécialiseront sur tel ou tel service, et adopteront des technologies et une architecture en conséquence.

Pour répondre à la multiplicité des terminaux, dans le monde des usages et des métiers, les réseaux disposeront d'un **mécanisme d'adaptation du service au mode d'accès**, pour rendre ce dernier aussi transparent que possible. De même, le réseau s'adaptera autant que possible aux contraintes du monde intermédiaire.

Les réseaux seront capables de **personnaliser en dynamique le service offert** aux besoins des extrémités : aux besoins du monde des métiers et des usages d'un côté, aux besoins du monde des intermédiaires de l'autre. Ainsi, un utilisateur pourra obtenir un service synchrone à délai garanti le temps d'une conversation au sein d'un forum, puis relâcher les fortes contraintes de temps réel lorsqu'il consultera les contributions écrites en ligne. De même, un portail pourra demander un accès rapide à telle ou telle base de données pour répondre à une interrogation d'un utilisateur, uniquement pendant le temps nécessaire pour trouver de manière interactive la réponse à la question.

Bien évidemment, une telle gestion du service suppose des **mécanismes d'administration des ressources et des mécanismes de facturation**. Le rôle du monde de la connectivité sera d'assurer le bon fonctionnement du réseau en négociant, avec les extrémités, les services demandés et le prix proposé. Cette administration du service devra être interopérable entre les différents réseaux pour offrir un service continu avec des engagements de qualité de service.

- **Le monde de l'intermédiaire** : Le monde de l'intermédiaire s'appuie sur des standards mondiaux, indépendants des usages. Il doit faire face à une demande très volatile et a de fortes contraintes de disponibilité, de passage à l'échelle, de performances et de capacité.

Les serveurs seront réunis au sein de nouvelles architectures applicatives qui permettent le passage à l'échelle, une haute disponibilité, la tolérance aux fautes et une transparence géographique. La puissance de ces machines, réunis au sein de fermes de serveurs, devra permettre des capacités d'archivage et de traitement temps réel (vidéo, 3D, nombre de sessions parallèles) importants.

Les outils intermédiaires utilisent les informations disponibles dans le monde de l'intermédiaire, et effectue des travaux dessus. On peut citer aujourd'hui les moteurs de recherche, les filtres, les outils qui permettent d'envoyer des informations d'un site web à un autre, etc. Ces outils intermédiaires sont appelés à se multiplier dans l'avenir, en fonction de l'innovation dans le monde intermédiaire.

Les outils de développement, de supervision et de maintenance assurent la cohérence, vu du monde intermédiaire, de l'ensemble. Ils reposeront dans l'avenir sur l'utilisation généralisée de composants logiciels réutilisables, peut-être mobiles. Ces outils devront permettre une supervision et une maintenance des applications mondiales, et être capables d'assurer, de maîtriser et de superviser les performances des applications n'importe où dans le monde et sur n'importe quel terminal.

Les outils de communication inter-serveurs, d'adaptation au réseau et de sécurité sont un élément essentiel du monde intermédiaire : les réseaux inter-serveurs, ultra-rapides et à tolérance de pannes, doivent remplir des fonctions de répartition de charge, de sécurité et de mobilité des composants logiciels et des données.

- **Convergence des architectures informatiques, de télécommunication et d'audiovisuel ; complémentarité des compétences.**

Le schéma d'architecture proposé est aussi celui vers lequel tendent les évolutions déjà engagées des systèmes d'information d'entreprises désirant, via Internet, resserrer leurs

relations avec leurs clients, partenaires et fournisseurs ou entre leurs employés. Le nouveau "front office", le nouvel EDI, les nouvelles fonctions de travail en groupe sont réalisés dans le monde intermédiaire, alors que les fonctions traditionnelles de "back office" et les bases de données centrales qui leur sont associées, subsistent dans le monde des métiers et des usages. Ainsi, les nouveaux outils de e-commerce, de gestion de la relation avec les clients et les fournisseurs, de marketing sont développés maintenant comme des intermédiaires alimentés par les systèmes métiers existants de l'entreprise. Il y a, ici aussi, déplacement de la valeur ajoutée vers le monde intermédiaire.

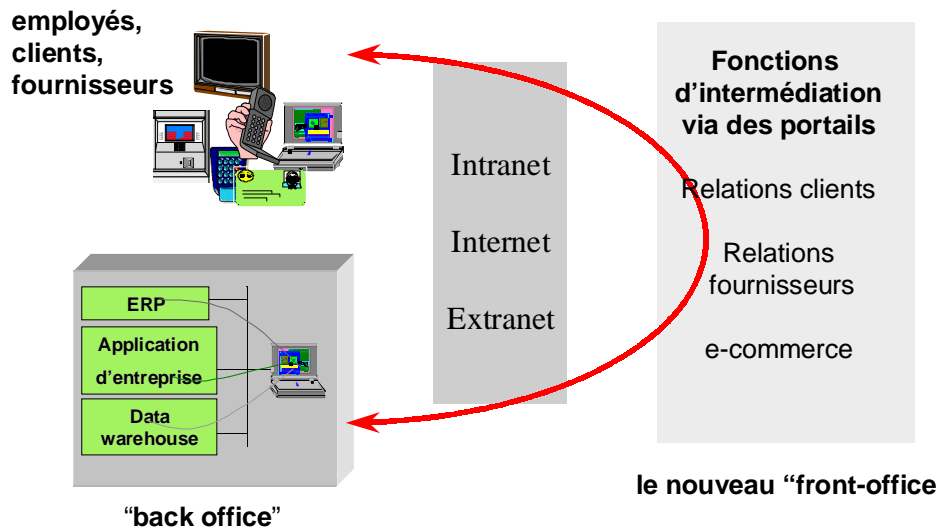


Figure 12 - le nouveau système d'information d'entreprise

Cette convergence va bien au-delà d'une simple analogie des schémas. En effet la plupart des technologies sous-jacentes au monde intermédiaire et en partie à celui de la connectivité (routeurs par exemple), sont issues de sociétés de produits informatiques afin de satisfaire initialement les besoins des entreprises utilisatrices. A l'inverse le savoir faire des opérateurs et équipementiers des télécommunications est indispensable dès qu'il s'agit de mettre en œuvre des infrastructures devant prendre en compte non plus des milliers mais des millions d'utilisateurs, assurer la qualité de service nécessaire et procéder à grande échelle aux facturations d'utilisation des diverses ressources employées. Il y a donc complémentarité des compétences entre informatique, télécommunications et audiovisuel.

II.2.3 Internet du futur : faire jouer les leviers économiques

Internet a été utilisé dans un premier temps dans un monde uniquement universitaire. Depuis 1990, l'exploitation commerciale d'Internet s'est développée, en même temps que les grands principes économiques des nouveaux services se sont affirmés. **La caractéristique d'Internet du futur sera de jouer sur ces leviers économiques nouveaux pour accélérer la dynamique industrielle et prendre des positions fortes dans la chaîne de valeur.**

- **Ouverture par l'intermédiation** : Utiliser l'intermédiation pour ouvrir des équipements, terminaux ou services qui étaient jusque là contrôlés par un acteur dominant et profiter de cette ouverture pour offrir un produit ou service qui exploite le foisonnement d'innovations que peuvent apporter des tiers.

L'ouverture des systèmes est une évolution forte liée à Internet. En effet, dans un monde "métier" où l'objectif est de pouvoir offrir un service unique, différencié de celui offert par les concurrents, la tentation est grande de construire des systèmes propriétaires avec des services en exclusivité. Ainsi aujourd'hui, il est difficile d'offrir un service sur téléphone mobile sans avoir auparavant conclu un accord avec l'opérateur de téléphone correspondant. De même, pour le minitel, il n'est pas possible d'enrichir un service sans passer par l'entreprise

qui offre ce service : coupler un service d'agence de voyage avec un service de réservation de train n'est pas possible.

Dans Internet du futur, une autre approche sera généralisée : celle qui fit le succès du micro-ordinateur ou du minitel (en partie). Il s'agit en fait de rendre le système ouvert pour permettre à des tiers d'enrichir l'offre de services de leur propre initiative, sans avoir besoin d'une intégration lourde dans le système. Ainsi, grâce à Internet, les offreurs de service Internet ont vu leur bouquet de service s'enrichir tout seul, sans qu'ils aient besoin d'intervenir. De même, PalmPilot et Handspring cherchent aujourd'hui à déclencher une boucle vertueuse de développement par des tiers. Java, Linux, Netscape, etc, sont autant d'exemples d'une telle stratégie.

Internet du futur se caractérisera donc à la fois par une ouverture des systèmes professionnels ou des terminaux à des tiers qui offriront des services "sur étagère", mais également par un rapprochement fort entre les acteurs du monde "métiers/usages" et les acteurs du monde intermédiaire pour mieux adapter l'offre à la demande.

- **Standardisation et interopérabilité** : Utiliser le monde de l'intermédiation pour développer la standardisation et l'interopérabilité des solutions, et prendre des positions clés d'intermédiation ou entrer dans des marchés jusqu'à présent verrouillés.

Dans le monde des métiers et des usages, l'interopérabilité ou la standardisation est difficile. En effet, les entreprises sont incitées à se différencier mais également à construire des barrières pour protéger leur marge et éviter de nouveaux entrants.

Internet vient ainsi changer la donne : l'interopérabilité et la standardisation est introduite de facto par les standards du Web. Tout le monde se doit d'être interopérable avec l'Internet. L'Internet devient alors l'intermédiaire privilégié d'interopérabilité.

- **Réduction des coûts et des délais de développement** : le coût est un facteur important de développement d'Internet du futur. Réduire les coûts de communication, réduire les coûts de mise en ligne d'information, réduire les coûts d'exploitation du monde intermédiaire, réduire les coûts des canaux de distribution, etc.
- **Outils économiques reliant efficacement offre et demande** : Développer des outils économiques à tous les niveaux, adaptés à Internet, pour relier plus efficacement l'offre à la demande. Dans tout marché de service, prix et coût sont deux notions qui ne sont pas forcément reliées. Dans Internet du futur, les acteurs auront à leur disposition toute une série d'outils sur étagère qui leur faciliteront l'adoption d'un modèle économique spécifique à leur métier, et la définition des moyens de paiement appropriés à la nature et à l'usage du service rendu. Par ailleurs des mécanismes fins de métrologie permettront soit aux utilisateurs soit aux fournisseurs de service d'orienter leurs choix, de service pour les premiers et de cibles de clientèle pour les seconds.
- **Personnalisation de masse et flexibilité** : développer des approches de personnalisation de masse et de flexibilité pour mieux répondre à la demande et exploiter toute la richesse de l'intermédiation

Au début du siècle, la voiture s'est développée grâce à une approche de masse : la même voiture pour tous, au meilleur prix. Puis, au fur et à mesure que le marché est devenu mature, l'industrie automobile est passée d'une logique de produit de masse à une logique de personnalisation de masse (en anglais, mass-customization). Le progrès des technologies de l'information ont été un des principaux moteurs de cette évolution.

Dans Internet, cette évolution est clairement visible et la capacité à personnaliser la relation avec un utilisateur deviendra de plus en plus un critère déterminant de différenciation entre services concurrents. Si aujourd'hui, la logique dominante est celle du marché de masse : prix

aussi peu cher que possible, produit quasi-unique (AOL-Yahoo / Netscape-Internet explorer / Windows / IPv4 / Modem ou liaison louée), on observe déjà l'apparition d'une certaine personnalisation : My Yahoo.

Cette flexibilité ne se limitera pas aux services finals. Au niveau de l'infrastructure de communication elle-même, les progrès techniques permettront de configurer telle ou telle partie du réseau pour l'adapter de façon dynamique aux besoins d'un service ou d'un utilisateur particulier (réseaux actifs).

Partie III - Priorités de recherche

RESUME : Le découpage en trois mondes et le recours à des systèmes intermédiaires pour mettre en relation un groupe de personnes ou de machine et ajouter de la valeur à la communication est au cœur de la rupture apportée par Internet.

Les priorités de recherche qu'il faut se donner pour prendre des initiatives dans Internet du futur sont à la croisée des conclusions de l'analyse des forces et faiblesses françaises et européennes et des ruptures prévisibles pour Internet du futur. Elles sont au nombre de quatre.

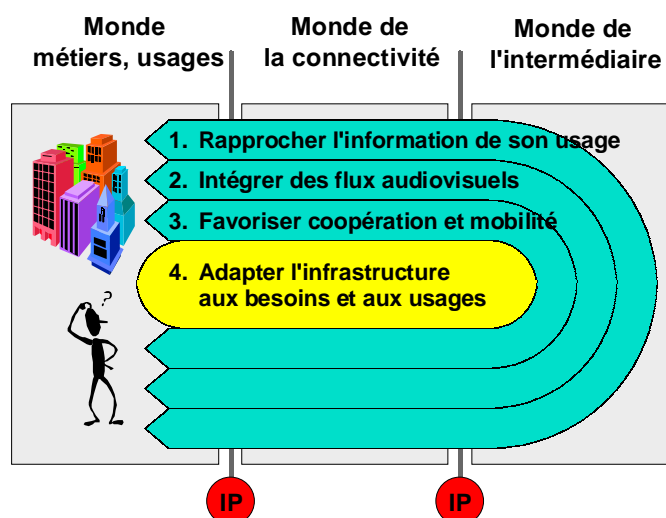


Figure 13-Priorités de R&D

- **Priorité 1 - Rapprocher l'information de son usage grâce à l'intermédiation et permettre à chacun de participer aux contenus en ligne.** Il s'agit de permettre à un utilisateur d'accéder de manière pertinente à des informations de plus en plus nombreuses, dispersées et complexes, et de pouvoir également enrichir ou produire cette information lui-même.
- **Priorité 2 - Intégrer des flux audiovisuels et permettre leur intermédiation :** il s'agit de donner la possibilité d'intégrer dans Internet de véritables séquences vidéos, en temps réel et avec une définition convenable. Il s'agit également de permettre à tout un chacun la production, la manipulation, la diffusion et la consultation de telles informations.
- **Priorité 3 - Intégrer dans l'intermédiation les éléments essentiels de l'activité quotidienne : mobilité et activité en communauté :** il s'agit de pouvoir accéder de la même manière à l'information quel que soit l'endroit où l'on se trouve, et de permettre la coopération entre plusieurs utilisateurs répartis géographiquement.
- **Priorité 4 – Adapter l'infrastructure aux besoins et aux usages : poursuivre l'ouverture en trois mondes, améliorer l'ensemble des trois mondes**

Ces priorités ont fait l'objet de rapports détaillés de quatre groupes de travail. Ces rapports se trouvent en annexe de ce document et ont permis de mettre en évidence les principaux axes selon lesquels l'effort de recherche doit porter. Les enjeux économiques et sociaux sont ensuite détaillés, ainsi que quelques exemples de sujets de recherche. **Ces derniers n'ont pas vocation à être exhaustifs, et demanderont à être affinés et complétés ultérieurement**, en particulier au sein des commissions d'experts des différents réseaux technologiques.

III.1. Priorité 1 : Rapprocher l'information de son usage grâce à l'intermédiation et permettre à chacun de participer aux contenus en ligne

RESUME : Le développement d'Internet amène tous les jours plus d'utilisateurs, plus de contenus, plus de services en ligne. Il se rapproche ainsi du monde réel, avec toute sa complexité et toute la difficulté, pour quelqu'un, de s'y retrouver ou de se faire entendre. La première priorité doit donc permettre de maîtriser la complexité croissante de ce monde en rapprochant les informations de leur usage, et en facilitant au plus grand nombre l'accès à Internet en tant qu'utilisateur mais également producteur d'information.

Le développement du monde intermédiaire permet de réutiliser une même information dans des contextes très différents. Il permet de mettre en commun des informations (syndication de contenus), de les trier et filtrer, de les résumer, de les rechercher, de les combiner au sein d'un site Web ou d'un portail. Ainsi, un outillage croissant se développe pour rapprocher l'information de son usage, et la réutiliser ainsi dans de multiple contextes.

D'un autre côté, les utilisateurs souhaitent pouvoir devenir acteurs de ce nouveau monde : ajouter leurs informations personnelles ou professionnelles à un contenu, définir leurs préférences, publier ou commercialiser des informations, etc. Ils souhaitent disposer d'outils qui leur facilitent la navigation, l'utilisation et la production des informations, ainsi que de guides ou d'aides pour savoir où aller. Enfin, ils souhaitent pouvoir utiliser le moyen qui leur semble le plus adapté et le plus facile à utiliser ou à comprendre pour aller sur Internet.

Tout ceci suppose qu'un effort significatif soit fait dans les quatre directions suivantes :

- **Instrumentation et personnalisation des contenus pour les rendre utilisables dans des contextes et par des utilisateurs très différents :** Internet permet d'accéder à des ressources hétérogènes, correspondant à des textes, des images, des sons et des vidéos. Ces contenus peuvent être de volume important et nécessitent de plus en plus souvent des outils pour les adapter à l'utilisation qui en sera faite, cette dernière n'étant pas toujours prévisible ou définie a priori, si bien que l'exploitabilité de ces contenus par un utilisateur repose sur l'instrumentation associée. Cette instrumentation permet l'adaptation du contenu à l'usage, et rend son utilisation plus facile, voire tout simplement possible, dans un contexte donné (exemple : meta-données associées à un clip vidéo). Au delà des applications professionnelles certes fondamentales, des solutions devront être imaginées pour le grand public. Celles-ci existent pour faire facilement un montage photo, ou une vidéo amateur, mais l'équivalent doit être trouvé sur Internet.
- **Appropriation des contenus par les utilisateurs et accès à l'information :** rechercher une information rapidement selon ses besoins professionnels ou individuels, en fonction de sa connaissance d'un domaine, de sa culture, de sa langue, l'archiver selon ses propres critères, l'annoter, faire connaître ses préférences..., autant de fonctionnalités indispensables pour rapprocher l'information de son usage et qui nécessitent la mise à disposition de nouveaux outils appropriés. Ceux-ci doivent permettre de mieux structurer l'accès à l'information au moyen d'intermédiaires (statiques ou dynamiques) adaptés et aisés à mettre en œuvre et étendre le niveau sémantique et contextuel des éléments pris en compte dans une recherche d'information. Internet permet de sortir d'une logique de masse pour faire émerger une logique de niches ou de communautés, c'est aussi un des enjeux de ces outils que de favoriser et amplifier ce phénomène.
- **Certification, gestion des droits et marketing des contenus.** La multiplicité des contenus sur le Web pose la question de la qualité de ces contenus, et de la gestion des droits qui y sont associés. Egalement importante, la possibilité pour le producteur d'un contenu de savoir l'usage réel qui en est fait, et de retrouver un lien entre ses clients et lui-même.

- **Apparition de terminaux très simples, dédiés à tel ou tel usage, et généralisation de l'accès aux contenus par n'importe quel moyen.** L'usage de plus en plus grand d'Internet dans les activités humaines plaide pour l'apparition de terminaux très simples, dédiés à tel ou tel usage (terminaux "appliance"). Il devra être possible, dans le futur, d'accéder aux contenus et aux services avec des modalités très variées, et des méthodes devront être trouvées pour adapter aussi automatiquement que possible les contenus au contexte d'utilisation.

Enjeux

- Tirer parti des compétences acquises autour du minitel et du téléphone mobile ainsi que d'un fond culturel français et européen considérable pour prendre des positions clés dans les outils nécessaires pour rapprocher l'information de son usage sur Internet. En particulier, il s'agit de prendre des positions fortes dans le domaine des grands portails et des nouveaux "médias" qui apparaissent.
- Permettre au plus grand nombre de bénéficier de la révolution Internet en développant des outils bien adaptés à l'usage et simples d'emploi, aussi bien pour produire que pour consulter des informations.
- Permettre aux contenus locaux de pouvoir s'exprimer, et aux communautés de pouvoir bénéficier de services adaptés à leurs besoins. Il s'agit de permettre aux « minorités » culturelles et aux communautés locales de se faire entendre dans un monde Internet aujourd'hui dominé par une culture de masse essentiellement anglo-saxonne. Il s'agit également de conserver l'opportunité pour de jeunes producteurs ou pour des groupes de s'exprimer sur le nouveau medium.

Quelques exemples de services que l'on peut imaginer

- Dans le domaine "généraliste" :
 - Syndication de contenus et réassemblage par l'utilisateur lui-même de contenus multimédias adaptés à la situation
 - Navigation dans des contenus vidéos (cf. annexe groupe 1, page 2)
 - Gestion fine des droits de propriété intellectuelle, y compris pour le grand public ou les individus qui mettent en ligne des contenus. Certification de ces documents.
- Dans le domaine "métier" :
 - Outils au service de l'enseignant, pour préparer son cours, l'enrichir et l'adapter à la situation pédagogique. Ces outils comportent beaucoup de spécificités liées au métier (préparation par avance, selon un programme fixé au niveau national, avec des guides ou des mesures de qualité, en incluant les documents personnels de l'enseignant, pour préparer à la fois un cours en classe et les supports écrits nécessaires. Possibilité éventuelle de "révision" par les étudiants). On pourra lire à ce propos la fiche « Internet à l'Ecole, une vision d'usages » annexée à ce rapport.
 - Outils au service de la CAO, pour permettre à chacun, selon ses besoins, de naviguer dans les bases de données techniques (service après-vente, services R&D, services d'assemblage, logistique, etc.) en personnalisant les données avec des informations personnelles ou adaptées à l'usage (ex : manuels de formation pour service après-vente, "trucs et astuces", etc.).

Quelques exemples de sujets de recherche

- **Faciliter l'accès à l'information**

- La structuration de la navigation par le biais de plates-formes d'intermédiation
 - ❖ mettre en œuvre de façon quasi-systématique les mécanismes permettant de collecter l'information nécessaire. Définir également des modes de présentation adaptés (résumés automatiques...) pour cette information et sa personnalisation
 - ❖ possibilité d'évaluer de manière fine et selon divers critères les informations collectées par rapport à un usage donné, ainsi que les sites qui les contiennent
- Une nouvelle génération de moteurs de recherche
 - ❖ indexation de documents complexes comme des documents audiovisuels
 - ❖ prise en compte de spécificités linguistiques ou culturelles
 - ❖ Ingénierie de la langue : pouvoir construire et utiliser aisément les dictionnaires spécifiques à un domaine donné, à une langue donnée, établir les équivalences entre ces dictionnaires entre plusieurs langues
- **Les architectures de services** : le rapprochement de l'information de son usage a deux conséquences pour Internet : d'une part, une communication inter-machine de plus en plus importante, en temps réel, pour affiner une requête ou apporter à un utilisateur l'information qu'il souhaite sous la forme la plus adaptée ; d'autre part, une volatilité plus grande des flux d'informations et la généralisation de contenus dynamiques, que l'on peut difficilement préparer et archiver a priori. De nouvelles technologies d'architecture (cache, communications inter-serveur, technologies de bases de données réparties, code mobile, etc.) doivent permettre de répondre mieux à ces deux problèmes et apporter une amélioration sensible de la qualité de service pour l'utilisateur final.
- **L'adaptation automatique des services au mode d'accès, aux conditions d'utilisation par les clients.** D'autres sujets de recherche pourront porter sur des modes de représentation des contenus permettant d'adapter automatiquement ces derniers aux performances disponibles pour le terminal et le réseau d'accès.
- **Les normes documentaires et les outils de manipulation de documents** : Les normes documentaires ont un impact fort sur la façon dont on manipule le contenu. Elles s'accompagnent d'outils constituant des services autour des documents : interpréteurs / filtres, navigateurs, visualiseurs, etc. Tous ces outils doivent faire l'objet de recherche pour trouver des solutions économiques, adaptées à l'usage et qui peuvent passer à l'échelle. Il faut donc développer le génie documentaires multimédia. En outre, les normes documentaires ont un contenu sémantique fort et il est donc urgent de prendre en compte XML.
- **Le développement de nouveaux terminaux** : l'émergence de nouveaux terminaux, tels que les livres électroniques, les bornes interactives, les écrans de machines outils, les PDA, etc., supposent de trouver des solutions pour assurer à la fois un coût raisonnable, une ouverture facile aux applications et une interopérabilité avec le reste d'Internet. Des recherches pourront porter sur les IHM, pour adapter le terminal aux besoins réels, sur le coût des terminaux (intégration des composants), ou sur les normes permettant l'ouverture et l'interopérabilité de ces terminaux (ex : livre électronique).
- **Sécurité droits et gestion des contenus** : il est nécessaire de trouver des solutions pour protéger les documents tout en permettant leur manipulation, en gérant les droits très facilement, et en ajoutant les mécanismes de paiement... Sécurité : mécanismes d'autorisation des droits, paiement, etc. (pour les questions relatives à la sécurité, on pourra lire la fiche correspondante en annexe). Systèmes de gestion de contenus : labelliser l'information, prendre en compte les dates de validité / notion de mémoire partagée, gérer la mise à jour de cette information et les conditions d'accès à cette information.

III.2. Priorité 2 : intégrer des flux audiovisuels et permettre leur intermédiation

RESUME : Il s'agit de donner la possibilité d'intégrer dans Internet de véritables séquences vidéos, en temps réel et avec une définition convenable. Les contenus audiovisuels doivent ainsi être accessibles et manipulables avec autant de simplicité que les contenus disponibles aujourd'hui sur Internet (texte, images fixes, sons).

L'objectif ici n'est pas de substituer Internet à la télévision ou à la vidéo mais bien de faire émerger de nouveaux usages et de nouveaux services, impensables sur les canaux multimédia actuels. Il s'agit également de permettre à tout un chacun la production, la manipulation, la diffusion et la consultation de telles informations. Dans ce domaine, la définition de nouveaux outils d'intermédiation pour les flux vidéo est importante.

Le monde de l'audiovisuel, aujourd'hui, n'a pas encore été réellement touché par Internet, ceci pour trois types de raisons : des raisons économiques (ex : coût important des équipements à cause de la puissance nécessaire en bande passante ou en serveurs pour offrir une qualité équivalente à la télévision), des raisons techniques (ex : difficulté d'assurer une qualité de service suffisante, non disponibilité des logiciels nécessaires pour traiter la vidéo sur Internet), des raisons d'usage (ex : comment offrir quelque chose de différent de la télévision, des cassettes vidéo ou des multimédias sur DVD-ROM).

En ce qui concerne les usages nouveaux, l'objectif de cette priorité est de définir des technologies qui permettront d'offrir des usages qui ne peuvent exister dans la situation actuelle, ni avec la télévision numérique, ni avec le "home cinema" du grand public (télévision, magnétoscope, caméscope, console de jeu), ni avec les multimédia sur DVD-ROM.

Si l'on regarde les usages actuels de l'audiovisuel par le grand public et dans l'entreprise, on constate les limitations suivantes dans l'usage de la vidéo :

- les contenus vidéo manipulés sont soit des programmes produits par des professionnels pour des marchés de masse (à l'échelle du monde pour les chaînes de télévision, ou à l'échelle de l'entreprise pour les contenus professionnels), soit des contenus très personnels, non travaillés (caméscope...).
- il n'existe pas d'expérience de mélange de vidéo et d'autre type de contenu (vidéo + photos + son + animation flash, le tout disposé dans une page html+xml par exemple), et pas d'expérience d'interactivité (seule navigation vidéo communément adoptée : le zapping)
- il n'est pas possible pour tout un chacun de devenir diffuseur, ou de créer sa propre "TV libre"
- il n'y a pas d'expérience réelle d'édition de contenus vidéo dans le grand public. Les outils d'édition sont complexes, réservés aux professionnels ou aux amateurs très avertis.
- pour les usages particuliers, une réflexion "métier" est nécessaire pour identifier les verrous et trouver des réponses technologiques adaptées. Par exemple, faire de l'enseignement avec une simple cassette vidéo ne répond pas au besoin d'adaptation à l'élève (rythme pédagogique, révisions, contenus insérés par le professeur...).

Pour répondre à toutes ces limitations actuelles, il est nécessaire de faire des efforts dans quatre directions :

- **Généralisation de contenus vidéo très locaux destinés à des communautés spécifiques, avec la qualité de service nécessaire à l'usage souhaité.** Tout d'abord, il s'agit de rendre Internet du futur capable de véhiculer des flux audiovisuels très nombreux, qui relient des producteurs et des utilisateurs a priori non identifiables et volatiles. En effet, Internet permet de quitter la logique qui prévaut dans le monde audiovisuel aujourd'hui (quelques méga

producteurs d'émissions qui s'adressent à des millions d'auditeurs) pour entrer dans une logique de niche et de communautés d'intérêt (des millions de communautés qui produisent des contenus destinés à un petit nombre de personnes). Pour cela, il est nécessaire d'une part de réduire les besoins des flux audiovisuels en termes de ressources, d'autre part d'augmenter la capacité du système dans son ensemble à traiter ces flux (monde métier, monde de la connectivité, monde intermédiaire), et enfin rechercher une exploitation optimisée de ces flux en fonction de l'utilisation (retrouver plusieurs équilibres qualité de service / coût).

- **Production, manipulation et publication de flux audiovisuels par des utilisateurs non spécialistes du sujet.** Une fois le réseau prêt à transporter des flux, encore faut-il faciliter leur production et leur usage dans cette logique très décentralisée propre à Internet. Il s'agit donc de mettre à disposition des utilisateurs non professionnels de l'audiovisuel tout un ensemble d'outils et de services permettant d'éditer et de produire un contenu vidéo, soit destiné à être "publié", soit en direct (live) dans le cadre d'une communication de groupe ou d'un reportage.
- **Généralisation des communications synchrones de flux audiovisuels, entre personnes mais également entre un serveur et un utilisateur dans le cadre, par exemple, d'une interaction de télé-immersion ou de monde virtuel (3D).** Les besoins des utilisateurs ne se limitent pas à la consultation d'informations archivées, mais contient une part importante de besoin de communications inter-personnelles, ou d'interaction en commun sur un "monde virtuel" ou un objet partagé. La généralisation de communications synchrones de groupe, ou avec un serveur de télé-immersion ou de réalité virtuelle (3D) demande des solutions techniques adaptées (économie / usage / architecture).
- **Intégration des flux audiovisuels avec les autres contenus et outils Internet pour généraliser l'interactivité et l'intermédiation.** Enfin, l'apport nouveau d'Internet est l'intégration des différents contenus disponibles en un ensemble interactif, communiquant, dans lequel l'intermédiation joue un rôle central. Il est donc nécessaire d'intégrer les flux audiovisuels au sein d'Internet en tant que contenus manipulables au même titre que les autres. Il faut aussi avancer dans l'ensemble des directions indiquées dans la priorité numéro 1, qui s'appliquent bien évidemment aux contenus audiovisuels.

Enjeux

- Tout d'abord, permettre enfin l'apparition d'une killer application tirant parti des flux audiovisuels, c'est à dire offrir sur le réseau des fonctionnalités qui ne sont pas disponibles par d'autres moyens, avec une architecture, une facilité d'usage, et une économie qui soient compatibles avec un marché de masse.
- Renforcer la valeur apportée par la société de l'information pour le citoyen en mettant à disposition des multiples associations et communautés locales des outils et des services enrichis pour s'exprimer et pour fonctionner, en développant le télé-enseignement, la télé-médecine, la "télé-culture", etc.
- Les outils nouveaux doivent faciliter une meilleure intégration dans l'Europe, en réduisant les barrières géographiques et en permettant aux différentes cultures de se rencontrer et de communiquer plus facilement.

Quelques exemples de services que l'on peut imaginer

- Services génériques : studio domestique, environnement vidéo, mondes virtuels. On pourra lire à ce sujet les travaux du groupe 2 sur le studio domestique et l'environnement vidéo (enjeux, problèmes techniques...)
- Services métier : Formation, imagerie médicale, CAO distribuée, Production de vidéo professionnelle, Jeux

- Pour les usages spécifiques, comme l'enseignement, il existe des verrous d'usage particuliers – dématérialisation des contenus, possibilité d'adapter le rythme à l'étudiant, apprentissage sur mesure. Lire à ce sujet la partie « formation » des travaux du groupe 2 et la fiche correspondante en annexe.

Exemples de sujets de recherche technologique

- **Optimiser la consommation en ressources des contenus** (Codage, transport, intermédiation) et restituer de manière optimisée les flux audiovisuels en fonction des usages envisagés. Il s'agit d'optimiser l'utilisation des ressources disponibles par rapport aux besoins requis par les flux audiovisuels.
- **Techniques de transport des flux audiovisuels sur Internet**, en assurant des niveaux de **qualité de service et débit** qui conviennent aux marchés visés. En particulier, il s'agit de jouer sur de nouvelles techniques de compression hiérarchique adaptées à Internet et sur les techniques de cache, de réplication, de multicast et de répartition des serveurs, sans oublier, bien évidemment le haut débit nécessaire pour transporter ces flux.
- **Stockage, archivage, caches pour** les flux vidéos
- **Terminal**
 - Aspect hardware (problème de l'écran, par exemple)
 - Aspect software : l'interface de manipulation / consultation de contenu vidéo – spécificité des flux audiovisuels : représentation du temps, copier-coller, programmation de l'interactivité, représentation des choix, nouveaux types de clics souris, etc.
 - Implémentation du 3D
- **Le réseau de proximité.** Une optimisation des flux audiovisuels passe également par l'utilisation d'un réseau de proximité, ou d'un réseau domestique pour connecter entre eux les différents équipements des utilisateurs.
- **Symétrie producteur / utilisateur.** Permettre la consultation ou la production facile de contenus audiovisuels par les utilisateurs / producteurs du monde des métiers.
- **Gestion des droits et sécurité des flux audiovisuels** (Tatouage / protection des contenus audiovisuels)
- **Indexation et représentation des flux audiovisuels.** Définir des normes de représentation et des outils qui permettent l'intermédiation
- **Intégration de la diffusion** (Internet TV)

III.3. Priorité 3 : Intégrer dans l'intermédiation les éléments essentiels de l'activité quotidienne : mobilité et activité en communauté

RESUME : Les besoins des utilisateurs dans leur vie quotidienne dépassent largement la simple consultation d'information sur le Web. L'Internet du Futur devra ainsi s'adapter au mode de vie des individus, en particulier à leur mobilité et au fait qu'ils interagissent essentiellement au sein de groupes de travail coopératif.

Le développement considérable de la téléphonie mobile, des ordinateurs portables et des assistants personnels montre l'importance de la mobilité dans Internet du futur. Cependant, trois phénomènes d'usage sont importants à prendre en compte :

- **la mobilité physique des individus et des équipements**, ainsi que la multiplicité des modes d'accès au réseau pour les individus ou les équipements (voiture par exemple). Ceci suppose également que les différents équipements, terminaux et les différentes personnes qui facilitent cette itinérance collaborent ensemble pour offrir un service unique à un utilisateur (ex : gestion de l'agenda d'un médecin, avec le téléphone mobile, l'assistant personnel, l'ordinateur, le secrétariat, le site Web du médecin)
- **le rôle croissant des communautés sur le réseau** (communautés professionnelles, associatives, cercles familiaux ou d'amis), qui sont de plus en plus mobiles, éphémères, dispersées, et qui nécessitent des outils adaptés pour maintenir leur unité, leur identité et permettre la communication au sein des ces groupes.
- **l'importance de l'activité sociale ou de l'activité de groupe sur Internet** : la consultation individuelle d'information ou de services n'est pas (et n'a jamais été) l'usage principal d'Internet. La communication inter-personnelle, les forums, les communautés virtuelles ont un rôle prépondérant auprès du grand public (cf. AOL), ainsi que dans les entreprises (e-mail, téléphone, vidéoconférence, outils de groupe, etc.). Il s'agit bien de retrouver une activité sociale sur le Web, et de pouvoir naviguer en groupe, faire les vitrines ensemble, jouer à plusieurs.

Quatre directions sont donc importantes pour Internet du futur :

- **Généralisation de la mobilité et de l'itinérance** : permettre à un utilisateur de changer de terminal ou de déplacer son terminal sans discontinuité de service, et avec une adaptation aussi automatique que possible du service aux conditions d'utilisation. Le développement des services doit être, autant que possible, indépendant du mode d'accès ou du terminal (ouverture, interopérabilité), et la permanence d'accès doit être assurée.
- **Collaboration entre des entités différentes (terminaux, équipements, utilisateurs, etc.) pour offrir de manière coordonnée un service adapté à la mobilité et à l'itinérance.** La mobilité et l'itinérance supposent également que de multiples terminaux et équipements puissent collaborer pour offrir un service unique adapté à l'usage réel (par exemple, prévenir d'un rendez-vous sur le terminal en cours d'utilisation à un instant donné), mais également pour masquer les interruptions de service ou les ruptures (travail on-line / off-line, synchronisation automatique, fiabilité maximum). L'itinérance et la mobilité doivent aussi préserver la vie personnelle, et la permanence d'accès ne doit pas signifier permanence de disponibilité pour l'utilisateur.
- **Généralisation de la notion de communautés virtuelles qui se gèrent elles-mêmes, avec une identité, une mémoire et une vie propre.** Dans la vie réelle, peu d'activités existent en dehors d'une communauté ou d'un groupe (professionnel, associatif, familial, etc.). Il est important, pour Internet du futur, d'offrir des solutions pour permettre à ces communautés d'avoir une existence "virtuelle". Ceci suppose des outils de communication de groupe ou de collaboration, mais également des moyens pour fournir une "identité" unique à la communauté même lorsque les membres ne sont pas disponibles au même moment, ce qui implique une forme de mémoire des événements passés (voir par exemple, Ultima Online). Enfin, la gestion des membres de la communauté et des règles de fonctionnement doit être à la portée de tout un chacun pour permettre une administration décentralisée conforme à l'esprit d'Internet. Il est important également de faire clairement la différence entre la vie "ensemble" et la vie de chacun, en particulier en matière de données personnelles.
- **Possibilité pour une communauté ou un groupe de naviguer ensemble, et apparition d'un nouveau type d'utilisateurs d'Internet, les communautés.** Ceci suppose de nouveaux modes d'intermédiation pour tirer parti des contenus et services destinés à un utilisateur unique et les proposer pour un groupe. On retrouve ici l'ensemble des problèmes de la première priorité, rapprocher l'information de son usage, mais vue d'un groupe. Par exemple, comment gérer les droits de documents acquis par un groupe, etc.

Enjeux

- Exploiter notre compétence en téléphonie mobile, en forums, en ingénierie distribuée pour soutenir une industrie forte et développer des services nouveaux.
- Retrouver sur Internet le lien social, et permettre le développement décentralisé de communautés en s'assurant que chacun pourra bénéficier de ces nouveaux services dans le meilleur respect des règles de protection du citoyen et de gestion des droits de propriété intellectuelle. Il s'agit de tirer parti de notre tissu associatif et culturel local en lui donnant les moyens de s'exprimer sur Internet.
- Trouver des solutions ouvertes et faciles à mettre en œuvre pour éviter le contrôle des communautés par quelques grands acteurs mondiaux qui offrent dès aujourd'hui des solutions propriétaires difficiles à concurrencer directement (Yahoo, AOL, Microsoft, etc.).
- Pour les entreprises, favoriser le travail en groupe, les organisations virtuelles, etc. Maîtriser les outils qui sont un des fondements de notre compétitivité et éviter ainsi d'être obligés d'utiliser, après nos principaux concurrents, des outils mal adaptés à nos entreprises.

Quelques exemples de services que l'on peut imaginer

- Services génériques : offre de service pour les communautés virtuelles sur le réseau ; service d'environnement personnel mobile, y compris bouquet numériques, etc. ; service de forum "nouvelle génération" ; etc.
- Services "métier" : jeux distribués, calcul haute performance, simulation distribuée; télé-ingénierie ; télé-enseignement ; etc.

La communication communautaire, la coopération, est déjà présente sur Internet. Le meilleur exemple est un jeu, Ultima Online, dans lequel les joueurs eux-mêmes construisent un univers partagé, cohérent, qui existe indépendamment d'eux . Un tel univers partagé peut être imaginé dans le cadre d'associations (exemple : club de musique), de groupes "projets", d'une classe d'école, etc. On pourra notamment lire la fiche « Internet à l'école, une vision d'usages » sur l'intérêt d'un site Web par école, voire par classe pour échanger les devoirs, permettre aux parents de s'informer de l'emploi du temps ou des copies de leur enfant, organiser des travaux collectifs à la maison...

Exemples de sujets de recherche

Internet du futur sera mobile. Il ne s'agit pas seulement d'accéder à Internet via un terminal mobile : cela existe aujourd'hui et finalement n'est utile que quand il n'est pas possible de se raccorder à une prise téléphone. Il s'agit d'une véritable mobilité, dans laquelle il est possible de débrancher le terminal pour basculer instantanément sur un autre mode d'accès, de façon transparente, et avec adaptation du service reçu au nouveau réseau d'accès. Il s'agit de pouvoir retrouver sur son ordinateur l'environnement de montage vidéo du caméscope, et vice-versa. Il s'agit de pouvoir offrir des intermédiaires de secrétariat automatique qui sépare clairement vie professionnelle, vie du service, vie personnelle, vie associative, etc.

Enfin, mobilité et coopération, c'est disposer de terminaux dédiés à la mobilité et adaptés à chaque usage : terminal caméscope pour le voyage ; terminal ordinateur pour le bureau ; terminal téléphonique en permanence sur soi ; terminal de navigation dans la voiture. Le tout en ayant accès à l'ensemble de ses informations personnelles et à des renseignements géographiques via le successeur du GPS.

- Internet et UMTS
- Multicast et mobilité

- Sécurité : données personnelles, VPN, etc
- Temps réel déterministe / réseaux industriels / réseaux embarqués
- Outils de collaboration / coopération
- Outils permettant la mise en place rapide d'une communauté (cf. travail du groupe 3)
- Terminaux / équipements pour télé-collaboration
- Boucle locale et réseaux d'accès

III.4. Priorité 4 : Adapter l'infrastructure aux besoins et aux usages : poursuivre l'ouverture en trois mondes, améliorer l'ensemble des trois mondes

RESUME : L'Internet du futur sera structuré en trois mondes : les monde des métiers et des usages, le monde de la connectivité et le monde des intermédiaires. Chaque individu ou application dans ces mondes devra avoir un certain contrôle, de bout en bout, sur les applications mises en œuvre: sécurité et protection des données personnelles, administration des services, gestion de la qualité de service, programmation des services, gestion de la diffusion. La difficulté sera de répartir la responsabilité de ces contrôles entre les trois mondes, tout en s'assurant de la disponibilité, du passage à l'échelle, de l'interopérabilité, de l'évolutivité, de la puissance/capacité des débits et traitements et de la possibilité de facturer.

Internet du futur peut être structuré en trois mondes qui ont leur vie propre, avec des réseaux, des équipements, des logiciels, une architecture et des standards particuliers. Cependant, ces trois mondes doivent coopérer entre eux, être intégrés pour permettre d'offrir des services de qualité aux utilisateurs. Ceci a trois conséquences :

- une redistribution des pouvoirs entre les acteurs, et l'obligation d'adopter une logique ouverte dans chacun des trois mondes.
- la nécessité d'intégrer et de réconcilier les logiques propres aux différents acteurs pour que le système fonctionne de bout en bout.
- la nécessité d'améliorer en parallèle chacun des trois mondes, pour éviter que le maillon le plus faible ne soit celui qui dicte le service finalement offert.

Ainsi, il est possible d'indiquer deux directions de recherche :

- **Interopérabilité et cohérence de l'ensemble, en particulier pour les fonctions qui sont gérées à la fois par les acteurs des trois mondes en fonction de leurs responsabilités respectives.** En effet, pour chacun des thèmes ci-dessous, il est nécessaire que les acteurs présents dans chacun des mondes soient capables d'avoir une certaine maîtrise du sujet, tout en permettant un fonctionnement de bout en bout sans discontinuité des services. Il s'agit là d'une évolution tout à fait nouvelle liée à Internet et qui nécessite notamment la définition de standards appropriés:
 - **sécurité** : pour le monde des usages et des métiers, comment assurer la protection des données personnelles (individuelles ou entreprises) et comment gérer au mieux les droits d'accès ou l'authentification ; pour le monde de la connectivité, comment gérer la sécurité des réseaux et les autorisations de mobilisation des ressources, comment apporter un service de réseaux privés virtuels mobiles, sans couture, aux utilisateurs en leur laissant un certain niveau de personnalisation de ces réseaux privés ; pour le monde de l'intermédiaire, comment assurer la sécurité des services.
 - **facturation** : comment régler les flux financiers entre les acteurs, et donner une certaine visibilité du rapport qualité / prix pour les clients
 - **administration** : comment administrer, maintenir et dépanner un service... En particulier, comment trouver les causes d'une difficulté et intervenir pour offrir un service administré, évolutif et offrant des garanties contractuelles, comment offrir aux clients un interlocuteur unique pour apporter des services ou résoudre des problèmes qui mettent en œuvre des acteurs différents dans les trois mondes.
 - **maîtrise de la qualité de service** : comment retrouver une notion de qualité de service de bout en bout, dans laquelle les acteurs du monde intermédiaire peuvent définir la

qualité de service proposée (disponibilité, délais, etc.) en même temps que le monde de la connectivité définit pour sa part les qualités de service "réseau" proposées. Comment permettre aux clients des réseaux de programmer en dynamique le service qu'ils souhaitent recevoir. Comment mesurer toutes ces qualités de service ?

- **programmabilité des services** : comment programmer de bout en bout des services : aussi bien dans le monde de l'intermédiaire que dans le monde des métiers et des usages.
- **Augmentation des performances des différents constituants des trois mondes, migration vers les nouvelles générations et maîtrise des constituants clés** :
 - **migration et évolutivité** : pour les terminaux (faire évoluer l'ordinateur, le minitel, la télévision, le téléphone, etc.), pour les systèmes d'information d'entreprise (utiliser de plus en plus le monde intermédiaire pour le front office), pour les réseaux (introduire diffusion, Ipv6, mobilité, commutation optique, etc.), pour le monde de l'intermédiaire (aller vers les méga-serveurs mondiaux, vers les applications distribuées mondiales, vers le temps réel, etc.)
 - **passage à l'échelle** : passer à l'échelle en nombre d'utilisateurs (vidéo, diffusion, etc.), mais également permettre le foisonnement de services, c'est à dire le passage à l'échelle auprès de tous les utilisateurs de manière déconcentrée.
 - **haute disponibilité** : arriver à un niveau de disponibilité et de maîtrise grâce auquel il devient possible de s'en remettre à Internet pour travailler de manière opérationnelle.
 - **augmentation de la puissance, de la capacité, des débits** : cela est important pour l'ensemble des trois mondes. Pour la vidéo, par exemple, il est nécessaire que les ordinateurs puissent traiter des flux audiovisuels en temps réel, que les réseaux d'accès puissent transporter ces débits, que les réseaux de transports soient de taille suffisante, que les serveurs puissent soutenir de tels débits, que les outils intermédiaires arrivent à traiter une telle quantité d'information, que les capacités d'archivages soient suffisantes, etc.
 - **maîtrise de certains composants de base** : dans chaque monde apparaissent des composants essentiels pour conserver une certaine compétitivité dans l'offre de produits et services. On peut ainsi lister : les microprocesseurs, les systèmes d'exploitation, les routeurs, les architectures de grands serveurs, les composants optiques, les algorithmes de chiffrement, etc. Sans chercher à être présent sur tous les créneaux, il est nécessaire de conserver quelques sujets clés sur lesquels l'Europe et la France font figure de leader industriel pour disposer d'atouts sur la scène mondiale.

Enjeux

- maîtrise d'un certain niveau d'indépendance et de sécurité, en particulier disposer en Europe des technologies de communication et de calcul à haute performance permettant d'imaginer et de mettre au point les services les plus avancés sans attendre la disponibilité de produits venus d'outre atlantique.
- disposer d'une infrastructure évolutive et qui peut passer à l'échelle pour entrer rapidement dans la société de l'information -> pour nos citoyens et pour nos entreprises (en part. PME).

Quelques exemples de services que l'on peut imaginer

- services génériques : outils de gestion de la sécurité, du paiement
- services "métier" : outils de mesure et de gestion de la qualité de service finale pour le client

Exemples de sujets de recherche

- Facturation interservice, adaptée à des communications machine – machine
- gestion de la sécurité, architecture de sécurité (lire à ce sujet en annexe la fiche sur la sécurité)
- Protocoles de commutation / routage
- OS Réseau
- Evolution d'IP vers les technologies de commutation optique
- Routage très haut débit
- Métrologie

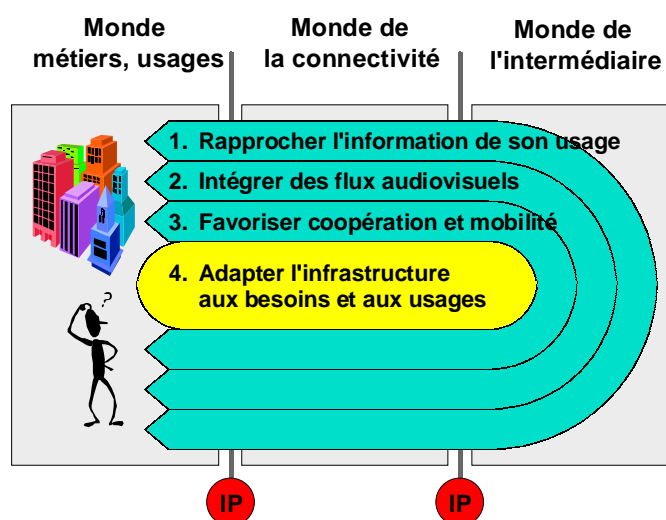
Partie IV - Recommandations

IV.1. Première recommandation : orienter les efforts de R&D coopératifs en France et en Europe pour tirer parti des ruptures apportées par l'intermédiation

RESUME : Orienter l'ensemble des efforts de R&D coopératifs, français et européens, autour des priorités présentées dans ce rapport pour tirer parti des ruptures apportées par l'intermédiation. Les efforts de recherche doivent être dirigés aussi bien vers des ruptures techniques que vers des ruptures en termes d'usages ou en termes de dynamique économique. Les efforts de normalisation et de standardisation doivent être encouragés de manière active. Les programmes de recherche "généralistes" doivent être complétés par des actions "métier" ciblées.

IV.1.1. Orienter les efforts autour de quatre priorités stratégiques

Les quatre priorités présentées dans la partie III sont stratégiques pour la France et l'Europe. Les trois premières priorités correspondent à des domaines où nos entreprises, nos PME, nos start-ups ont des chances de prendre des positions clés au niveau mondial. La quatrième priorité, maîtriser l'infrastructure d'Internet du futur, est fondamentale pour développer les compétences et le savoir-faire sur les technologies au cœur des produits et services de la société de l'information.



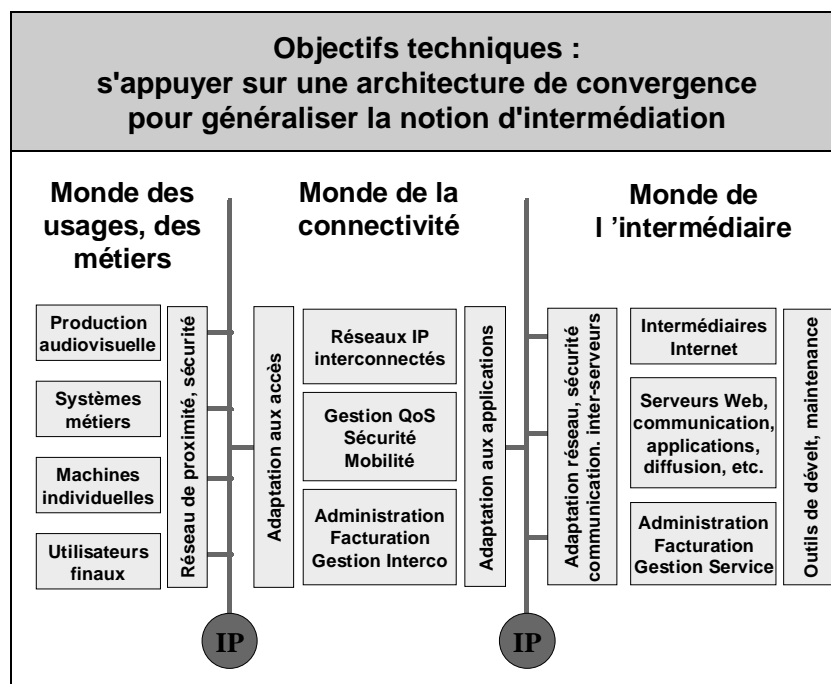
L'ensemble des programmes de recherche coopératifs (réseaux de recherche technologique, RNRT, RNTL, PREDIT, PRIAM..., programmes européens, PCRD, Eurêka) doivent examiner comment l'intermédiation se reflète dans les priorités affichées dans les appels à projets, à tous les niveaux des systèmes considérés : composants, équipements, logiciels, services...

C'est pourquoi la première recommandation de ce rapport est de mobiliser les différents programmes existants pour **faire apparaître clairement, dans les appels à projets, la partie "nouvelle", spécifique d'Internet**, et la façon dont les anciennes priorités sont modifiées pour prendre en compte la rupture analysée dans ce rapport.

Enfin, il est indispensable également d'organiser, au niveau français et européen, la **participation aux instances de normalisation et de standardisation** pour accélérer l'adoption des technologies par le marché et renforcer la position concurrentielle de leurs fournisseurs. Les experts des laboratoires privés et publics (y compris ceux de l'enseignement supérieur) doivent être incités à une telle participation.

IV.1.2. Prendre en compte ensemble les objectifs techniques, d'usage et économiques

Les programmes de recherche coopérative doivent impérativement prendre en compte ensemble les trois types d'objectifs détaillés dans l'ensemble de ce rapport :



Objectifs d'usages : enrichir les possibilités offertes par de nouvelles intermédiations

- Nouveaux intermédiaires qui se créent en exploitant le développement incroyable d'Internet : toujours plus d'utilisateurs et de producteurs, toujours plus de contenus, toujours plus de débits et d'accès.
- Nouvelles possibilités d'usages grâce à de nouveaux modes d'intermédiation qui s'ajoutent à l'existant, et qui exploiteront :
 - la permanence d'accès, la mobilité
 - la communication synchrone
 - l'enrichissement de l'information : audiovisuel, sémantique, géographique, etc.
 - la généralisation des moyens de production, de manipulation et d'échange d'informations multimédia par le grand public
 - la connexion au réseau de nouveaux équipements non encore connectés (par ex. capteurs industriels ou machines automatiques)

Objectifs économiques : utiliser l'intermédiation pour accélérer la dynamique industrielle et prendre des positions fortes

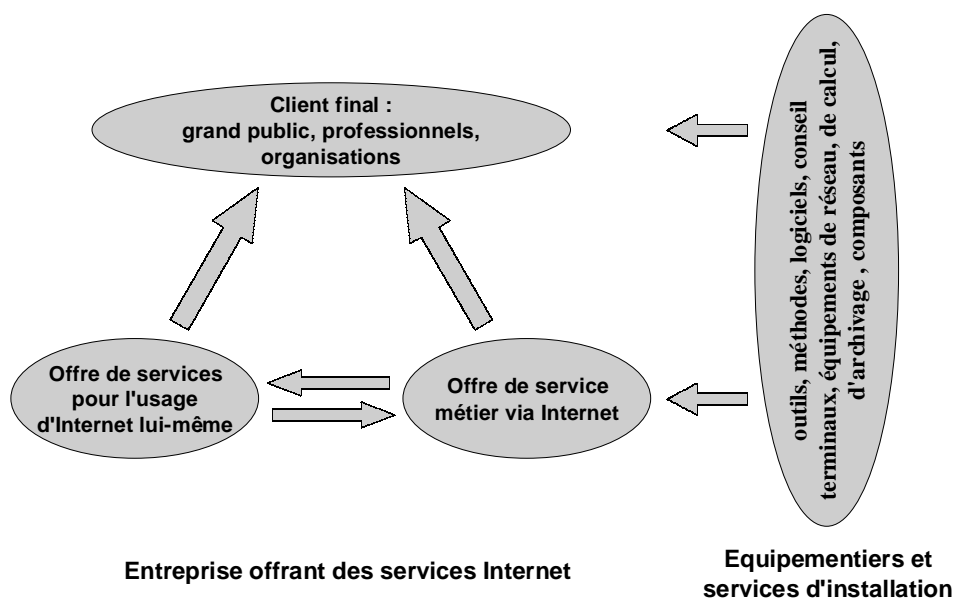
- Utiliser le monde de l'intermédiation pour développer la standardisation et l'interopérabilité des solutions, et prendre des positions clés d'intermédiation ou entrer dans des marchés jusque là verrouillés.
- Utiliser l'intermédiation pour ouvrir des équipements, terminaux ou services qui étaient jusque là contrôlés par un acteur dominant, et profiter de cette ouverture pour offrir un produit ou service qui exploite le foisonnement d'innovations que peuvent apporter des tiers.
- Réduire les coûts pour devenir compétitif et pour accélérer le déploiement des technologies.
- Développer des outils économiques à tous les niveaux, adaptés à Internet, pour relier plus efficacement l'offre à la demande.
- Développer des approches de personnalisation de masse et de flexibilité pour mieux répondre à la demande et exploiter toute la richesse de l'intermédiation.

IV.1.3. Compléter les programmes généralistes existants par des actions autour de services spécifiques à un métier donné

La tentation est grande, sur Internet, de se concentrer sur l'offre de service grand public autour d'Internet en tant que tel. Or, non seulement il est important de s'intéresser également aux problèmes spécifiques des professionnels et des entreprises, mais il est aussi indispensable de faire la différence entre les services à caractère générique, et les services qui s'appuient sur un savoir-faire métier pour réaliser des offres verticales.

Ainsi, des services comme les portails généralistes (ex : Yahoo ou Voilà), les services de micro-paiement, les services de nommage (ex : Realnames), etc., sont des services à caractère générique qui offrent des outils indépendants de telle ou telle activité "métier". Par opposition, il existe des services qui s'appuient sur un savoir-faire "métier" fort : commerce électronique de grande distribution (amazon.com), jeux (ultima online), production de contenus (getmusic.com), télé-enseignement, ingénierie/CAO, télé-médecine (Carte sésame-vitale ou carte CPS), banque, automobile, etc.

Les deux approches sont susceptibles de donner naissance à des offres d'équipements, de produits, de méthodes, d'outils, etc., très riches. Les deux approches sont concurrentes et complémentaires : concurrentes car elles cherchent à offrir le meilleur service au client final ; complémentaires car il n'existe pas d'offre Internet sans service "métier", ni de service "métier" sans les outils génériques qui permettent à l'utilisateur de se retrouver sur Internet. Approches "métier" et approche généralistes sont toutes deux indispensables.



Il est alors impératif de compléter les programmes existants, souvent généralistes (RNRT par exemple), par des actions "métier". Ces dernières peuvent être intégrées dans des actions spécifiques (exemples : PREDIT pour l'automobile, PRIAM pour la production audiovisuelle) ou dans des programmes plus transversaux (logiciel, par exemple). Il est cependant important, dans ce dernier cas, d'impliquer des équipes possédant un réel savoir-faire métier, aussi bien dans les projets que dans les comités d'évaluation.

Il est nécessaire pour cela de **définir quelques cibles privilégiées**, dans des domaines où la France et l'Europe ont des atouts solides, et où les acteurs se mobilisent autour d'Internet du futur. La production audiovisuelle, qui est déjà au cœur du programme PRIAM, est une cible possible. L'automobile en est une autre. D'autres domaines peuvent être évoqués (banques, commerce...), à condition de pouvoir définir un secteur précis au sein de ces vastes métiers.

IV.2. Deuxième recommandation : développer des expérimentations de services sur des infrastructures avancées, dans un cadre ouvert

RESUME : Il s'agit de développer des expérimentations de services sur des infrastructures avancées, dans un cadre ouvert, pour imaginer, déployer et tester, de bout en bout, de nouvelles applications s'appuyant sur des ruptures technologiques.

IV.2.1. Développer des expérimentations sur des infrastructures avancées

S'il existe des programmes de recherche technologique, force est de constater qu'il n'existe pas, en France et dans une moindre mesure en Europe, des programmes d'expérimentations de nouveaux services sur des technologies innovantes. Or ces expérimentations sont un élément important pour faire émerger un nouveau marché et expérimenter de nouveaux usages.

C'est pourquoi il est indispensable de mettre en place des expérimentations en vraie grandeur à l'aide de plates-formes apportant des performances innovantes, soit en termes de services offerts (multicast, mobilité, etc.), soit en termes de débits. De telles expérimentations doivent permettre de valider les éléments de R & D dans le domaine de l'Internet du futur, de tester de nouveaux services et de valider le passage à l'échelle, la simplicité d'usage et l'économie d'une technologie nouvelle.

Trois projets ont été lancés par le RNRT, qui pourraient aboutir à des réseaux d'expérimentation avancés lorsque des conditions d'ouverture satisfaisantes auront été définies :

- Le projet VTHD, qui expérimente une infrastructure de type "cœur des réseaux", avec multiplexage en longueur d'onde, pour atteindre plusieurs fois 2,5 Gb/s (40 Gb/s prévus).
- Le projet @IRS, qui expérimente des protocoles de diffusion (multicast) et de mobilité dans le cadre de deux applications professionnelles : la simulation numérique distribuée du champ de bataille de demain et la simulation distribuée de l'accostage d'un satellite dans l'espace.
- Le projet AMMARAGE, qui expérimente des technologies de réseaux actifs, qui permettent une personnalisation fine du service rendu par le réseau en fonction de la nature des flux transportés.

Ces projets s'appuient sur des partenariats autour de fournisseurs de moyens expérimentaux qui apportent l'infrastructure nécessaire pour l'expérimentation, en particulier les équipements et les réseaux. Ces fournisseurs peuvent être :

- des opérateurs de télécommunications qui acceptent de mettre à disposition des sous-réseaux spécifiques au sein de leurs réseaux internes d'expérimentation (ex : le projet VTHD s'appuie sur le réseau d'expérimentation de France Télécom).
- des organismes publics comme RENATER ou le CNES qui disposent de moyens qu'ils souhaitent mettre à disposition pour des plates-formes d'expérimentation (ex : @IRS s'appuie sur le réseau RENATER 2. Le CNES, de son côté, propose d'ouvrir le futur satellite STENTOR aux expérimentations selon des modalités encore à définir).

Il est encore nécessaire d'ouvrir ces plates-formes pour impliquer fortement des acteurs très innovants en termes de services : des entreprises créatives, PME en particulier, des start-ups, des entreprises qui souhaitent innover dans leur métier en s'appuyant sur Internet du futur. Ces acteurs sont nécessairement différents des grands équipementiers ou des grands opérateurs.

Enfin, il est nécessaire de compléter ces plates-formes pour atteindre des utilisateurs représentatifs des clients finaux. La mise en place de plates-formes autour de collectivités locales ou au sein de campus universitaires ou de grandes écoles doit être une priorité.

IV.2.2. Gérer harmonieusement la mise en place des infrastructures avancées

Pour définir les conditions dans lesquels cette ouverture sera possible, et assurer la cohérence et la promotion de l'ensemble des plates-formes ouvertes, il est indispensable de mettre en place un groupe de pilotage commun entre les réseaux de recherche coopérative (RNRT, RNTL), les offreurs de moyens d'expérimentation (opérateurs, Renater, CNES, etc.), des expérimentateurs innovants, et les administrations en charge de soutenir les expérimentations (en particulier, Programme Société de l'Information, MENRT - éducation, ANVAR).

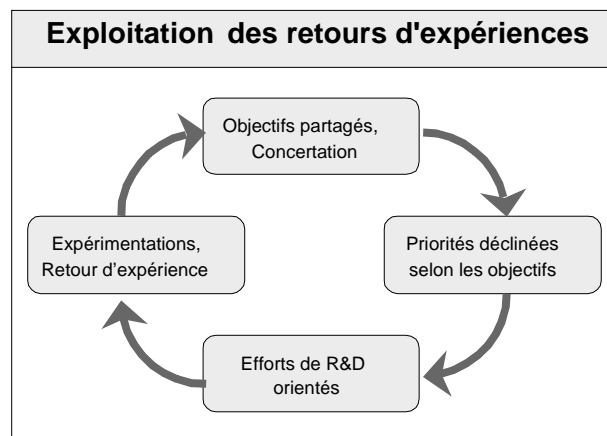
Ce groupe devra préciser le cadre général des plates-formes ouvertes, et en particulier définir concrètement les modalités pour :

- **Adopter une approche ouverte**, d'une part aux expérimentations, d'autre part à de nouveaux partenariats ; ceci suppose que n'importe quel consortium peut, s'il le souhaite, proposer une nouvelle plate-forme, dans la mesure où celle-ci est jugée pertinente ; l'ouverture suppose également que la plate-forme puisse être utilisée par des tiers, pour conduire des expérimentations après avoir reçu un label de pertinence dans des conditions à définir.
- **Susciter la mise en place d'autres plates-formes** en complément des initiatives existantes (technique, fonctionnelle ou géographique) : étant donné le coût de la mise en place des plates-formes d'expérimentation, un effort particulier devra être déployé pour trouver une certaine complémentarité entre les différentes initiatives. Il s'agit de construire petit à petit un ensemble de réseaux interconnectés, hétérogènes, représentatifs du monde du futur. On pourra imaginer, par exemple, une plate-forme UMTS, une autre d'accès haut débit, une plate-forme de diffusion audiovisuelle, une plate-forme IPv6 (multicast, plug-and-play, sécurité)...
- **Assurer l'interopérabilité** : L'interopérabilité des différentes plates-formes d'expérimentation est donc indispensable pour préparer des solutions viables. Elle permet également de mobiliser des expérimentations ou des services d'un réseau sur l'autre, et de mutualiser ainsi les efforts tout en testant la faisabilité du passage à l'échelle des solutions proposées.

Les responsables des différentes plates-formes doivent cependant définir clairement les modalités d'interopérabilité et la façon dont cette interopérabilité permettra à chacun de compléter ses expérimentations. L'interconnexion devra avoir lieu dans un cadre ouvert, indépendant des contraintes de concurrence. L'interopérabilité devra bien évidemment être étendue au niveau Européen, avec les réseaux qui seront soutenus par la commission européenne ou par d'autres programmes, comme ITEA.

- **Mettre en commun des ressources libres** : pour faciliter les expérimentations et permettre de capitaliser les travaux de R&D effectués dans un cadre ouvert, il sera important de prévoir un moyen de mettre en commun des outils de coopération, des outils logiciels, et des contenus libres de tout droit ou avec des droits qui permettent de les manipuler voire de les modifier dans un cadre expérimental.

- **Organiser le retour d'expérience** au niveau notamment des réseaux coopératifs, pour s'adapter en permanence et éviter de persévérer dans des impasses.



IV.2.3. Susciter des expérimentations sur les plates-formes proposées

L'expérience autour d'Internet montre que l'innovation autour des plates-formes provient souvent de nouveaux acteurs, chercheurs, PME, start-up, qui imaginent, développent et expérimentent des idées nouvelles avec une dynamique très rapide. Il est ainsi important de trouver des solutions pour ouvrir les plates-formes mises en place à ces acteurs, et les aider à monter leurs projets.

De même, l'implication des secteurs des grands utilisateurs et des "métiers" est fondamentale pour assurer un bon couplage entre expérimentations et plates-formes. Une animation est nécessaire pour faciliter l'élaboration par les acteurs de propositions d'expérimentations, et pour faire émerger des idées innovantes.

Pour accomplir cela, et au vu des résultats des expérimentations passées, il est proposé que le groupe de pilotage définisse, en concertation avec des organismes capables de mobiliser les secteurs "métiers" (Fondation Internet Nouvelle Génération (FING), CIGREF, etc.), les modalités des appels à projets "plates-formes", en s'appuyant sur les principes suivants :

- **Définir clairement le type d'expérimentation envisagé.** Trois types d'expérimentation peuvent en effet être envisagés : des expérimentations de technologies non éprouvées, des expérimentations de services sur des technologies nouvelles relativement stabilisées ou des expérimentations de services sur des technologies existantes en déploiement.

Les projets doivent également présenter dès le début : leur but, la cible d'utilisateurs visée, le support apporté, les services déjà prévus, la façon dont sera proposée à d'autres services la possibilité de se joindre, la façon dont la plate-forme pourra être ouverte en cas de succès et interopérer avec les autres réseaux expérimentaux.

- **S'assurer de la représentativité du cadre expérimental avant tous travaux.** Pour les expérimentations technologiques, les caractéristiques testées doivent être identifiées et correspondre aux projets d'expérimentation. Pour les expérimentations de service, les utilisateurs doivent être clairement identifiés, et leur représentativité par rapport aux clients escomptés démontrée (population atteinte, taille de la population, etc.). Les aspects économiques doivent également être pris en compte (politique de prix, etc.). Dans les deux cas, les utilisateurs ne devront pas être partie prenante dans la technologie expérimentée pour garder une indépendance vis à vis du succès de l'expérimentation.
- **Constituer un premier partenariat regroupant d'un côté des offreurs de moyens et de technologies et de l'autre des offreurs de services "métier", si possible différents.** Les offreurs de moyens auront pour responsabilité de mettre en place la plate-forme, de la gérer, mais également d'apporter le soutien nécessaire à l'expérimentation, et en particulier la

formation et l'assistance des utilisateurs du nouveau système et le retour d'expérience. Les seconds expérimenteront les services "métiers" en s'appuyant sur les moyens mis en place.

- **Etendre ce partenariat grâce à un appel ouvert à candidature pour intégrer autant que possible des acteurs émergents avec des idées en rupture (PME innovantes, startups)**
Dans le cadre d'actions précompétitives, il semble important d'ouvrir l'expérimentation à des acteurs qui n'étaient pas prévus initialement dans la mesure où ils apportent une contribution réelle. Ceci peut être fait à l'aide d'un appel ouvert à candidature pour rejoindre le consortium, avec une procédure d'expertise adéquate. Le programme MAGNET, Israélien, utilise déjà un tel mécanisme (voir fiche). Pour éviter les comportements opportunistes, ce programme introduit une durée limitée dans le temps pour pouvoir rejoindre le consortium, et assure une certaine indépendance de l'expertise des dossiers par rapport aux partenaires du projet. Il est également important d'inciter les PME et les start-ups à prendre des brevets autour des technologies innovantes développées au sein des projets coopératifs, ce brevet pouvant être typiquement un résultat commun aux membres du consortium.
- **Une fois le partenariat étendu à d'autres acteurs, "fermer" ce partenariat pour donner un avantage aux acteurs qui se seront déclarés intéressés dès le début du projet.** En effet, une expérimentation n'a de valeur que si elle permet aux partenaires d'acquérir des avantages compétitifs sur les concurrents. Une expérimentation débutera donc par une phase "fermée", dans laquelle le consortium complet, avec les partenaires initiaux et les partenaires qui auront rejoint le groupe, fera ses expérimentations et conservera pour lui les résultats trouvés.
- **S'assurer du retour d'expérience pour l'ensemble des participants, en particulier en termes d'usage (marketing, sociologie, ergonomie, etc.) et en termes économiques.** , essentiellement par retour d'expérience. La façon de conduire ce retour d'expérience doit être prévue dès le début et conduire à des résultats tangibles. Pour des expérimentations de services, le retour d'expérience pourra regrouper des études marketing, sociologiques, économiques, ergonomiques... Le retour d'expérience ne doit pas se cantonner au recueil de données, mais contenir un véritable travail de recherche utile à tous. Ce retour d'expérience devra être accessible à tous au sein du consortium.
- **Ouvrir la plate-forme dans un second temps pour permettre d'autres expérimentations.** En cas de succès, **une seconde phase ouverte pourra être démarrée pour permettre à d'autres acteurs d'expérimenter à leur tour**, et augmenter ainsi le retour d'expérience .

IV.3. Troisième recommandation : mobiliser les moyens nécessaires, et accompagner l'effort en amont et en aval

IV.3.1. Mobiliser les moyens nécessaires

Par rapport aux grands programmes traditionnels, il s'agit ici d'adopter une démarche nouvelle, dans laquelle les acteurs industriels, les opérateurs et les laboratoires publics se mobilisent ensemble pour proposer des initiatives coopératives.

Seul un engagement important de la part de l'ensemble des acteurs, autour de priorités et de moyens clairement affichés, permettra de mobiliser réellement les équipes de recherche et les entreprises innovantes dans les projets coopératifs et dans les expérimentations.

La comparaison avec les programmes d'autres pays montre que l'engagement minimum nécessaire pour revenir dans la course est au minimum de 1,5 à 2 milliards de francs par an pour les projets de R&D coopératifs et pour les expérimentations. Cet effort concerne l'ensemble des acteurs : entreprises, laboratoires publics, et pouvoirs publics.

IV.3.2. Orienter les grands organismes publics (recherche amont, formation, dualité)

Les recommandations de ce rapport concernent les programmes de recherche coopératifs entre laboratoires publics et entreprises. Il est nécessaire, en outre, de mobiliser les grands organismes de recherche en complément des programmes coopératifs pour :

- **lancer dès aujourd'hui les programmes de recherche scientifique en amont** et préparer les ruptures de demain. Il est nécessaire, pour cela, de structurer la recherche publique (CNRS notamment) pour faire face au défi d'Internet du futur, tel qu'il ressort de ce rapport.
- **former les compétences à tous les niveaux** et en particulier mobiliser les établissements d'enseignement supérieur concernés par le domaine pour qu'ils prennent en compte, dans leurs enseignements et leurs recherches, les recommandations du présent rapport.
- **développer une politique de création d'entreprises innovantes**, en accélérant la mise en place un dispositif d'incubation adapté aux enjeux d'Internet (voir ci-dessous IV.3.3)
- Enfin, **exploiter autant que possible l'aspect dual des technologies Internet**, en mobilisant de façon concertée programmes de défense et programmes civil.

IV.3.3. Exploiter la dynamique d'Internet pour mettre en place une politique spécifique de valorisation, de transfert et de création d'entreprises

Pour accompagner l'initiative Internet du futur, il est nécessaire de mettre en œuvre une véritable **politique de valorisation et de transfert des résultats** des programmes coopératifs, avec :

- **Un premier volet en direction des laboratoires de recherche et des dépôts de brevets**, pour inciter vigoureusement tous les laboratoires de recherche publics et privés à déposer, dans le domaine des technologies de l'information et de la communication et notamment sur les sujets relatifs à Internet du futur, le maximum possible de brevets pour valoriser les résultats de la recherche.
- **Un second volet en direction des PME**, pour soutenir l'innovation dans les PME, les faire participer activement aux projets de recherche coopératifs et aux expérimentations, favoriser le transfert technologique des résultats de recherche et des projets coopératifs. Il est indispensable de favoriser les projets en rupture, y compris lorsque ces derniers remettent fortement en question les positions établies, ou présentent un très fort niveau de risque. Compte tenu de leur réactivité, les PME sont en effet souvent plus à même que les grandes entreprises de prendre ce type d'initiative.
- **Un troisième volet pour favoriser l'essaimage et la création d'entreprise** : il est probable que certains projets (normalisation, outils développés au sein de grands groupes en dehors de leur préoccupations « produits » principales, suites de travaux de laboratoires publics...) pourraient, s'il étaient évalués au plus vite, générer des créations d'entreprises de croissance. Par ailleurs, certaines jeunes entreprises en création pourraient, dans des conditions à déterminer, bénéficier d'une participation dans un projet coopératif.

Il semble donc tout à fait essentiel de demander à un groupe de travail spécifique et restreint, en liaison avec les comités d'orientation du RNRT et du RNTL et s'inspirant des initiatives étrangères, de proposer des mesures pour répondre à ces défis. Ce groupe examinera les liens avec les fonds d'amorçage et les incubateurs pour promouvoir l'innovation technologique et favoriser l'accès des start-up et favoriser l'accès des start-ups au marché des utilisateurs.

- **Un quatrième volet pour accélérer l'émergence de la demande en développant l'innovation dans les services d'intérêt général** (médecine, enseignement, culture, défense, relations avec le citoyen, administrations, etc.), et en aménageant la concertation avec les grands utilisateurs.

Annexes 1 à 4 : travaux des groupes de travail

- A.1. Rapport du groupe 1 : Rapprocher l'information de son usage grâce à Internet**
- A.2. Rapport du groupe 2 : Intégrer les flux audiovisuels dans Internet**
- A.3. Rapport du groupe 3 : Favoriser la mobilité et la coopération par Internet**
- A.4. Rapport du groupe 4 : Définir pour Internet des infrastructures adaptées aux besoins et aux usages**

Annexes : travaux des groupes de travail

A.1. RAPPORT DU GROUPE 1 : RAPPROCHER L'INFORMATION DE SON USAGE GRACE A INTERNET	61
MEMBRES DU GROUPE	61
1. INTRODUCTION	61
2. QUELQUES SERVICES	61
2.1. <i>L'INSTRUMENTATION ET LA PERSONNALISATION DES CONTENUS</i>	61
2.2. <i>APPROPRIATION DES CONTENUS ET CREATION DE COMMUNAUTES</i>	62
2.3. <i>LOCALISATION DES CONTENUS</i>	63
2.4. <i>CERTIFICATION DES CONTENUS</i>	63
3. L'EXISTANT ET LES ENJEUX LIES AUX CONTENUS	64
3.1. <i>LES ENJEUX DE L'ECONOMIE NUMERIQUE</i>	65
3.1.4. Qu'est-ce qu'un réseau de télécommunication	65
3.1.2. Comment un réseau se construit-il ?	66
3.1.3. Quelques exemples	66
3.2. <i>LES ENJEUX LIES AUX CONTENUS</i>	68
3.2.1. Contenus, usages, services	70
3.2.2. L'accessibilité des contenus : les enjeux socio-économiques associés	73
4. EXEMPLES DE TECHNOLOGIES EMERGENTES	77
4.1. LES PLATES FORMES DE MEDIATION	77
4.1.1. Le problème	77
4.1.2. Axes d'études	77
4.2. XML	78
4.2.1. Pourquoi XML est-il si important ?	78
4.2.2. Les technologies XML	78
4.2.3. Impact de XML	79
4.2.4. Recommandations	79
5. LES TECHNIQUES A DEVELOPPER	80
5.1. PARTICIPATION A LA NORMALISATION INTERNATIONALE	80
5.2. RECHERCHE INTERDISCIPLINAIRE	80
5.3. INGENIERIE LINGUISTIQUE	81
5.4. GENIE DOCUMENTAIRE MULTIMEDIA ET AUDIOVISUEL	81
5.5. PLATES FORMES DE MEDIATION : UNE EXPERIMENTATION	81
5.6. MEDIATIONS POUR L'ACCES AUX CONTENUS	82
5.6.1. Préconisations : Plateformes d'intermédiation intelligentes	82
5.6.2. Expérimentations : Moteurs de recherche de nouvelle génération	82
6. REFERENCES	83
A.2. RAPPORT DU GROUPE 2 : INTEGRER LES FLUX AUDIOVISUELS DANS INTERNET	85
MEMBRES DU GROUPE	85
INTRODUCTION	85
1. THEMES TECHNIQUES	86
1.1. COMPRESSION, REPRESENTATION	86
1.2. SANS FIL, MOBILITE	88
1.3. RESEAU DOMESTIQUE	88
1.4. CACHES ET SERVEURS VIDEO	89
1.5. TERMINAL	90
1.6. PROTOCOLES IP	91
1.7. TROIS DIMENSIONS	91
1.8. ÉLÉMENTS DE VEILLE & PROJETS CONNEXES	91
2. SERVICES	92

2.1. PREMIER SERVICE : FORMATION	92
2.1.1. Description	92
2.1.2. Vidéo de formation	94
2.1.3. Approches technologiques	94
2.1.4. Éléments de veille & projets connexes	96
2.1.5. Au sujet des méthodes de recherche de document intelligentes	96
2.1.6. Dématérialisation des contenus	97
2.1.7. Technologies clef	97
2.2. DEUXIEME SERVICE : STUDIO DOMESTIQUE	98
2.2.1. Description	98
2.2.2. Approches technologiques	99
2.2.3. Élément de veille et projets connexes	100
2.3. ENVIRONNEMENT VIDEO PERSONNEL	100
2.3.1. Description	100
2.3.2. Approches technologiques	101
2.3.3. Éléments de veille & projets connexes	102
3. PRIORITES IDENTIFIEES	103

A.3. RAPPORT DU GROUPE 3 : FAVORISER LA MOBILITE ET LA COOPERATION PAR INTERNET	105
MEMBRES DU GROUPE	105
1. LES SERVICES	105
2. L'EXISTANT	106
3. LA NORMALISATION	106
4. LA PROBLEMATIQUE	107
4.1. DEVELOPPER ET AMELIORER L'EXISTANT	107
4.1.1. Mobilité	107
4.1.2. Sécurité	108
4.2. CREER LES NOUVEAUX SERVICES CLIENTS-PRODUCTEURS	109
4.2.1. Communication temps réel déterministe	109
4.2.2. Coordination d'activités distribuées	109
4.2.3. Production des outils de support	110
4.3. DEVELOPPER LES EXPERIMENTATIONS	110

A.4. RAPPORT DU GROUPE 4 : DEFINIR POUR INTERNET DES INFRASTRUCTURES ADAPTEES AUX BESOINS ET AUX USAGES	112
MEMBRES DU GROUPE	112
1. PREMIERE RECOMMANDATION	112
1.1. RENFORCER LES ETUDES SUR LES INTERACTIONS DES INFRASTRUCTURES EXISTANTES ET DES INFRASTRUCTURES IP	112
1.2. RENFORCER LES ETUDES SUR LES OS RESEAUX AFIN D'EN FACILITER LEUR PROGRAMMATION.	113
2. DEUXIEME RECOMMANDATION	113
2.1. FAVORISER LA COMPETENCE SUR LES PROTOCOLES ET LE MATERIEL	113
2.2. CREER LES CONDITIONS RESEAUX POUR L'EMERGENCE D'UNE VERITABLE SOCIETE DES « COMMUNAUTES »	114
2.3. ANTICIPER LA RUPTURE SUR LES MODES DE DIFFUSION DE L'INFORMATION	114
3. TROISIEME RECOMMANDATION	114
4. QUATRIEME RECOMMANDATION	114
5. NECESSITE D'UNE PLATE-FORME D'EXPERIMENTATION TECHNOLOGIQUE POUR LA RECHERCHE AVANCEE EN RESEAUX	115

A.1. Rapport du groupe 1 : Rapprocher l'information de son usage grâce à Internet

Membres du groupe

Bruno Bachimont, INA
François Bourdoncle, Ecole des Mines de Paris
Olivier Bomsel, CERN, Ecole des Mines de Paris
Dominique Boullier, Université de Technologie de Compiègne
Patrick Valduriez, INRIA
Laurent Aubertin, France Télécom

1. Introduction

Internet est affaire essentiellement de contenus. Un contenu ne vaut que par le sens qu'il possède pour un utilisateur ou un lecteur, par la valeur d'usage qu'il représente pour ce dernier. Dans ce contexte, un des enjeux liés à l'internet du futur est de considérer dans quelle mesure la technologie influence la valeur d'usage et la signification des contenus pour ceux qui les abordent via internet. Pour cela, ce rapport adopte le plan suivant :

- Exemples de quelques services liés à l'instrumentation des contenus et la valeur ajoutée qu'Internet peut leur apporter ;
- Un bilan de l'existant et des principaux enjeux liés aux contenus ;
- Un exemple de technique fondamentale pour le traitement des contenus : XML ;
- Une conclusion en forme de domaines technologiques à développer.

2. Quelques services

Dans cette section sont présentées quelques suggestions de services liés à l'instrumentation des contenus et leur enrichissement pour et par un usage visé.

2.1. *L'instrumentation et la personnalisation des contenus*

Contexte :

Internet permet d'accéder à des ressources hétérogènes, correspondant à des textes, des images, des sons, des vidéos. Ces contenus peuvent être de volume important si bien que leur exploitabilité par un utilisateur repose sur l'instrumentation fournie avec le document lui-même : table de matière, index, etc. Cette instrumentation du document rend la lecture possible des documents, en même temps qu'elle en impose un parcours et une vision : la table des matières permet de naviguer dans un document textuel, mais impose par la même un point de vue particulier sur ce document.

Service :

L'utilisateur se connecte à une base de contenus vidéos, dans laquelle il navigue à travers une structuration thématique (par lieux, personnages, thèmes, etc.). Il navigue dans un document vidéo : une représentation spatiale du flux à l'écran (par exemple, une ligne temporelle composée d'une imagerie par plan) permet de naviguer dans le flux. Il définit des extraits et se construit un bout à bout à l'aide de ces extraits qu'il télécharge sur son propre disque dur. Les méta données

associées permettent de lui communiquer les droits attachés à chaque document en indiquant comment les régler.

Faisabilité :

Les outils pour segmenter, naviguer, composer de la vidéo se banalisent et sont désormais disponibles dans des outils destinés au grand public à un niveau de performance élevé. Sans prétendre à avoir la qualité des outils professionnels de montage (quoique certains outils sont surprenants), ils permettent d'exécuter dans d'excellentes conditions montage personnel, bout-à-bout, export et import.

Enjeux :

L'instrumentation des contenus correspond à l'accessibilité que le contenu possède dans le cadre d'un système technique qui permet de le manipuler. Par exemple, (cf. infra), un contenu segmenté peut être recomposé par un réordonnancement des segments qui le composent. De même, sa lecture est déterminée par l'ordre des éléments qui le composent et les différentes vues que l'on peut avoir sur lui.

Autrement dit, l'instrumentation conditionne l'intelligibilité des contenus : leur lecture, appréhension et appropriation sont conditionnées par les outils proposés pour les manipuler.

2.2. Appropriation des contenus et création de communautés

Contexte :

Les technologies de type internet reposent sur un modèle symétrique où chaque utilisateur de ces techniques est potentiellement un auteur des contenus qu'il met en ligne et un lecteur des contenus mis en ligne par d'autres. Dans Internet, chaque lecteur peut être un auteur.

Service :

Un professeur d'histoire de terminal accède à une offre en ligne de contenus pédagogiques audiovisuels. Au cours de la consultation qu'il effectue, il se crée un espace de travail privé où il sélectionne des contenus, les annote, les commente, les assemble, etc. Il annote notamment un document sur Staline, en remarquant qu'il explique remarquablement bien la période des purges. Il le monte avec un segment pris d'un autre document sur le MacCarthysme américain, pour donner un contrepoint à la paranoïa soviétique dans le monde libéral. Cet environnement privé et les contenus qu'il a lui-même constitué sont conservés sur le serveur, si bien qu'il peut les retrouver par la suite, quel que soit l'endroit d'où il se connecte.

Un autre professeur d'histoire de terminal se connecte et se constitue un espace de travail. Alors qu'il consulte un document sur Staline, un agent, tenant compte qu'il est un professeur d'histoire de terminal et du contenu du programme d'histoire, lui indique qu'un autre professeur a retenu tel et tel segment, réalisé tel et tel bout à bout, et qu'il en a été très satisfait d'un point de vue pédagogique. L'agent lui propose de le consulter.

Dans une communauté d'archéologues, des vidéos de chantiers sont apportées par les archéologues sur un serveur central, qui leur permet de l'indexer et le segmenter pour le rendre consultable dans la base. Un archéologue apporte une vidéo que ses collègues trouvent particulièrement percutantes et exemplaires. Ils l'annotent en ce sens : progressivement se dégage sur le serveur un contenu de référence. Ce contenu peut alors donner lieu à une édition off line sur DVD qui devient une référence dans le domaine : le travail auquel on se confronte pour l'écriture d'article, le document que l'on commente en cours.

Faisabilité :

La difficulté est de pouvoir proposer des outils permettant à des utilisateurs experts de leur domaine mais pas forcément experts en TIC d'annoter, segmenter, bref instrumenter des contenus sur un serveur. Une seconde difficulté est d'assister l'émergence de contenus communs, c'est-à-dire possédant une valeur de référence dans une communauté. Les éléments technologiques pour réaliser ces outils existent : indexation automatique, terminologie,

technologies agents, etc. L'intégration des ces outils pour remplir ces services restent à expérimenter.

Enjeux :

L'enjeu est que les outils internet soient des vecteurs de communautarisation, en reposant sur la valeur ajoutée que les utilisateurs finals peuvent eux-mêmes injecter dans les documents proposés en ligne. Les utilisateurs, retrouvant dans la base l'intelligence qu'ils ont eux-mêmes apporter, retrouvent également celle des autres, et peuvent communiquer sur cette base. L'enjeu est par conséquent de proposer des outils pour une communauté ciblée pour qu'elle s'objective autour de contenus communs et partagés.

2.3. Localisation des contenus

Contexte :

La mise en réseau de contenus reste essentiellement l'affaire d'opérateurs et de fournisseurs « universels » qui tentent à atteindre le plus grand nombre, en prenant le plus petit dénominateur commun. Une autre approche est de pouvoir concerner un petit nombre avec des contenus qui leur sont spécialement adressés.

Service :

Un professeur de sciences de la vie et de la terre recherche des vidéos sur les champignons que l'on peut trouver dans la forêt à côté de chez lui pour organiser et préparer une sortie avec ses élèves. Un professeur d'urbanisme recherche des vidéos des monuments et agglomérations de son secteur géographique pour organiser une étude de cas avec ses étudiants.

Faisabilité :

C'est l'aspect communauté géographique alors que le service précédent est la communauté thématique.

Enjeux :

L'enjeu est de créer une offre de service adaptée aux spécificités d'un lieu ou d'une région. Cette offre vient contrecarrer les offres universelles des grands opérateurs. Il s'agit de créer de la cohésion sociale et régionale par un outil parlant d'autant plus à ceux auxquels il est destiné qu'il ne parle pas aux autres.

2.4. Certification des contenus

Contexte :

Phénomène bien connu, le Web propose un déluge d'information. Comment savoir déterminer dans cette masse et cette profusion la bonne information, l'information fiable ou pertinente ?

Service :

Un étudiant recherche un cours sur le traitement du signal. Il se connecte sur le site de son université où son professeur propose des sites dont il commente l'intérêt. Un protocole de certification permet au moteur de recherche d'ordonner les recherches d'information en fonction de labels attachés aux contenus décernés par des institutions. Par exemple, les universités labellisent les documents du savoir, les facultés de médecine les conseils et vade-mecum pour les particuliers, etc. Le protocole est conçue de manière générique pour qu'une communauté X puisse élaborer ses propres labels si bien que l'on puisse faire des recherches sur le Web sur les contenus labellisés par la communauté X.

Faisabilité :

Il s'agit de pouvoir définir dans le format documentaire d'un document un label et son origine, dans un format normalisé pour les moteurs de recherche.

Enjeux :

L'enjeu est d'une part de pouvoir hiérarchiser l'information glanée sur le Web en fonction de sa pertinence. Evaluer une pertinence de manière automatique sur la seule base de l'analyse du contenu est hasardeux, comme le montre le Web actuel. Cette évaluation est également opaque et sa rationalité échappe, notamment dans le cas du ranking par popularité (cf. infra). La certification explicite permet de rendre plus transparente la hiérarchisation des contenus, en indiquant de quel point de vue la labellisation est effectuée. Pour l'utilisateur, on indique la légitimité de la labellisation est évaluable parce qu'assignable.

3. L'existant et les enjeux liés aux contenus

La question des contenus et de leur rapprochement de l'usage consiste essentiellement dans la possibilité d'instrumenter techniquement les contenus de manière à les rendre appropriables dans le cadre d'usages donnés. L'appropriation se définit au carrefour de deux problématiques complémentaires :

- Une *problématique économique et industrielle* concernant la dynamique propre au secteur numérique ; le jeu des acteurs en présence et les tendances industrielles peuvent s'analyser autour d'un même principe : comment attirer les clients qui rémunèrent un service, et comment les conserver ? Le problème est alors de caractériser le service de manière négative, c'est-à-dire ce qu'il en coûte pour un client ou un utilisateur de ne plus recourir à un service dont il a auparavant bénéficié.
- Une *problématique sur les contenus et les usages* permis par leur instrumentation, dans la mesure où l'innovation du secteur numérique dans son ensemble est de pouvoir matérialiser les contenus, textes, images, sons, vidéos, en une forme éditable, diffusable, consultable, etc. Le service doit alors se caractériser par rapport à sa pertinence au contenu, les usages qu'il permet, les outils qu'il requiert.

L'idée maîtresse est donc que la question des services et des contenus est traversée par deux *tendances* fondamentales qui sont :

- Une tendance économique et industrielle de capture du client ou de l'utilisateur pour le conserver dans le cadre de services rémunérateurs ;
- Une tendance technique d'instrumentation des contenus qui permet de manipuler et transformer les contenus automatiquement ou semi-automatiquement à travers des outils.

Le numérique confère une dimension supplémentaire à ces deux tendances dans la mesure où il permet une systématisation radicale et une indépendance forte par rapport aux supports physiques. Ainsi, le numérique implique-t-il que la question essentielle de l'économie et de la technique est désormais la *gestion des actifs informationnels et intellectuels*. Puisqu'un contenu n'est plus verrouillé sur un support physique particulier, la maîtrise des supports n'est plus la donnée fondamentale. Désormais, ce sont les capacités de traiter et transformer une information (dimension technique et sémiotique) pour un utilisateur (dimension économique et culturelle).

3.1. Les enjeux de l'économie numérique

Internet est à la fois le produit et le vecteur de diffusion des Technologies de l'Information. Son extension résulte de la conjonction d'innovations à la fois techniques et économiques. Cette dualité est au cœur du processus de diffusion des TI : 1) les TI sont porteuses de gains de productivité immenses, d'abord dans la gestion des réseaux, et 2) ces gains de productivité attirent de nouvelles firmes qui, pour les diffuser, doivent s'affranchir des réseaux historiques.

De là, des mécanismes nouveaux d'émergence de firmes et de technologies, de concurrence et de partenariat entre opérateurs de réseaux. Cette note se focalise sur la dimension économique de ce double processus.

3.1.4. Qu'est-ce qu'un réseau de télécommunication

Au plan économique, un réseau est un marché captif, autrement dit un marché sur lequel le client paye un coût de sortie. Ce coût de sortie (*switching cost*) dépend du mécanisme de *verrouillage* (on dit aussi de fidélisation, de capture) par lequel la firme qui détient le réseau établit son exclusivité.² Un réseau est généralement constitué d'un support physique (de tuyaux) et d'une clientèle captive engendrant des flux informationnels : l'un et l'autre se combinent dans le capital de la firme. Nous allons voir dans la suite quelques exemples illustrant les relations existant entre support, clientèle et verrouillage.

Historiquement, les premiers réseaux sont apparus avec les *systèmes* d'infrastructures, dont l'intensité capitalistique, la gestion industrielle et les bénéfices économiques engendraient des monopoles naturels. Réseau et infrastructure étaient alors synonymes de biens collectifs. Du temps des opérateurs historiques de télécoms, le *système* et la firme étaient confondus: le *Bell System* en est le meilleur exemple. Le verrouillage était technique, économique et réglementaire : la compatibilité, l'effet de club et la contrainte de service universel fondant les monopoles publics rendaient, pour l'utilisateur, le coût de sortie infini. On retrouve ce type de verrouillage dans d'autres *utilités* comme l'eau, l'électricité, les chemins de fer, avec toutefois, des coûts de sortie plus faibles.

Dans une banque de réseau, c'est l'historique de la relation entre client et banquier qui sous-tend l'efficacité de la prestation bancaire³. Pour optimiser sa marge et minimiser son risque (sur la vente d'un crédit par exemple), le banquier doit connaître le mieux possible les antécédents de son client. On en déduit que la transmission de ces informations à une autre banque a, pour le client, un coût (coût de transmission, perte d'efficacité bancaire), d'où l'effet de réseau. On peut parler ici d'un verrouillage informationnel. Ce verrouillage est un processus dynamique qui s'enrichit de toutes les relations entre le client et le fournisseur de services, dès lors que le fournisseur est capable de valoriser ces informations en ventes additionnelles et rétrocession d'avantages au client. On le retrouve dans la plupart des réseaux de services, qu'il s'agisse de distribution, d'assurance, de transport, de médias et bien sûr, de télécoms. Il se traduit par des exemptions de frais de découvert, des rabais personnalisés, des vols gratuits, des primes de club, élevant le coût de sortie du client fidélisé.

Historiquement, les réseaux bancaires s'appuient sur des infrastructures physiques (les guichets) employant du personnel en charge de la relation client : identification de besoin et vente du service. Ce dispositif entraîne une organisation industrielle spécifique, des chaînes de commandement et de contrôle, des conventions collectives. Cette base est désormais menacée par les TI qui proposent d'autres formes d'interface client (centres d'appels, banque en ligne) aux coûts d'exploitation inférieurs et aux méthodes de traitement de l'information plus systématiques.

² Shapiro et Varian (1999) page 11.

³ Lloyd Darlington (1999).

Le verrouillage peut donc être rompu par les gains de productivité affectant le réseau. La concurrence ouverte par le commerce électronique repose sur des structures de coûts allégées pour la construction et l'exploitation de réseaux permettant bien souvent, plus efficacement que par l'interface physique traditionnelle, d'établir un verrouillage informationnel.

Ainsi, l'industrie des logiciels a-t-elle su depuis longtemps, par le formatage des données et l'apprentissage de l'utilisateur, créer des coûts de sortie élevés sans liens exclusifs avec un support physique. Le verrouillage y résulte d'un effet d'adoption, lequel permet d'expliquer le succès de Microsoft et la prolifération des logiciels libres.

3.1.2. Comment un réseau se construit-il ?

Comme n'importe quel actif industriel, par accumulation de capital. La nouveauté fondamentale est que la dimension informationnelle (numérique) de l'actif peut donner lieu à une accumulation ultra-rapide. Avec des coûts marginaux nuls, il suffit de faire circuler un produit numérique sur la toile pour capturer des utilisateurs. Ces utilisateurs verrouillés deviennent alors l'actif principal de la firme, laquelle peut l'échanger pour s'interconnecter ou racheter des actifs physiques.

Cette accumulation informationnelle (ou numérique) constitue à nos yeux l'innovation économique fondamentale associée à Internet. Même si les pratiques de capture (échantillon, carte de fidélité, de cadeaux de bienvenue...) existaient déjà dans le monde analogique, Internet permet leur extension industrielle et leur personnalisation à une échelle radicalement nouvelle.

De là résultent des possibilités renouvelées de contournement des réseaux traditionnels. Les systèmes de verrouillage physiques, techniques et réglementaires qui protégeaient ces réseaux peuvent être attaqués. Le développement du standard MP3 contre les détenteurs de catalogues musicaux en est un bon exemple. Les réseaux dans lesquels étaient insérées toutes les firmes affrontent donc une concurrence nouvelle.

Mais inversement, les nouveaux actifs informationnels ont besoin d'infrastructures, de tuyaux, lesquels ont eux aussi besoin de trafic. De là des possibilités totalement inédites d'interconnexion, de peering, d'alliance ou de fusion entre réseaux. Ce nouveau champ fait apparaître des stratégies de spécialisation ou d'interconnexion (portails) originales qui bouleversent les schémas d'affaires (business models) traditionnels.

Le système financier américain a suivi ces processus en temps réel et s'est rapidement adapté. Il a donné aux nouveaux entrants les moyens financiers de se constituer le capital informationnel lié à la capture de clientèle. Grâce à cela, les nouveaux entrants sont apparus à la fois comme des innovateurs (des pionniers) et des apporteurs d'affaires. Ce processus qui n'a rien d'une bulle financière est loin d'être achevé. Mais l'Europe et singulièrement la France n'en a pas encore conscience : il n'y a pour l'instant aucune firme française dans les listes des 100 premières compagnies actives sur Internet.

3.1.3. Quelques exemples

Les exemples sont légion. Ils alimentent quotidiennement sur les grands portails d'information (Wired, Business Week, LA Times, ft.com, thestandard.com, etc.) la chronique de l'économie numérique. Citons pour mémoire :

- la saga de Microsoft, accusé désormais d'être le nouveau Bell System,
- les success stories de Worldcom/MCI, de Dell, d'Amazon.com, basées sur la valorisation du réseau de clients et l'intégration progressive dans les tuyaux (voir encadré ci-dessous),
- les dynamiques de portail de Yahoo, AOL/Netscape et en France, de Voilà

- la diffusion, malgré l'opposition des grands labels, détenteurs des catalogues musicaux historiques, du standard numérique MP3, dans une logique d'interconnexion avec les grands portails du Web.

Ces exemples sont bien connus aux Etats-Unis. Ils sont maintenant étudiés par les économistes, les politiques et les analystes financiers. Ils sont encore, hélas, largement ignorés en France excepté par quelques grandes firmes de réseau (FT, PPR, LVMH, TF1 ...) qui commencent à peine à investir dans Internet. Parmi les exemples les plus visibles, celui de FT s'appuyant sur son exclusivité de desserte de la boucle locale pour valoriser à travers Wanadoo et Voilà les actifs informationnels de son fichier client.

Ces exemples nous indiquent en particulier que tout point d'entrée d'un acteur économique sur le Net peut le conduire à prendre position sur les créneaux porteurs et notamment sur les points de passage obligés que tentent de devenir les portails. La prolifération des tentatives de portails doit aussi indiquer qu'il y aura nécessairement de la casse et peu de survivants si tous suivent les mêmes modèles. A l'heure actuelle, deux business models différents sont en lice : celui des carteurs et celui de la télévision. Dans le premier cas, il s'agit -comme pour les cartes offertes par les grands distributeurs ou d'autres- de fidéliser une clientèle et surtout d'exploiter le capital que représentent les profils utilisateurs pour proposer à la vente des produits associés, définis à partir de modèles clients. Dans le second cas, il s'agit aussi de fidéliser les clients mais surtout d'exploiter cette fréquentation pour faire rémunérer son portail par la publicité, ce qui est le cas dominant dans l'économie actuelle du Net. Pourtant, ces deux business models sont particulièrement classiques et directement hérités de traditions existantes. Il est fort probable que les deux buteront sur un problème de logistique pour le premier et de saturation des publicitaires pour le second (l'efficacité des mesures d'audience devenant cruciale pour relativiser les performances de ce type de médias). Le soutien à des business models différents peut devenir stratégique. Il faut en effet se souvenir que le Minitel n'a vraiment démarré qu'à partir du moment où tous les acteurs ont pu trouver une forme de rémunération grâce au système kiosque. La tradition de gratuité du Net est actuellement maintenue artificiellement en vie par l'intervention massive de la publicité et par l'acceptation d'une absence de rentabilité des entreprises créées : cette situation ne pourra durer longtemps.

Amazon Asks: Why Shop Anywhere Else?

Books, videos, music, toys, electronics and auctions weren't enough. Now, the Web's leading retailer is opening a mall.

By Lisa Shuchman and Bernhard Warner

Amazon.com (AMZN) wants to sell you, well, everything. Having already expanded from books into CDs, videos, toys, consumer electronics and auctions, the company announced plans last Wednesday to create an online megamall called zShops.

Wall Street seemed to like the idea. Even as the market swooned overall, Amazon.com shares soared 23 percent on the news, adding a cool \$5 billion to its market capitalization.

The day after, America Online (AOL) issued a press release announcing that it now counts 11 million shoppers on its service, 5 million of whom are repeat buyers. The timing of AOL's "news" was no coincidence. While Amazon was getting all the attention, AOL wanted to remind the Street that it already has a big stake in the online shopping field.

But there's a key difference between AOL's approach and what Amazon.com plans for zShops. To be an AOL retailer, you have to pony up big bucks, in some cases millions of dollars. Amazon, by contrast, is charging merchants only \$9.99 a month, plus a cut of sales.

"This is all about finding what you want and saving time and money," says Amazon's founder and CEO, Jeff Bezos.

The creation of zShops is just the latest in a string of moves by Amazon to become the biggest retailer on the Web. The company has both steadily expanded the range of merchandise it sells and invested in other retailers, including Drugstore.com and Pets.com.

With zShops, Amazon.com will add thousands of items to its site inventory without a large additional investment in infrastructure. Merchants of any size will get the chance to pay the monthly fee to sell up to 3,000 items. It's an opportunity available to even the narrowest seller: An individual can list a single item for two weeks for just 10 cents. That suggests Amazon wants to be not just a mall, but also a classified-ad network.

When an item is purchased, Amazon will take a cut from the seller: 5 percent for anything under \$25, 2.5 percent for items between \$25 and \$999, and 1.25 percent for higher-priced items. Sellers can have Amazon handle credit card processing for an extra 4.75 percent.

The company touts the new program as a way for merchants to find customers who already actively shop the Net. Jaleh Bisharat, Amazon's VP of marketing, says the site will offer target marketing to retailers by categorizing items for sale and linking them for customers. For example, someone buying a Middle Eastern cookbook through Amazon.com might see a link to a zShop seller offering Middle Eastern spices, she adds.

"We've been saying that we want to become the best shopping destination on the Internet," Bisharat says. "This gets us a whole lot closer to that goal."

It's not clear whether Amazon's new venture will hurt AOL's shopping sites. But it is possible frugal companies looking to experiment with promoting their new e-commerce sites this holiday season might choose Amazon.com over AOL, since it's cheaper and the terms are more flexible. "The \$9.99 fee is for the average Joe," says Lauren Cooks Levitan, an analyst with BancBoston Robertson Stephens. "If you want to own a category, you'll have to pay for it. It'll be the AOL model all over again."

Big companies might also take a second look at their deals with AOL in light of Amazon's new plan. OfficeMax (OMX) , for instance, has marketing arrangements with AOL, Lycos (LCOS) , LinkShare and others, but it's also a charter zShops merchant. "The flexibility of the offer is pretty good," says Steve Baisden, an OfficeMax spokesman.

There's nothing new about building an online mall. Though AOL draws the most attention from marketers, the big portals such as Yahoo (YHOO) , MSN and Lycos also offer online malls. Yahoo Stores has been up for over a year, and so far has had little impact on the size of AOL's marketing deals.

But Amazon has something others don't: a database of 12 million customers with a demonstrated willingness to spend money online. When it comes to attracting merchants, that's zShops' biggest advantage. Already, Amazon has signed on Garden.com and direct-mail apparel firm Sundance Catalog, among others.

The biggest challenge for zShops will be to attract top-tier name brands. And therein lies one of the biggest dangers for the new shopping site: Unless it can promise a full range of merchandise, zShops' appeal will be limited and could potentially hurt Amazon.com's credibility. That, Levitan warns, "could destroy the Amazon brand."

Article intégral : <http://www.thestandard.com/articles/display/0,1449,6751,00.html?1447>

3.2. Les enjeux liés aux contenus

Par contenus, il faut entendre toute inscription sur un support matériel qui puisse se comprendre et s'interpréter comme délivrant un sens ou signification pour une personne ou une communauté. Un contenu se définit donc par :

- Une forme sémiotique interprétable ;
- Un support matériel permettant de véhiculer cette forme.

Ces deux aspects ne sont pas indépendants : un support matériel propose des possibilités de manipulation qui ne sont pas neutres pour une appréhension du contenu. Ainsi, la mise au point du *codex* (forme actuelle de livre comme ensemble de feuillets reliés par la tranche) a-t-elle permis l'élaboration d'outils de lecture exploitant les possibilités d'accès direct à une feuille ou page donnée : ce sont ainsi les index, les tables des matières, les concordanciers, etc. Ces outils résultent des propriétés physiques du support matériel et créent les conditions d'accessibilité à l'interprétation du contenu. Sans accès direct et sans la possibilité d'avoir une confrontation synoptique de différents éléments de contenus, pas de travail et d'élaboration de connaissance entre les contenus, par exemple, pas d'anthologie, de littérature comparée, de tables de mesures, etc.

Le numérique ne modifie pas cette influence du support. En effet, le numérique est lui-même un support d'inscription, dont les propriétés modifient les conditions d'accessibilité au contenu. Ce ne sont donc plus les contraintes liées à un support comme le papier ou le livre qui s'exercent sur le contenu, mais les contraintes liées d'une part au calcul et d'autre part à la reconstruction sur des supports de lecture comme l'écran ou le papier imprimé des contenus.

Cela est particulièrement visible dans les problèmes liés aux formats documentaires. Si l'on prend l'exemple de XML, repris plus bas, XML propose les éléments suivants :

- Le contenu, en général textuel, est codé dans le cadre d'un alphabet Unicode ;
- La structure est marquée dans le document avec des balises déclarées syntaxiquement ;
- Il est possible de manipuler automatiquement les balises pour par exemple valider un document, l'échanger et surtout le transformer : extraire automatiquement une table des matières, construire un nouveau document contenant toutes les introductions ou définitions, etc. ;

Il s'agit là de la calculabilité du document, et des manipulations prescrites non par le document lui-même et son contenu, mais par le format documentaire. XML rend les documents calculables.

- Le document, ainsi codé et manipulé, dans le cadre des calculs effectuels dans le format XML, peut être aussi transformé pour être affiché à l'écran ou imprimé sur le papier : des feuilles de style, dont le format est spécifié dans XSL, permet de contraindre la manière de reconstruire le document sur écran ou papier.

Ces feuilles de style doivent prendre en compte les contraintes exercées par l'écran ou le papier pour l'appréhension du contenu.

L'enjeu qui se dégage est que l'accessibilité au contenu est conditionné par le format qui prescrit la calculabilité du document, et par conséquent des opérations de transformation que l'on peut effectuer pour le consulter, le produire, l'échanger et le distribuer.

Lié à cet enjeu correspond le fait que le format peut être en adéquation plus ou moins grande avec le contenu qu'il rend manipulable et calculable. Pour reprendre l'exemple de XML, XML prescrit, dans sa continuité avec SGML, que les documents soient structurés de manière arborescente. Autrement dit, les unités que l'on marque dans le document doivent être emboîtées les unes dans les autres à la manière d'un arbre. Ce point de vue reflète la préoccupation initiale de ce type de format, à savoir de systématiser la production des documents. En revanche, il se prête moins à la description du contenu des documents : par exemple, dans un document audiovisuel, les séquences sonores chevauchent fréquemment les séquences visuelles ; décrire un document textuel par sa pagination (par exemple, les références des grands textes comme les discours platoniciens, les textes de Husserl, par exemple se font à partir d'une édition papier de

référence) n'est pas compatible avec la structuration logique du document (une section peut commencer sur une page et terminer sur une autre).

Par conséquent, l'enjeu est de pouvoir concevoir des normes de structuration et formatage des documents qui créent les conditions appropriées de consultation et d'accès au sens. Le risque peut être :

- Des secteurs de la culture non pris en compte par ces outils deviennent ignorés ;
- Les outils créés sont délaissés et l'enjeu alors économique et industriel lié est manqué.

Le risque est par conséquent le naufrage culturel et le naufrage économique, les deux n'étant pas incompatibles, comme le voit se dessiner pour le moment :

- Les normes documentaires correspondent essentiellement à des offres technologiques anglo-saxonnes (Microsoft se pose comme un leader de la technologie XML par exemple), et le secteur économique et industriel français en est quasiment absent ;
- Ces contenus se prêtent mal l'exploitation des contenus culturels comme l'audiovisuel, les grands textes, etc., si bien que l'hégémonie économique peut s'accompagner de paupérisation intellectuelle.

Autrement dit, le risque est de faire gérer nos actifs intellectuels par des outils créés par d'autres, avec des objectifs différents.

3.2.1. Contenus, usages, services

Ces termes sont souvent utilisés de manière interchangeable, ce qui crée des confusions fâcheuses. Il convient de les distinguer :

- Un contenu, selon la définition proposée plus haut, est une forme sémiotiquement interprétable (i.e. qui fait sens pour quelqu'un) inscrite sur un support matériel (papier, écran, numérique). Une interprétation ne correspond pas a priori au sens inscrit par un émetteur : elle est toujours récréation. Elle prend des formes culturelles et sociales que l'on peut identifier selon des groupes d'appartenance divers : c'est un usage interprétatif.
- Une utilisation correspond à la manipulation et à l'opération (moyens et fins) que fait un utilisateur d'un outil qui lui est proposé. Une utilisation effective ne correspond pas nécessairement à l'intention des concepteurs de l'outil, ni aux utilisations qu'ils ont envisagées. Le propre de l'utilisation effective est d'être une réinvention. Cette utilisation prend des formes particulières selon les groupes d'appartenance, l'expérience : c'est un usage opérationnel, une façon de faire.
- Un service est un usage prescrit , « packagé » dans une offre rémunérée. Souvent, un service correspond à la matérialisation d'un usage constaté ou d'une attente dans une offre d'ordre économique (marchande serait plus clair). Il doit être capable de mobiliser l'attention des acteurs jusqu'à un acte d'achat. Pour cela, des ressorts forts différents des simples fonctionnalités ou avantages du produit doivent être actionnés. Les différences culturelles s'expriment ici totalement malgré la standardisation des systèmes techniques. La capacité à susciter cette attraction relève d'un autre savoir-faire que celui des ingénieurs-concepteurs.

De cette déconstruction, doit apparaître la nécessité dans tous les projets du futur d'intégrer des compétences plus diverses pour assurer une chance de succès aux innovations, surtout lorsqu'elles sont proches de la mise sur le marché.

L'attention portée aux usages et donc à la diversité socio-culturelle des interprétations, des utilisations et des « attractions » doit permettre de limiter les difficultés d'acceptabilité de ces nouveaux outils ou services.

Mais plus encore, elle peut être une base pour imaginer les services du futur autour de deux axes : les communautés et la subjectivité.

3.2.1.1. Les communautés.

Il est en effet possible de réinterpréter les services propriétaires et les portails comme des tentatives de structuration du public, avec une présélection de sites ou d'offres adaptées à certaines catégories particulières. Cette segmentation de l'offre va dans le sens d'un renforcement de l'usage de type « communautaire » du Net, contrairement au modèle de l'information totale et indifférenciée qui est celui vanté dans le surf généralisé. Les listes de diffusion, les forums spécialisés, les intranets, les outils de groupware et toutes les applications qui mettent en relation des correspondants, soit identifiés comme tels, soit repérés par des traits sommaires qu'ils partagent, sont des indices de ce que peut devenir le Net et surtout des applications infinies qui peuvent être issues de ce genre d'offres. Une des voies de développement peu exploitée et surtout très dépendante des contextes locaux, c'est bien le réseau comme outil « communautaire » ou « coopératif ». L'universalité du réseau reste en toile de fond, mais elle ne peut plus être opérationnelle car elle finit par faire masse (informations, cohabitation dans les chats, etc.). La seule solution pour rendre cet espace vivable durablement et pour inventer de nouveaux services, c'est de miser sur les appartenances multiples des internautes potentiels, sur la constitution de services non génériques mais ciblés sur des communautés précises, voire même enracinés dans des activités locales. Contrairement à ce que l'on pense souvent, il n'y a aucune contradiction entre mise en réseau et localisation : c'est au contraire dans ces rencontres et dans ces services matériels que peut se développer une quantité d'innovations de service qui pourraient prétendre à l'extension s'il y a lieu. Ce qui veut dire que l'information qui a vraiment de la valeur, ce n'est pas l'information universelle, c'est celle qui est située, contextualisée et dont la validité est limitée par son caractère local. Plutôt que de chercher à tout prix, comme l'ont fait les services américains jusqu'ici, à écumer tous les services qui peuvent être délocalisés et standardisés, il faut creuser la piste des services particularisés et des niches, ce que le réseau permet aussi. C'est pour cela que le droit d'entrée des services de vente en ligne sur des territoires non américains est élevé car il faut être capable de localiser tous les services : même Amazon.com doit s'allier localement avec des opérateurs européens pour espérer pénétrer ce marché. Les créneaux porteurs seront précisément là où les droits d'entrée sont élevés pour des opérateurs généralistes, une information locale, pratique, adaptée et prolongée par une logistique sur le terrain qui soit performante. Ce n'est pas un hasard si des médias comme Ouest-France font tout leur possible pour récupérer toutes les associations de tous ordres dans leurs filets pour devenir le vecteur de leurs réseaux d'informations interne ou public : ces informations-là, aucun généraliste ne peut les créer.

Il en est de même pour toutes les technologies coopératives, situées dans les entreprises ou les organisations en général, qui font le quotidien culturel de millions de personnes, qui par ailleurs ne surfent plus tant que ça sur le Web. Ce sont des arrangements locaux, spécifiques à des entreprises en termes de contenus. En revanche, les types de service et les outils pour les implémenter peuvent avoir des caractères génériques : il reste encore des avancées à faire dans ce domaine logiciel, qui peuvent se greffer sur des plate-formes existantes comme Notes ou qui peuvent adopter des principes plus ouverts. Des produits comme Gingo (les arbres de connaissances) ont été repris par Lotus pour faire partie de leur offre, et sont développés par une entreprise française, Trivium. Nous avons autant besoin d'innovations de ce type que de projets de nouveaux tuyaux ou de services génériques déjà mis en place aux Etats-Unis, qu'il suffirait de copier, croit-on. Internet peut alors être conjugué comme le carrefour des intranets communautaires innombrables qui peuvent être créés dans des espaces locaux extrêmement

divers, ce qu'on pourrait appeler en reprenant le terme d'un géographe, J. Viard, un monde d'archipels.

3.2.1.2. Le subjectif.

Dans le même sens, il faut prolonger la réflexion sur la désorientation constatée sur le Web et sur le caractère universel de l'espace informationnel ainsi créé. Si la valeur d'une information est constituée par l'interprétation qui en est produite, la logique de stockage qui domine dans l'univers du Web ne peut que conduire à la désorientation et aussi à une absence de valorisation à terme. Les moteurs de recherche les plus sophistiqués buteront toujours sur cette difficulté : l'interprétation ne sera pas facilitée par une indexation plus fine, que ce soit information par information ou dans l'univers informationnel en général. Faire le pari d'une universalité des ontologies qui organisent cet univers de significations, c'est à coup sûr préparer sa défaite. Il n'y a pas d'interprétation indépendante des autres interprétations : toute donnée est déjà le résultat d'une mise en forme faite par d'autres. La capacité d'une information à trouver sa pertinence dépend non d'une validité en soi mais de la parenté entre les univers de référence et les grilles d'interprétation des interprètes successifs (chaînage fait de trahison , de traduction , cela va de soi mais cela fait précisément la valeur ajoutée de ce chaînage lui-même). Le fantasme ou l'idéologie de l'universalité de l'indexation et partant de grilles d'interprétation de contenus toujours plus vastes, doivent être remis en cause.

On peut voir au contraire émerger dans les offres actuelles des phénomènes qui mettent sur la voie pour sortir de cette impasse. Un site comme Amazon.com se sert des actes d'achat de ses clients pour indiquer à chaque nouvel acheteur ce que d'autres qui ont acquis le même livre, par exemple, ont acheté : effet d'appartenance dont la pertinence se vérifie assez souvent. Plus encore, ils font appel aux critiques (bonnes ou mauvaises) des lecteurs. Il s'agit là d'orienter des choix de façon non plus objective ou universelle mais de façon explicitement subjective. Or, c'est précisément ce qui rend possible le choix, ce qui permet que s'enclenche l'interprétation.

En généralisant cette observation, on peut prétendre que l'indexation de toute base de données ne prend sens qu'à la condition que des traces d'une interprétation soient déposées dans ou sur le document. Les documentalistes font en fait ce travail sans le dire quand ils font des fiches documentaires. Il faut aller beaucoup plus loin et considérer que l'univers informationnel démesuré que constitue le Net ne peut être « appréhendé » qu'à la condition de bénéficier d'un guide, non pas seulement automatique ou universel , mais subjectif, localisé, identifiable. C'est parce que mon collègue me signale tel site que j'y vais et non par une recherche automatique dans un monde de connaissances pures.

Ce point de vue fort est à la fois théoriquement fondé, empiriquement observé à travers les signes évoqués de réintroduction de la subjectivité, et il est aussi industriellement et commercialement intéressant. C'est bien la mise en réseau des subjectivités qui sera la condition de mise en réseau des connaissances. Pour cela, il faudra des outils qui n'existent quasiment pas et qui sont déjà préfigurés par les outils d'annotation, qui permettent de générer des traces personnalisées, sans pour autant altérer le document initial et surtout qui peuvent servir de balises à des lecteurs futurs. La capitalisation de connaissances n'est pas seulement un enjeu dans certaines industries, elle est au cœur du dispositif qui donnera sens au Net dans l'avenir. Ce secteur d'innovation suppose un point de vue beaucoup plus relativiste quant aux informations mais il ouvre en même temps la porte à des niches infinies de valeur ajoutée , où les effets d'échelle ne sont plus les seuls critères de production de marge, contrairement à ce qui se passe actuellement.

Communautés et subjectivité sont apparemment fort éloignées des modèles industriels fondés sur la standardisation, l'objectivité, l'universalité. C'est pourtant une autre ère industrielle qui est inaugurée par le Net et les seules pistes de la personnalisation des systèmes de vente en ligne ne sont que de pauvres ébauches de ce qui s'y joue. Les réflexes de développement calqués sur ce qui se passe aux USA ou sur une extension infinie du monde des données ou de la capacité

agrégative de sites du type portails, reposent sur une vision massifiante qui est totalement étrangère au potentiel du réseau.

3.2.2. L'accessibilité des contenus : les enjeux socio-économiques associés

Le développement considérable qu'a connu Internet ces dernières années, notamment à la suite de l'apparition du World-Wide Web, a conduit à une croissance exponentielle du nombre d'utilisateurs du réseau mais aussi à une croissance exponentielle du nombre de textes accessibles aux utilisateurs. Des quelques centaines de milliers de pages de texte accessibles en 1993, début de l'Internet grand public, le stock d'information sur Internet atteint presque le milliard aujourd'hui dans plus de 100 langues différentes, avec un taux de croissance de 6% par mois et 1% de documents modifiés chaque jour. Il est donc devenu impossible de naviguer sur cet océan de données et de localiser l'information souhaitée sans des outils appropriés. C'est ce qui a très rapidement motivé le développement d'outils d'aide à la navigation comme les annuaires de type Yahoo! (www.yahoo.com) ou Nomade (www.nomade.fr) et les moteurs de recherche, de type Voilà (www.voila.fr) de France Télécom ou AltaVista (www.altavista.com), les premiers adoptant une approche « manuelle » à forte valeur ajoutée éditoriale (de type « Pages Jaunes ») et les seconds apportant une réponse plus « technologique » basée sur des outils informatiques beaucoup plus puissants (et en particulier plus exhaustifs) mais sans intelligence particulière.

Un temps stars de l'Internet, les outils de navigation se sont fait voler la vedette en 1998 par la notion de « portail » (ou *portal* en anglais.) Il y a à cela une explication simple : le caractère incontournable des outils de navigation a fait de ces derniers, dans un contexte de plus en plus commercial, de formidables produits d'appel, capitalisant plusieurs dizaines de millions d'*eye balls* (littéralement, de globes oculaires, c'est-à-dire d'utilisateurs) par jour. D'où l'idée naturelle, au-delà d'une simple valorisation par affichage publicitaire, de transformer les sites de navigation en véritables « galeries marchandes », en essayant de proposer à l'utilisateur (ou au client) les produits convenant le mieux à son profil. Les divers portails se sont donc mis à passer des accords commerciaux avec de nombreux fournisseurs d'information ou de service avec des modèles économiques fondés soit sur le tandem gratuité/publicité, soit sur le versement d'une commission sur les ventes effectuées par des Internautes ayant été aiguillés sur un site marchand par le portail. Ces deux modèles sont en gros les deux modèles majoritairement observés dans le monde Internet, le mode de redistribution des revenus étant particulièrement facilité dans la nouvelle « économie numérique » en train de se développer à grande vitesse, grâce notamment à l'interconnexion de tous les réseaux privés par l'intermédiaire du réseau public (ce que l'on appelle couramment les « extranets »). Ainsi, la société RealNames (www.realnames.com), dont le service phare, les « Internet keywords », permet aux Internautes de désigner les sites Internet par des mots-clefs beaucoup plus intuitifs que les traditionnelles URLs, fonde-t-elle son *business model* sur le partage de ressources entre ses clients et ses fournisseurs. En d'autres termes, la société RealNames prélève sa dîme sur chaque mise en relation d'un Internaute avec un site marchand, et cette commission peut être très élevée, de l'ordre de grandeur du franc, tant le service rendu conduit avec une probabilité forte à une vente effective.

3.2.2.1. Analyses des contenus et des comportements

Le modèle économique qui sous-tend les « moteurs de recherche » au sens large (annuaires, moteurs de recherche en texte intégral proprement dit, Internet keywords, etc.) est donc un modèle de partage et de redistribution des revenus. Le paramètre essentiel permettant la mise en place d'un service qui marche est donc un réseau de partenaires motivés et un juste partage des bénéfices, ce qui en soi n'est pas très original. Ce qui est, en revanche, beaucoup plus original, est la facilité avec laquelle la *puissance de l'outil informatique* à la disposition des moteurs de recherche et des sites de commerce électronique, et la *disponibilité des grandes quantités de données comportementales*, peut permettre (ou devrait permettre de plus en plus) de capturer le client et de le guider vers des sites ou des comportements qui augmentent les profits.

3.2.2.2. Impact économique

De cette capacité radicalement nouvelle, dans la nouvelle économie numérique, qu'ont les commerçants d'attirer très rapidement un nombre gigantesque de clients et de les retenir en augmentant leur « switching cost » d'une manière ou d'une autre, il y a bien évidemment une prime absolument extraordinaire aux premiers entrants sur un marché. Mais cette prime, déjà présente en économie avant l'ère de l'économie numérique, est potentialisée de manière particulièrement inquiétante par, une fois de plus, les nouvelles perspectives ouvertes par le traitement statistique de l'information disponible sur le réseau ou circulant sur celui-ci.

A cet égard, des librairies en ligne comme Amazon (www.amazon.com), ont bien compris l'avantage concurrentiel que pouvaient procurer des outils de commerce électronique intelligents. C'est ainsi qu'à chaque page d'information sur un livre sont indiqués les livres achetés le plus souvent par les clients en même temps que le livre recherché, ce qui est une information précieuse pour l'acheteur et pousse souvent à la consommation. De même, chaque notice descriptive de livre propose une sélection de critiques (positives et négatives) par les clients-lecteurs eux-mêmes, ce qui, pour qui sait lire entre les lignes, est là aussi extrêmement précieux. Cette caractéristique du site d'Amazon, rapidement copiée par ses concurrents, n'en est pas moins associée dans l'esprit des gens à la société Amazon, et justifie, pour beaucoup, le fait de passer par ce fournisseur.

Dans le domaine de la finance en ligne, par exemple, il est facile de voir ce que pourrait apporter en terme de *qualité de service*, une analyse fine du comportement des clients, permettant l'extraction automatique de comportements typiques, et la classification intelligente des utilisateurs. Outre l'augmentation du switching cost par des méthodes « négatives », comme par exemple les démarches qu'il peut y avoir à faire pour changer de banque, les techniques de traitement intelligent de l'information comportementale permettent d'envisager en effet l'augmentation du switching cost par des moyens positifs, c'est-à-dire la mise en place de *nouveaux services innovants à très forte valeur ajoutée pour le client*. L'exemple d'Amazon montre un embryon de ce que pourront être ces services dans le futur, mais il est très probable que la capture des clients passera par de telles stratégies, qui sont de plus très ancrées dans le monde anglo-saxon, où les clients savent apprécier le service et sont prêts à payer pour en bénéficier. A l'inverse, l'attitude française en matière de service est très souvent, et l'on peut le regretter, de fournir gratuitement le service en même temps que le produit, ce qui est très certainement un handicap à l'ère numérique.

3.2.2.3. Nouvelles technologies de recherche

L'idée la plus évidente en matière de recherche d'information est d'utiliser des requêtes en langue naturelle, mais cette idée est très difficile à mettre en œuvre tant le problème de l'analyse sémantique (et même simplement morpho-syntaxique) de la langue naturelle est un problème complexe. De fait la technique utilisée par les moteurs de recherche pour traiter les requêtes en langue naturelle consiste à choisir les deux ou trois mots-clefs significatifs de la question (en règle générale, les moins fréquents), et à reformuler la requête en ces termes. A l'usage, et quand le choix qui est fait n'est pas le bon, cet algorithme peut fournir des résultats assez aléatoires. Enfin, il faut bien reconnaître que la majorité des utilisateurs font des fautes d'orthographe, sans parler des fautes de grammaire, qui rendent utopique toute interprétation purement linguistique des requêtes. Enfin, la taille même du corpus, son caractère multilingue et international, font que de très nombreux termes, pris hors contexte, sont ambigus ou polysémiques. C'est le cas notamment de sigles tels BSE, qui peuvent signifier, entre autres, *Bovine Spongiform Encephalopathy* (maladie de la vache folle), *Bachelor of Science in Engineering* (diplôme d'ingénieur), *Bombay Stock Exchange* (bourse de Bombay), *Brest Self Examination* (auto-examen du sein), etc. Il est donc essentiel, dans de tels cas qui sont en fait bien souvent la norme, de guider l'utilisateur dans sa recherche en lui permettant de reformuler sa requête de manière plus ciblée. Les techniques purement linguistiques sont alors de peu d'utilité, et il faut recourir à d'autres approches, moins sémantiques, mais plus pragmatiques et qui soient compatibles avec la taille du corpus considéré.

Des techniques issues de l'intelligence artificielle (IA), comme par exemple la construction automatique d'ontologies pourraient sans doute être mises à profit à ce stade, mais il est malheureusement encore assez peu réaliste de mettre en œuvre, sur des corpus aussi grands, les algorithmes très complexes utilisés en IA pour venir à bout de la « compréhension » des textes. Qui plus est, la très grande hétérogénéité du Web rend probablement une telle tâche de catégorisation systématique quasiment impossible. Compte tenu de la taille du problème à résoudre, il semble en réalité que le seul outil véritablement à la disposition des concepteurs de moteurs de recherche soient les statistiques, qui ont le bon goût de pouvoir traiter des quantités gigantesques de données avec des algorithmes très efficaces, et surtout, qui fournissent des résultats d'autant meilleurs que la taille des données analysées est grande.

Le traitement statistique de l'information ne concerne donc pas seulement l'augmentation du switching cost des utilisateurs des nouveaux services en ligne, mais aussi les moteurs de recherche. En effet, le principal problème auxquels sont confrontés les moteurs de recherche est l'amélioration de l'algorithme d'évaluation de pertinence (*ranking*) du moteur. C'est cet algorithme qui permet, à partir des quelques éléments fournis par l'Internaute dans sa requête en texte libre, de rechercher les documents les mieux à même de répondre à la question. Or malheureusement, les algorithmes traditionnels, fondés sur la mise en correspondance des mots des requêtes et des mots contenus dans les documents trouvent rapidement leurs limites sur le World-Wide Web : documents volontairement biaisés par les *spammers*, polysémie très importante, nombre de documents trop important, duplication anarchique des documents, etc. Tout concourt donc à faire échouer les algorithmes de *ranking* traditionnels. C'est pour cela que de nouveaux algorithmes sont en train d'être développés avec des premiers résultats prometteurs. L'un de ces algorithmes, mis en œuvre dans le moteur Google (www.google.com), est fondé sur une particularité qui rend le World-Wide Web unique : le fait qu'il s'agit d'un *corpus hypertexte*, c'est-à-dire d'un corpus où les documents sont reliés entre eux par des liens, le tout formant un graphe. Afin d'estimer la pertinence d'un document, cet algorithme n'utilise pas la fréquence des mots dans les documents, mais utilise plutôt la *popularité* des documents, popularité qui est estimée en prenant en compte le nombre de liens hypertexte existant dans d'autres documents sur le Web vers ce document particulier. En d'autres termes, le moteur de recherche Google fournit de préférence des documents qui sont fréquemment référencés sur le Web, c'est-à-dire des documents souvent référencés dans le *stock* d'informations.

D'autres moteurs, comme DirectHit (www.directhit.com), analysent le temps passé par les internautes sur les documents retournés par le moteur, et permettent ainsi d'estimer l'intérêt d'un site. D'autres approches, notamment celle préconisée par Alexa (www.alexa.com), sont fondées sur une analyse statistique de la navigation de chaque Internaute et permet de détecter automatiquement les sites qui se ressemblent. C'est cette analyse qui est derrière la fonction « What's Related » du navigateur de Netscape (www.netscape.com). Ces deux techniques sont donc en rapport direct avec la popularité des sites dans les *flux* d'informations.

3.2.2.4. Mécanismes auto-accélérés

Quelle que soit la technique utilisée, il est clair que le résultat immédiat de telles approches est un *renforcement quasi auto-accéléré des positions dominantes* : il suffit en effet d'être déjà visible pour le devenir encore plus, limitant ainsi de manière très importante les chances de succès de nouveaux entrants sur le marché. Que ce soit par l'augmentation du switching cost des utilisateurs des nouveaux services en ligne ou le renforcement auto-accéléré des positions dominantes, *tout retard aujourd'hui en matière d'action peut s'avérer fatal à terme*. Il est donc urgent, pour tous les acteurs économiques potentiellement concernés, de prendre immédiatement position sur ce nouveau territoire. De *nouveaux mécanismes radicalement nouveaux d'auto accélération* sont en effet en train de se mettre en place sur Internet qui ne permettent plus de raisonner avec les schémas mentaux et les constantes de temps d'hier. Ne pas exister dans la nouvelle économie électronique d'aujourd'hui pourrait bien signifier la disparition dans l'économie de demain à court ou moyen terme.

3.2.2.5. Intermédiation : convergence vs. émergence

L'un des enseignements importants du développement du Web est ainsi que la *fonction de médiation*, dont la disparition était programmée par certains, n'a jamais été plus indispensable qu'aujourd'hui. Le rêve selon lequel Internet devait permettre une prise de contact directe entre individus a vécu. Les annuaires et moteurs de recherche ont été les premiers à assurer ce nouveau rôle de médiateur intelligent universel, mais il semble clair aujourd'hui que de nouveaux médiateurs, plus spécialisés, vont voir le jour afin de pouvoir assurer leur fonction de manière plus efficace. C'est dans ce contexte qu'il faut analyser le succès de sociétés comme RealNames (www.realnames.com) dont le but est de faciliter la mise en relation des consommateurs et des sociétés commerciales grâce à l'utilisation de mots-clefs beaucoup plus faciles à mémoriser que les adresses de sites Web utilisées aujourd'hui. Mais d'une manière plus générale, une médiation est nécessaire, par exemple, entre les clients et les revendeurs, pour trouver le meilleur prix d'un produit en vente sur le Web (voir par exemple la start-up Liquid Market www.liquidmarket.com fondée par un français), ou bien des médiateurs plus évolués permettant de trouver la meilleure offre dans des conditions de vente et de service donnés (ce qui nécessiterait une participation active des vendeurs.) La liste de tels intermédiaire est potentiellement très longue, et il ne servirait à rien de la détailler plus avant.

La tendance lourde du secteur est donc le développement et la mise en œuvre d'*outils de convergence en matière de médiation*, c'est-à-dire d'outils permettant de fédérer, derrière un accès unique, de nombreux acteurs ayant la même activité ou les mêmes intérêts. On rejoint ici la notion de *portail spécialisé* qui est une version simplifiée d'outil de médiation convergent. Cependant, comme cela a déjà été détaillé plus haut, une tension existe entre *outils de convergence* et *outils d'émergence*, c'est-à-dire les outils permettant, par des analyses appropriées, de découvrir les îlots localement homogènes du Web. Par exemple, un moteur de recherche utilisant la popularité pour estimer la pertinence des documents rendra l'accès au site de la bourse de Bombay (*Bombay Stock Exchange*) impossible si l'on utilise son sigle « BSE », car ce sigle signifie majoritairement, dans le monde anglo-saxon, *Bovine Spongiform Encephalopathy*. Il est donc important de permettre aux « minorités », qu'elles soient humaines, sémantiques ou commerciales, d'avoir le moyen d'être localisées sur Internet. Ainsi, la France a un intérêt particulièrement fort à ce que ses petits producteurs locaux aux produits chers mais de très bonne qualité, soient localisables dans les médiateurs qui ne manqueront pas de se mettre en place pour acheter des produits agro-alimentaires.

3.2.2.6. Enjeux socio-culturels

Mais les enjeux économiques gigantesques qu'impliquent les outils de médiation ne doivent pas cacher d'autres enjeux tout aussi importants à terme : les enjeux sociaux et culturels. En effet, l'utilisation de moteurs de recherche dont les mécanismes d'évaluation de pertinence sont fondés sur une certaine notion de popularité peuvent avoir des effets pervers très importants, en dissimulant et *rendant inaccessible tout le savoir ou l'information qui n'est pas majoritaire*. Bien entendu, des mécanismes doivent être imaginés et mis en œuvre pour aider l'utilisateur à se retrouver dans le milliard de documents bientôt disponible sur le World-Wide Web. Mais la « popularité » est-elle le seul critère de validation du savoir ? Certainement pas, sans quoi l'essentiel des théories, par exemple scientifiques, n'auraient pas pu voir le jour, puisqu'elles sont le plus souvent en rupture avec les théories généralement admises.

La *protection des minorités* et la garantie d'une certaine forme de *service universel d'accès à l'information* sont donc des tâches prioritaires. Par minorités, on peut bien entendu faire référence au concept anglo-saxon de « minorité », comme par exemple les afro-américains, les asiatiques, les homosexuels, etc., mais Internet permet aujourd'hui l'émergence de communautés beaucoup plus fines (médecins, psychanalystes en tout genre, collectionneurs, etc.). Il est particulièrement important que chaque communauté, aussi petite soit-elle, ait la possibilité d'être localisée facilement. Cette facilité est, bien entendu, antagoniste avec les méthodes de convergence, qui tendent à faciliter l'accès aux ressources les plus populaires, mais il faut aujourd'hui réfléchir de manière urgente à des technologies associant de manière cohérente *convergence* et *émergence*.

Ceci est particulièrement important pour les pays qui ne sont pas des leaders sur Internet aujourd'hui, sous peine pour ces pays de devenir à court terme *invisibles* sur le réseau ou *absorbés* par la culture et le marché dominants.

4. Exemples de technologies émergentes

4.1. Les plates formes de médiation

4.1.1. Le problème

Les Plates-Formes de médiation et de services en ligne offrent des fonctionnalités soumises à des contraintes de disponibilité toujours plus strictes et à une charge en volume d'information qui ne cesse de croître.

Citons quelques exemples issus des bases d'information gérées par France Télécom.

~ L'Annuaire Electronique accessible depuis Internet comportant aujourd'hui 35 millions d'abonnés et demain 60 millions en intégrant les mobiles, avec un trafic d'informations toujours plus dense et urgent à prendre en compte.

~ L'Annuaire Mail de plusieurs dizaines de millions d'adresses en accroissement constant.

~ La gestion technique et commerciale des abonnés Wanadoo, aujourd'hui 800000 clients, demain plusieurs millions auxquels sont offerts, en nombre croissant, des services propres à la Plate-Forme.

Un fournisseur d'accès ou de services peut difficilement à lui seul offrir un ensemble de prestations qui couvre l'ensemble des services offerts par les entités concurrentes ou positionnées sur le même secteur. L'enrichissement en terme de contenus ou de fonctionnalités d'un site d'audience se fait le plus souvent par rachat de la structure proposant le service visé ou par accord de partenariat (ex : Yahoo et Géocities, France Télécom et Alapage).

Dans tous les cas ces opérations impliquent des rapprochements de bases utilisateurs (multiplication du nombre d'inscrits par un facteur allant de 2 à 10) ou des mécanismes d'échanges d'informations qui, s'ils n'ont pas été prévus au départ, rendent les migrations extrêmement compliquées voire impossibles.

4.1.2. Axes d'études

Pour répondre aux problèmes décrits précédemment, il convient de réfléchir à une méthode de distribution de données équilibrant fragments et répliques et permettant, relativement à un système centralisé, d'améliorer à la fois

~ les performances : garantie de temps de réponse compatibles avec le temps de réaction humain.

Le parallélisme induit par la distribution des fragments sur différents sites peut permettre d'améliorer les performances, particulièrement en consultation, mais également, sous certaines configurations, en modifications, mises à jour des répliques comprises.

De plus, la fragmentation sur plusieurs sites constitue un partitionnement naturel de la base en sous-ensembles d'accès plus petits et plus faciles à maintenir en mémoire.

~ la sécurisation physique : garantie que toute donnée validée sera toujours récupérable quelles que soient les pannes de site ou de machine. La réplication renforce la sécurisation physique déjà assurée par les systèmes centralisés voire peut alléger les dispositifs de sécurisation physique des systèmes centralisés.

~ la permanence de service : masquage des pannes.

Des techniques d'utilisation de la réplication peuvent permettre de masquer des pannes aux accès en consultation et même, dans de nombreux cas, aux accès en modification.

~ l'adaptation à la montée en charge.

Là encore, des techniques d'utilisation de la réplication peuvent garantir, au moins partiellement, la transparence des opérations d'administration consistant à acquérir progressivement les ressources nécessaires à la croissance des besoins.

4.2. XML

XML (eXtensible Markup Language) est un standard du W3C pour faciliter la création, la gestion et le partage de documents sur le Web. Récemment, un nombre impressionnant de technologies et de produits XML ont été annoncés, préfigurant l'accès universel au contenu du Web, indépendamment de son stockage physique. XML repousse les limites du Web (avec HTML) pour banaliser l'accès à tout type d'information, depuis n'importe quelle application. Par analogie à Java qui a résolu le problème de portabilité des programmes, XML règle celui de portabilité des données. Selon le Gartner Group, d'ici à la fin 2000, son impact sur les technologies de l'information et ses usages devrait être aussi important que celui de Java aujourd'hui. Il est donc urgent de maîtriser XML et d'expérimenter avec les technologies associées, ceci afin de rester dans la course aux nouveaux services à inventer pour le commerce électronique et l'Intranet.

XML est extensible dans la mesure où il n'a pas un format fixe comme HTML. C'est un métalangage qui nous permet de définir nos propres langages de balises, pour différentes classes de documents. Pour ce faire, XML s'appuie sur le standard ISO SGML mais en le simplifiant considérablement. Ainsi, XML supprime la dépendance à un type de document inflexible (HTML) tout en évitant la complexité de SGML. Bien sûr, XML peut être converti en HTML.

XML a donné naissance à une famille de standards du W3C : DOM, SAX, XSL, DTD, XML Schema, XML Query, etc. XML est la syntaxe de base pour l'organisation des documents et la fondation pour toutes les autres spécifications XML. Les autres standards les plus avancés sont DOM, SAX et les DTD. DOM et SAX sont des API pour manipuler les documents XML. Les DTD sont similaires aux templates des processeurs de traitement de texte pour exprimer en XML des représentations communes des données. XML Schema généralise les DTD afin d'exprimer les définitions communes de contenu des données. Enfin, XML Query permet d'intégrer les requêtes bases de données dans les documents XML et manipuler les types XML.

4.2.1. Pourquoi XML est-il si important ?

Au moins pour trois raisons. D'abord, c'est un format standard d'échange de données qui facilite l'interopérabilité des applications sur le Web. Les données XML peuvent être obtenues à partir de données stockées dans des bases très diverses. Ensuite, XML supporte naturellement les données semi-structurées, données qui ont une certaine structure mais irrégulière. Les données semi-structurées permettent de représenter tout type de données en exploitant au maximum leur structure. Par exemple, elles sont idéales pour intégrer uniformément des données provenant de différentes bases sous forme de vues logiques. Enfin, XML bénéficie du support de toute l'industrie informatique. Ceci garantit dans une certaine mesure la pérennité des technologies, condition nécessaire à des déploiements à grande échelle.

4.2.2. Les technologies XML

De nombreuses technologies XML sont en cours de développement, certaines déjà intégrées dans des produits. Mais comme Java, XML est une technologie de base, pas un marché. En revanche, il y a des marchés pour des produits qui supportent XML, comme par exemple, les

serveurs d'application, les middlewares, les systèmes de bases de données, etc. Les principales technologies XML sont les suivantes :

- des convertisseurs BD-XML pour produire dynamiquement des documents XML à partir des données stockées dans des bases de données relationnelles ou autres. En attendant que la production de données XML natives se banalise, ces convertisseurs offrent le premier moyen de génération de données XML.
- des outils pour créer et gérer des documents XML, développer des composants manipulant des documents XML, définir les conversions entre bases de données et vues XML, etc.
- des systèmes de stockage de données XML soit comme base de données, soit (scénario plus probable à court terme) comme cache, au niveau intermédiaire d'une architecture trois-tiers, des données provenant de différentes bases de données.

4.2.3. Impact de XML

Essentiellement, XML repousse les limites du Web pour banaliser l'accès à tout type d'information depuis n'importe quelle application. En particulier, non seulement la syntaxe mais la sémantique communes (DTD, XML Schema) des données peuvent être capturées. En conséquence, la quantité de données manipulable à partir du Web devient illimitée. Ceci a un double impact. D'abord sur le modèle de programmation des applications distribuées qui peut s'appuyer sur les données en plus des programmes, offrant ainsi de nouvelles possibilités de mise en oeuvre. Les technologies XML (système de stockage, outils, moteurs de recherche) se retrouvent alors poussées aux limites. Ensuite, XML offre de grandes perspectives de services nouveaux car il facilite l'ajout de nouvelles applications à faible coût. Par exemple, dans le domaine de l'Extranet, XML peut faciliter le partage d'information faiblement couplées entre entreprises partenaires.

4.2.4. Recommandations

Il est urgent de maîtriser XML et d'expérimenter avec les technologies associées, ceci afin de rester dans la course aux nouveaux services à inventer pour le commerce électronique et l'Intranet. Nous recommandons donc d'encourager les expérimentations de technologies et de services basés sur XML qui visent à l'intégration de données et d'application distribuées à grande échelle. Pour le moment, nous pouvons envisager au moins trois types de scénarios :

- intégration d'applications et de données inter-entreprises (Extranet) en s'appuyant sur XML pour standardiser les représentations de données et les agrégations de contenus (schémas) ;
- intégration d'applications et de données intra-entreprises (Intranet) en s'appuyant sur XML pour extraire les données depuis des serveurs hétérogènes et les convertir dans un format standard ;
- introduction de XML dans les moteurs de recherche et plus généralement l'infrastructure du Web, en attendant l'intégration de XML dans les navigateurs.

Les équipes françaises qui pourraient participer à des expérimentations autour d'XML devraient associer :

- des opérateur de service sur le Web, par ex. Voila de France Telecom ;
- des centre de recherche travaillant sur l'intégration de bases de données (INRIA, CNET, DYADE, PRISM, LIP6, etc.), les moteurs de recherche (CNET, Ecole des Mines, INRIA, etc.), les documents électroniques (INRIA, INA, etc.) ;
- des industriels intégrateurs de services (Bull, Alcatel, Matra, Thomson, etc.) ;

- des petites startups spécialisées dans l'intégration de données sur le Web (Osis, Kalidata, etc.).

5. Les techniques à développer

Les enjeux et les exemples de services évoqués ci-dessus impliquent que les entreprises suivantes doivent être soutenues :

- Participation à la normalisation internationale ;
- Recherche interdisciplinaire sur les techniques, les contenus, les usages ;
- Ingénierie de la langue : linguistiques de corpus, terminologie et ontologie ;
- Génie documentaire multimédia et audiovisuel.

5.1. Participation à la normalisation internationale

Les normes qui se mettent place autour des technologies Web, comme XML, SMIL, RDF, ou autour du multimédia comme MPEG-7, DAVIC, etc., ne sont pas neutres par rapport au contenu. Comme on l'a dit plus haut, l'instrumentation du contenu conditionne l'intelligibilité du contenu. Ce sont donc ces normes qui prescrivent par avance l'usage qu'il sera possible d'avoir des contenus qu'elles formatent et instrumentent.

Souvent les normes sont en deçà de ce qu'elles promettent en principe. Ainsi, les normes MPEG-1 et MPEG-2, bien que numériques, ne permettent pas facilement l'accès direct à un segment, c'est-à-dire la délinéarisation du contenu. Autrement dit, MPEG est alors au service du flux télévisuel classique que l'on numérise simplement, et l'usage visé est celui d'une consultation habituelle du programme de son début à la fin.

Mais, de manières générales les normes veulent être « a priori », c'est-à-dire rendre possibles des usages pas encore existants. Ainsi, MPEG-4 introduit la notion d'objet audiovisuel pour permettre l'interactivité et la scalabilité du débit. MPEG-7 veut créer une instrumentation documentaire des flux audiovisuels. Etc.

Il est donc important de pouvoir participer à la normalisation dès l'origine, quand le jeu est ouvert, et que les idées priment encore sur les positions économiques dominantes. Participer coûte cher, et la plupart des institutions ou sociétés qui doivent participer à la normalisation pour représenter un point de vue essentiel (les usages documentaires dans MPEG-7 par exemple) ne peuvent assumer cette charge.

Le RNRT pourrait subventionner des groupes de travail pour qu'ils participent à la normalisation à travers des postes et des missions.

5.2. Recherche interdisciplinaire

Les contenus ne sont pas affaire uniquement de technologies. L'instrumentation des contenus pour qu'ils se rapprochent des usages implique une appréhension sémantique des contenus, où leur valeur signifiante et leur valeur d'usage sont explicitées pour être pris en compte et instrumentées par les outils. Par exemple, comment définir les structures documentaires de MPEG-7 : par l'étude des usages et des contenus.

Il paraît donc essentiel de soutenir des projets authentiquement interdisciplinaires, qui ne mobilisent pas seulement des utilisateurs, mais également des études et développements sur la sémantique des contenus et l'usage des outils. Ce n'est qu'ainsi que l'on pourra définir des systèmes plus pertinents dans leurs innovations.

C'est donc une révolution culturelle, où la technologie de la communication doit s'ouvrir à la technicité des contenus.

5.3. Ingénierie linguistique

La langue reste le candidat le plus puissant pour évoquer un contenu conceptuel et sémantique associé à un document. Ainsi, même s'il ne faut pas négliger les recherches sur l'indexation automatique et l'indexation par le contenu (indexer une image par une image), l'économie conceptuelle que permet la langue implique qu'elle restera le véhicule principal du sens des documents.

En outre, dans le cas de services destinés à des communautés ciblées, pour lesquelles des contenus spécifiques et des outils adaptés doivent être conçus, de nombreuses ressources peuvent être constituées et exploitées : des terminologies permettant à des scientifiques de naviguer dans les contenus de leur domaine, des outils de traduction terminologique pour une consultation multilingue. La localisation et l'appropriation des contenus passent en partie par l'intégration des technologies linguistiques. On peut citer :

- Terminologie multilingue,
- Extraction de termes à partir de corpus (linguistiques de corpus).
- Extraction d'index structurés à partir de textes (extraction d'information).

5.4. Génie documentaire multimédia et audiovisuel

Alors que les techniques documentaires textuelles connaissent à présent une certaine maturité, le traitement documentaire audiovisuel et multimédia reste encore à élaborer :

- Définir un langage pour exprimer les méta données attachées à un document (le « SGML » de l'audiovisuel, ce que ne sont ni XML ni SMIL) ;
- Exploiter ce langage comme format d'échange ;
- Exploiter ce langage pour marquer des segments spatiotemporels et les recomposer pour la construction dynamique de vue sur les documents, etc.

Ces recherches sont la condition sine qua non de la constitution de méthodes industrielles et systématiques pour l'instrumentation des contenus, qui reste pour le moment l'affaire de recherches amont (indexation automatique) ou de traitements manuels (indexation à la main par un documentaliste).

5.5. Plates formes de médiation : une expérimentation

Nous proposons de réaliser une version distribuée d'une application type, grandeur nature, d'un système de médiation pour services en ligne et d'effectuer, relativement aux critères énumérés ci-dessus, une série de mesures et d'évaluations comparatives entre version centralisée et version distribuée.

Le système de médiation pressenti permettrait de s'identifier une seule fois lors de l'accès au premier service du site d'audience. Pour réaliser la version distribuée, nous utiliserons un système de réplication fourni par un distributeur de SGBD. Ces mesures et comparaisons nous

permettrons dévaluer l'intérêt de la version distribuée, d'en identifier les points faibles ou les facteurs de défaillance. On peut noter qu'un second système de réplication pourrait être étudié. La comparaison des qualités et fonctionnalités des systèmes de réplication pourrait faire l'objet d'une étude complémentaire.

Les ressources pour une telle expérimentation resteraient modestes :

~ 4h.mois pour la mise en place de la version distribuée sur l'application visée et les mesures de performances.

~ 3h.mois pour les tests et mesures relatives à la sécurisation, aux pannes, à la reprise sur panne et à la montée en charge.

5.6. Médiations pour l'accès aux contenus

5.6.1. Préconisations : Plateformes d'intermédiation intelligentes

La place actuelle de la France sur le Web, et plus généralement dans la nouvelle économie numérique, est très en deçà de ce qu'elle pourrait être. Comme cela a été expliqué dans le chapitre consacré aux enjeux socio-économiques associés à l'accessibilité des contenus, il découle de cette situation et du développement d'outils de médiation de type « convergent » (c'est-à-dire par exemple de portails utilisant la notion de popularité pour estimer la pertinence des informations qu'ils retournent) un risque d'auto-accélération des positions dominantes. Ce qui implique que la barrière à l'entrée pour les nouveaux entrants sur le « marché » (économique, social ou culturel) ne cesse de croître de jour en jour.

Il est donc essentiel pour la France d'investir massivement dans la mise en place de plate-formes d'intermédiation *mettant en valeur les contenus français et européens*, mais, et cela est primordial, *sans masquer les contenus anglo-saxon*. En effet, ces contenus étant aujourd'hui fortement majoritaires sur Internet, de nombreux services ne sont encore disponibles qu'aux Etats-Unis (pour ne citer que ce pays), et mettre en place des plate-formes ignorant le monde anglo-saxon serait la manière la plus efficace d'aiguiller les internautes français et européens vers les portails et moteurs de recherche américains.

Concrètement, il convient d'utiliser l'avance technologique française en matière d'informatique fondamentale et la matière grise dont elle dispose pour développer de nouvelles technologies permettant à la fois de concevoir des *outils de médiation convergents*, c'est-à-dire permettant un accès simple et universel (le guichet unique) à certains types de ressources tout en mettant en œuvre des *approches émergentes* permettant aux plus petits acteurs d'avoir une chance équitable d'être retrouvés quand ils devraient l'être.

A cet égard, il convient de mettre en avant et de développer les *méthodes statistiques d'accès et de traitement de l'information*, et toutes les méthodes relevant de *l'ingénierie linguistique* qui se prêtent à des applications pratiques.

5.6.2. Expérimentations : Moteurs de recherche de nouvelle génération

Afin de développer des moteurs de recherche (maillons essentiels des plates-formes d'intermédiation) permettant à la fois la prise en compte de la popularité des documents et la prise en compte des documents pertinents mais peu connus, il est essentiel de développer de nouvelles technologies fondées sur l'analyse statistico-linguistique de grandes quantités de données. Comme cela a été détaillé dans les recommandations, il est de plus indispensable de savoir traiter à la fois les contenus européens, dans leur langue d'origine, et les contenus anglo-saxons, qui restent encore aujourd'hui la principale source d'information. A défaut, les internautes européens

se détourneraient vers les moteurs de recherche et les portails américains, ce qui aurait des effets très grave à terme.

Ceci implique donc des expérimentations « grandeur nature » sur le Web dans son ensemble, dont on estime aujourd'hui qu'il contient près de 800 millions de documents, soit 15 téra-octets de données, dont 6 téra-octets de texte pur. Cela nécessite donc de très importantes capacités de calcul, qui sont toutefois encore raisonnables pour des expérimentations, mais surtout des accès Internet à très haut débit, de l'ordre de la centaine de mégabits par seconde, ou même du gigabit par seconde. Ces débits sont nécessaires pour permettre de faire la collecte de tous les documents du web dans un délai compatible avec la vitesse d'évolution de l'Internet.

Le Centre de Mathématiques Appliquées de l'École des Mines de Paris, fort de l'expertise issue de sa collaboration passée avec le moteur de recherche AltaVista (www.altavista.com), a développé dernièrement une technologie de moteur de recherche de nouvelle génération, NG|Search. Cette technologie, qui a été démontrée à certains clients potentiels, a suscité un très grand intérêt. Il est donc maintenant indispensable et urgent, pour pouvoir effectivement prouver que l'approche choisie « passe l'échelle », d'évaluer cette technologie grandeur nature. Malheureusement, le débit dont dispose l'Ecole des Mines de Paris (512 kb/s seulement) est de deux ordres de grandeur insuffisant pour mener à bien cette expérimentation, et les moyens financiers de l'École ne permettent pas d'envisager à court ou moyen terme une amélioration sensible de ce débit, sauf si l'Ecole pouvait se connecter dans de bonnes conditions au réseau Renater II. L'expérimentation proposée consiste donc à collecter, via Renater II, un nombre très important de données sur le Web (soit l'ensemble du Web ou une proportion importante, soit par exemple le Web francophone, soit encore des bases de données spécialisées), de traiter cette matière première par les algorithmes développés (et d'étendre ou modifier ces derniers en fonction des résultats obtenus) et de mettre ensuite en œuvre la technologie NG|Search sur cette base de données. Une fois l'expérimentation mise en place techniquement, ce qui devrait pouvoir être fait au plus tard dans les 6 mois suivant la collecte des données, un site de démonstration, qui pourrait dans un premier temps prendre la forme d'un méta-moteur ou d'un moteur sur le web francophone, pourrait être mis à la disposition du public français et permettre ainsi de continuer le développement de la technologie (et bien sûr, en cas de succès, aider à sa valorisation commerciale.)

6. Références

Business Week, Amazon.com, 14 Décembre 1998, page 106.

Numéro spécial The Internet Age, 4/10/99: http://www.businessweek.com/1999/99_40/b3649004.htm

Darlington Lloyd, « Banking without boundaries », in Tapscott Don, Ed., « Blueprint to the Digital Economy », Mc Graw Hill, 1999.

David Paul, « Digital Technology and the Productivity Paradox. After ten years, what has been learnt? », Stanford University & All Souls College, Oxford, 20/05/1999. <paul.david@economics.ox.ac.uk>

Evans Philip et Wurster Thomas, « Strategy and the New Economics of Information », Harvard Business Review, Sept-Oct 1997.

Greenspan Alan (a), Chairman de la Réserve Fédérale, Discours à la Federal Reserve Bank of Chicago, 6 mai 1999. <http://www.bog.frb.fed.us/borddocs/speeches/1999/19990506.htm>

Greenspan Alan (b), Chairman de la Réserve Fédérale, Discours du 16 avril 1999 à Dallas,

<http://www.bog.frb.fed.us/borddocs/speeches/1999/19990416.htm>

Rosenberg Nathan, « Exploring the blackbox », Cambridge University Press, 1997.

Shapiro Carl et Varian Hal, « Information rules », Harvard Business School Press, 1999.

Stanley Morgan, Winter Dean, « The European Internet Report », <http://www.ms.com/insight/misc/euroinet.html>

The Economist, « How real is the New Economy », numéro spécial Juillet 1999.

US Department of Commerce, « The Emerging Digital Economy II », 1999.
(Téléchargeable sur <http://www.ecommerce.gov>).

S. Lawrence, L. Giles, « Accessibility and Distribution of Information on the Web », *Nature*, vol 400, 1999.

A. Broder, « On the resemblance and containment of documents », *Compression and Complexity of Sequences (SEQUENCES'97)*, IEEE Computer Society, 1998.

S. E. Robertson, K. Sparck-Jones, « Relevance weighting of search terms », *Journal of the American Society for Information Science*, 27 (6), 1976.

S. Brin, R. Motwani, L. Page, T. Winograd, « What can you do with a Web in your Pocket? », *Data Engineering Bulletin*, vol 21, num 2, 1998.

H. Small, « Co-citation in the scientific literature: a new measure of the relationship between two documents », *Journal of the American Society for Information Science*, vol 24, 1973.

E. Garfield, « Citation indexing », *New-York, Wiley*, 1979.

Members of the CLEVER project, « Hypersearching the Web », *Scientific American*, juin 1999.

J. Kleinberg, « Authoritative sources in a hyperlinked environment », *Proc. 9th ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms*, 1998.

A.2. Rapport du groupe 2 : Intégrer les flux audiovisuels dans Internet

Membres du groupe

Lionel Bouchard, LEP
Patrick Baudelaire, Thomson Multimédia
Ulrich Finger, ENST
François Laburthe, Bouygues SA
Jean-Claude Moissinac, ENST

Introduction

Le sous-groupe 2 s'est attaché à l'exploration de nouveaux services liés à l'utilisation de la vidéo sur l'Internet du futur. Trois services ont été identifiés :

- la formation : possibilité d'utiliser Internet pour s'affranchir du temps, de l'espace et du support matériel dans la transmission de savoirs,
- le studio domestique personnel : possibilité pour un non-professionnel de la vidéo de produire, monter des contenus vidéo et de devenir diffuseur sur Internet, de se constituer sa propre programmation
- l'environnement vidéo personnel : disponibilité de l'ensemble des contenus vidéo (production familiale par caméscope, enregistrement de programmes diffusés, location à la demande) par un même écran (portail personnel).

L'offre de tels services est aujourd'hui encore bloquée par un certain nombre de verrous technologiques et de blocages dans les usages. Pour permettre le déploiement de tels services nous avons répertoriés sept thèmes techniques importants. La communauté a besoin de faire progresser la technologie dans chacun des thèmes pour permettre à de tels services de voir le jour.

Ces sept thèmes sont :

1. compression : technologies hiérarchiques, adaptées au débit disponible,
2. sans fil : possibilité d'utiliser des terminaux raccordés par lien radio en tous lieux, dont à l'intérieur du domicile de l'utilisateur,
3. caches et serveurs vidéo : répartition des serveurs vidéos, délocalisation des services,
4. réseau numérique domestique : présence d'un réseau numérique au domicile de l'utilisateur
5. terminal : terminal d'accès de l'utilisateur (PC, téléphone, TV, console de jeux, ...)
6. protocole IP : évolution des protocoles pour permettre le multicast, etc.
7. 3D : transmission de modèles en trois dimensions, images de synthèse, réalité virtuelle.

Pour chacun des trois services, nous avons répertorié l'incidence de chacun des thèmes. La matrice ci dessous résume l'importance des thèmes par service :

	Compression	Caches, serveurs	Protocole IP	Terminal	Sans fil	Réseau domestique	3D
--	-------------	---------------------	-----------------	----------	----------	----------------------	----

		serveurs	IP			domestique	
Formation	**	****	**	*	**	0	**
Studio domestique	***	**	**	***	*	***	0
Environnement vidéo	****	***	*	****	0	***	0

La section 2 décrit cette matrice par colonne : on passe en revue chacun des sept thèmes, en dégageant les verrous techniques et problèmes de recherche liés au thème .

La section 3 décrit plus précisément les spécificités de chaque service : on se focalise successivement sur chacun des trois services, et on identifie plus particulièrement, pour chacun d'entre eux des questions techniques spécifiques.

1. Thèmes techniques

1.1. Compression, représentation

Les techniques de compression ont déjà fait beaucoup de progrès. On peut voir les techniques de compression comme étant le couplage d'une méthode de représentation avec un algorithme de restitution.

Le succès du MPEG vient du fait qu'on a mis en évidence un ensemble de techniques qui donnaient des résultats efficaces sans connaissance a priori du contenu; le seul présupposé était qu'il s'agissait d'images animées avec des variations relativement continues spatialement et temporellement, ce qui s'adaptait à la plupart des vidéos.

La tendance à produire des hardwares génériques, de les spécialiser temporairement par des couches software apporte de la souplesse au niveau des choix de représentation, puisqu'elle donne de la souplesse sur le choix des algorithmes de restitution utilisés.

Ainsi, il paraît prévisible qu'à l'avenir les séquences d'images animées seront de plus en plus codées (représentées) d'une façon variable suivant leur contenu et, éventuellement, suivant leur destinataire. Le terminal changera de décodeur au cas par cas. Eventuellement, le code utilisé sera encapsulé dans une enveloppe générique telle que MPEG4.

Le choix d'un type de codage est dépendant des performances disponibles depuis la source de la séquence vidéo jusqu'au terminal de diffusion. Ces performances portent sur les capacités de traitement à la source, les capacités de transport du réseau et les capacités de traitement de la cible.

Dans certains cas, l'adaptation du codage à la cible pourrait être effectuée par le réseau, de façon transparente pour la source. Par exemple, une source MPEG2 pourrait être réencodée au vol, pour parvenir sur un terminal disposant d'un relativement bas débit.

Il paraît alors nécessaire de préciser les conditions d'adaptation de la source à la cible; le schéma général est le suivant:

- demande d'un contenu de la cible vers la source,

- détection des performances entre la source et la cible,
- choix de la source réelle de données en fonction des performances,
- adaptation en cours de diffusion de la source aux conditions réelles de diffusion.

Par exemple, la consultation d'une même vidéo sur un terminal puissant relié à un réseau local et sur un terminal mobile pourrait être faite à partir de la même requête, mais exploiter des données codées de façon radicalement différentes.

Cela a des conséquences au niveau des outils de production et d'administration des contenus multimédia qui doivent permettre de distinguer deux niveaux de représentation:

- un niveau de contenu "logique" - le film "Jules et Jim" -, qui permet de décrire des contenus indépendamment de leurs conditions de diffusion,
- un niveau de contenu "physique", - le film "Jules et Jim codé pour une diffusion sur réseau local"-, qui permet d'associer à chaque contenu une représentation spécifique pour chaque classe de conditions de diffusion identifiée.

Par ailleurs, à chaque type de représentation sera associé une méthode de restitution. Cette structuration repose sur les techniques en cours de développement de traitements distribués et de distribution de composants logiciels.

Enfin, nous avons clairement deux axes de représentation du document (qui peuvent reposer sur la même représentation):

- une représentation qui indique comment est construit le document et qui contribue à son évolutivité,
- une représentation qui indique comment est transporté et restitué le document.

Eléments de veille, initiatives associées.

De nombreux standards de compression sont déjà utilisés :

- H261,
- H263 (repris sous l'appellation G2 dans les produits de Real Networks, le leader actuel du marché de transmission audio/vidéo sur Internet),
- MPEG1 (1 pour les débits plus élevés, utilisé essentiellement sur les LAN)
- MPEG2,
- ShockWave (pour les animations),
- RealVideo
- Quicktime (format propriétaire Apple),

- etc...

Le développement de standards ouverts de représentation des documents, y compris vidéo, doit contribuer à l'essor d'Internet; afin de répondre à plusieurs objectifs, la représentation doit:

- favoriser la recherche efficace de documents:
- favoriser l'évolution des documents: d'une part, il s'agit de fournir des outils qui aident à détecter et, éventuellement, à corriger des documents obsolètes; d'autre part, il faut promouvoir la constitution de documents vivants;
- favoriser la validation des documents:
- permettre une prise en compte efficace, dès la création des documents, de l'hétérogénéité des réseaux et des terminaux.

La norme MPEG-4 permet d'encoder à des débits allant de quelques kilo-bits par seconde jusqu'à quelques méga-bits par seconde. Elle présente les bases d'un format générique permettant d'encapsuler différentes méthodes de codage. Elle est particulièrement bien adaptée à la transmission sur Internet par ses propriétés de résistance aux erreurs et de scalabilité. Notons que Microsoft a récemment introduit le décodeur MPEG-4 dans ses produits.

Globalement, on voit ici qu'il s'agit de développer la capacité d'auto-adaptation du réseau et de ses contenus, notamment vidéo.

1.2. Sans fil, mobilité

La question du sans-fil est dictée par l'usage que l'on veut faire du service. Si le service que l'on veut proposer était amené à profiter d'un usage mobile (même une mobilité réduite, limitée à l'intérieur du domicile), alors il faudrait que le terminal puisse être sans fil.

Une telle utilisation mobile pose des questions de protocole de communication avec la base (débit compatible), et de répartition entre la base et le terminal du stockage des données et de l'application (possibilité de téléchargement ?).

Aujourd'hui, des standards émergents comme Bluetooth (réseau radio courte portée) sont des éléments de veille intéressants.

1.3. Réseau domestique

Le réseau domestique (ou domotique) permet de relier l'ensemble des appareils communicants qui se trouvent au domicile. On peut ainsi relier télévisions, PC, webphone, réfrigérateurs et autres appliances. L'intérêt de la mise en réseau est de permettre de centraliser le stockage des informations, d'avoir des terminaux adaptés à des usages différents et d'offrir un accès internet à chacun des appareils.

Parmi les standards actuellement proposés, on suivra avec intérêt l' IEEE1394 (firewire), Bluetooth (pour la version sans fil qui a l'avantage d'éviter de percer des trous dans les murs) ou encore les propositions basées sur l'utilisation du réseau électrique.

1.4. Caches et serveurs vidéo

Toutes les techniques qui permettent de découpler la consultation d'un document de sa source, de façon transparente pour l'utilisateur peuvent contribuer à une saine utilisation du réseau.

Ces techniques peuvent notamment contribuer à une diminution des déséquilibres constatés dans les flux de données entre l'Europe et l'Amérique du Nord.

Délocalisation des contenus: l'idée est d'autoriser la consultation d'un contenu, sans que l'identificateur de celui-ci soit synonyme d'une localisation. Par exemple, à partir d'un identificateur unique (d'une vidéo, par exemple), des services d'annuaires évolués peuvent permettre d'identifier une bonne source pour un destinataire donné.

Cette même idée peut être traitée dynamiquement par des caches.

Globalement, un ensemble de techniques doivent permettre de jouer dynamiquement sur la répartition des flux dans le réseau. Il est important de favoriser l'adoption et la diffusion de ces techniques:

- multicast,
- réseaux actifs,
- caches.

Dans ce domaine, de nouveaux standards tels que MPEG-7 spécifient des descripteurs de contenu qui permettront d'accéder aux bases de données audio/vidéo par le biais de critères autre que textuels (image ou son, formes, mouvement, ... par exemple). Mais d'ors et déjà, des outils propriétaires commencent à proposer ce type de fonctionnalités, y compris au grand public.

1.5. Terminal

Du point de vue du terminal, deux problématiques sont importantes.

La **première**, ciblée sur le **hardware**, consiste à mettre en relation un terminal privilégié par service. Cet exercice est spéculatif, car nul ne sait aujourd'hui, parmi l'ensemble des nouveaux terminaux promis, annoncés ou déjà distribués, ceux qui auront du succès. On peut ainsi citer :

- les téléphones fixes enrichis d'un navigateur web : les webphones
- les téléphones mobiles enrichis d'un écran couleur et capables d'afficher de la vidéo,
- les assistants personnels (PDA), communicants ou non, avec des écrans un peu plus grands,
- les ordinateurs portables ou fixes, munis ou non d'une carte tuner pour recevoir la télévision,
- la télévision telle que nous la connaissons aujourd'hui,
- les boîtiers numériques de télévision, avec disque dur ou non,
- des combinés de télévision interactive, hybrides entre le PC et la TV.

Puisque cette partie se concentre sur la vidéo, on a éliminé de cette liste les terminaux n'offrant pas une résolution suffisante. Parmi ces différents terminaux, on peut parier ou non sur l'émergence du dernier. Soit un nouveau terminal hybride interactif émergera, soit la TV sera utilisée comme simple moniteur et les fonctions annexes (disques durs, accès Internet, ou équipement multimédia) pourront être distribués sur une variété d'équipements connexes, tels que les boîtiers numériques (set-top boxes).

L'évolution actuelle rapide des boîtiers numériques (par exemple TPS en France) est à ce titre un élément de veille important, avec l'arrivée de boîtiers comportant de gros disques (capacité d'enregistrement de l'ordre de la dizaine d'heures). Avec ces nouvelles capacités, les boîtiers se posent en concurrents du magnétoscope, mais aussi des chaînes généralistes (cf. Tivo et ReplayTV outre Atlantique).

La **deuxième** problématique concernant les terminaux est **logicielle**, liée aux d'auto-adaptation : en recevant du réseau certaines informations, le terminal peut se reconfigurer et changer dynamiquement de capacités, y compris en faisant appel temporairement à des ressources délocalisées. C'est le cas actuel du terminal TPS dont les mises à jour de l'OS sont téléchargés par satellite sur le décodeur.

Pour généraliser un tel mode de fonctionnement à un réseau ouvert comme Internet, cela suppose des progrès significatifs sur les techniques de traitement réparti, mais aussi sur les standards permettant à divers équipements d'un réseau (domestique ou d'entreprise par exemple) de s'identifier en terme de fonctionnalités de haut -capacité à restituer du son, de l'image...- et de bas niveau - mémoire vive, stockage...- et de partager des ressources - mémoire, capacité de traitement...

Cela suppose aussi des progrès significatifs dans les techniques d'installation/désinstallation de composants logiciels sur un terminal. En effet, la situation actuelle conduit à un engorgement difficilement maîtrisable. Des composants arrivent "par magie" du réseau. Mais en général, ils ne partent pas "par magie".

1.6. Protocoles IP

Le sujet des protocoles IP recouvre deux sujets importants : les possibilités de multicast et la qualité de service.

- Aujourd'hui, de nombreuses chaînes de télé traditionnelles diffusent également une partie de leurs émissions sur Internet. Toutefois, le nombre d'utilisateurs simultanés reste limité. Leur audience est limitée par la bande passante disponible (mais on espère que ce chiffre augmentera), et par le manque d'infrastructures multicast, qui empêche de diffuser un programme sans répliquer le flux autant de fois qu'il y a de spectateurs. Le passage à l'échelle demande donc le développement impératif de protocoles et d'architectures multicast.
 - La qualité de service est traitée actuellement aux niveaux des tuyaux et de leur capacité de transport. En fait, la qualité de service devrait pouvoir être modélisée de bout en bout, de la source à la diffusion, en prenant en compte des critères divers comme la performance, la vitesse d'affichage,...
- Les modèles de description de cette qualité ne sont pas aujourd'hui opérationnels avec une grande finesse au niveau applicatif. Cette notion doit être généralisée au niveau des contenus. Il est nécessaire de pouvoir indiquer le type de qualité de service requis par un document. Certaines séquences d'images animées requièrent qu'on visualise toutes les étapes (exemple: un schéma animé qui décompose un processus); la qualité requise est alors la présentation de toutes les images, plus que le respect du rythme. Pour une séquence de chant, on voudra privilégier le son; pour une action sportive, le rythme des images. Une fois de plus, ce problème peut être traité en associant une représentation du document à un composant logiciel de restitution de ce document.

1.7. Trois dimensions

Les données 3D, tout comme les graphiques 2D, l'audio, la vidéo ou le texte, seront de plus en plus associées à des services réellement multimédia. Des maquettes de télévision interactive de ce type sur Internet sont actuellement en plein essor. On pense par exemple à la société américaine Quokka Sports, responsable entre autre du site web des jeux olympiques de l'an 2000, qui proposent des services de diffusion réellement multimédia sur Internet, mêlant tous les types de contenu décrits ci-dessus.

Des organismes tels que le Web3D Consortium étudient aussi actuellement des spécifications qui lient des standards couvrant tous ces types de contenus, tels que MPEG-4, VRML, HTML ...

Les PC actuels possèdent dans leur grande majorité des cartes d'accélération graphique qui suppriment la barrière du temps réel dans l'exploitation des données 3D. D'une façon générale, le hardware 3D se démocratise très rapidement avec, par exemple, les ventes très considérables de consoles de jeu aux capacités graphiques avancées et très impressionnantes.

La compression et le « streaming » des données 3D est également en plein essor, grâce par exemple aux efforts conjoints de groupes tels que MPEG-4 et VRML, qui rendent possible la transmission de données 3D complexes sur des réseaux à bande passante limitée.

1.8. Éléments de veille & projets connexes

Initiatives autour de Java

DVB-MHP

JavaTV (Sun)

2. Services

Trois problématiques sont liées au mode d'accès au service : la première concerne le terminal (sur quel appareil accède-t-on au service ?, la seconde concerne les technologies sans fil (d'où a-t-on accès au service ? peut-on transporter le terminal sur soi ?) la troisième concerne le réseau domestique numérique (le terminal est-il connecté à d'autres équipements ? le service est-il consultable sur plusieurs équipements ? y a-t-il dissociation de l'équipement de stockage et de l'équipement de consultation ?).

2.1. Premier service : Formation

2.1.1. Description

Bien qu'ayant un lien avec tous les autres thèmes de réflexion pour l'Internet du futur (bases de données, recherche d'information, travail de groupe...), il nous a paru nécessaire d'aborder la question de la formation dans le cadre du thème sur les images animées.

La formation assistée par ordinateur est aujourd'hui une réalité :

- d'une part, il est possible d'accéder à des contenus explicitement formatés en tant qu'outil de formation (par exemple, les cours de langue sur CDROM),
- d'autre part Internet et les CDROMs donnent accès à une masse importante d'informations, qui permettent, dans de nombreux cas, d'assurer ou de contribuer à une auto-formation efficace.

Les avantages ainsi apportés ont leurs corollaires:

- la nécessité d'une mise en forme soignée et forte des contenus utilisés en formation est coûteuse; elle ne s'applique donc aisément qu'à des contenus ayant une bonne pérennité ou pour lesquels des conditions matérielles justifient cette mise en forme (enjeux financiers importants, personnes à former dispersées...),
- la masse d'informations disponibles pose des problèmes de tris, de choix, et de validation.

L'Internet du futur permettra:

- un recours important à des tuteurs,
- une diffusion plus large de certaines formations et, donc, un meilleur amortissement de leur mise en forme,

Au delà, il s'agit d'offrir la possibilité d'accéder à des apprentissages en bénéficiant d'au moins trois caractéristiques du réseau: la possibilité de s'affranchir largement de l'espace et du temps, la dématérialisation des contenus.

S'affranchir de l'espace : un apprentissage sur le réseau peut:

- faire appel à des ressources localisées en des lieux différents et variables,

- être disponible en tous point d'accès au réseau,
- permettre à chacun de retrouver à tous moment et partout son environnement d'apprentissage

S'affranchir du temps : Certaines formations peuvent bénéficier de la mise en contact des élèves avec des tuteurs pendant de larges tranches horaires. Les formations sur le réseau sont disponibles à tout moment.

Dématérialisation des contenus : Jusqu'à une date récente un contenu était indissociable d'un contenant (livre, cassette vidéo...). Les nouvelles technologie introduisent une dissociation du contenant et du contenu (e-book, vidéo numérique...).

Cette dissociation permet le "cartable électronique". La dématérialisation permet de disposer d'un contenu "volumineux" en tous lieux. Le réseau permet d'obtenir des informations manquantes ou complémentaires à tous moment. Il en résulte la nécessité de l'acquisition d'une discipline pour éviter la dispersion, et la nécessité d'une médiation pour choisir les bornes du domaine ciblé par le formateur.

La dématérialisation permet aussi la constitution de documents évolutifs:

- dans le temps, pour s'adapter à des évolutions, pour compléter ou parfaire le contenu,
- pour produire des variantes de documents, possédant plusieurs niveaux de lecture (document avec ou sans références, document avec ou sans développements techniques...) ou auto-adaptables (formation générique ex: comment utiliser la charte graphique de l'entreprise? qui s'auto-adapte à une application spécifique).

Les méthodes de production vidéo et multimédia, les sociétés de production utilisent déjà de tels concepts en s'appuyant sur des technologies embryonnaires tels que le montage vidéo hiérarchique ou le langage Lingo du logiciel Director.

Les problèmes, en particulier pour la formation, résident dans l'obsolescence et la validation de l'information. Ces problèmes deviennent d'autant plus complexes que les documents sont évolutifs et plus ou moins largement constitués de références à d'autres documents.

Il ne suffit pas d'introduire des flux audiovisuels dans Internet. Il faut aussi permettre aux personnes intéressées de trouver ces flux :

- soit pour les visionner,
- soit pour les intégrer à leur propre site,
- soit pour les référencer,
- soit pour les utiliser dans un nouvel audiovisuel.

Il faut donc:

- disposer d'outils de recherche performants sur des flux audiovisuels,
- disposer d'outils d'annonce de diffusion ou de disponibilité de séquences,
- assurer les moyens de connexion à une distribution audiovisuelle et, éventuellement, de rétribution des contributeurs.

La volonté de partager des connaissances via Internet passe par la disponibilité d'une variété d'outils de production et de diffusion de documents exploitables par des catégories de personnes très différentes.

De la même façon que les outils de dessin proposent des gabarits de mise en page, qu'il commence à apparaître des outils de montage vidéo qui guident le néophyte, il faut penser l'ensemble de la production de documents pour le réseau en terme d'outils, proposant des « assistants » :

- qui masquent la complexité sous-jacente,
- permettent, même à un néophyte, de produire des documents de qualité acceptable,
- permettent de faire aisément évoluer ces documents.

Un site qui n'évolue pas est généralement un site mort!

2.1.2. Vidéo de formation

Comme nous l'avons déjà indiqué, pour être efficaces, les documents pédagogiques supposent un investissement important; ils nécessitent la combinaison d'une expertise du domaine abordé, d'une expertise pédagogique et d'une expertise dans l'exploitation du support du document (livre, vidéo..).

Un bon document naît de la bonne articulation entre ces trois expertises.

A ce titre, l'image animée ou la vidéo nécessite une combinaison de compétences relativement rare. L'exploitation de celle-ci sur Internet y ajoute un nouveau besoin de compétences.

=====> Puisqu'il est difficile de produire des documents pédagogiques de qualité,

=====> Puisque l'image animée contribue efficacement à la qualité de documents pédagogiques dans de nombreux domaines,

=====> Puisque de nombreux domaines de formation sont en constante évolution,

Il apparaît nécessaire de disposer d'outils, de méthodes de production, de diffusion et de stockage des documents pour:

- faciliter leur production (gabarits, méthodes de travail coopératif...),
- qu'ils soient évolutifs, afin de préserver la pérennité de l'effort initial de mise en forme,
- qu'ils soient associés à des meta-informations qui facilitent leur recherche, leur évolution et leur validation (date, durée de vie, description sémantique du contenu, mots-clés...).

Ces nécessités peuvent trouver leur mise en œuvre dans le prolongement de travaux actuels, par exemple dans le cadre de MPEG4 ou de XML.

2.1.3. Approches technologiques

2.1.3.1.Compression

Les technologies de compression hiérarchique sont importantes pour ce service comme pour les autres services qui transmettent de la vidéo. On peut cependant noter des spécificités :

- dans le cas de la diffusion d'un cours, le sujet de l'image est bien connu et bouge peu. Ceci peut éventuellement permettre de s'adapter à des débits un peu plus faibles,
- dans le cas de transmission de matériel didactique (documents d'accompagnement, schémas de montage, etc.), la contrainte de qualité de service correspond à des obligations de synchronisation et d'absence de pertes (ne pas jeter un schéma, même s'il arrive une seconde trop tard), beaucoup plus qu'à une contrainte de respect de rythme de l'animation.

2.1.3.2. Sans Fil, mobilité, accès au réseau

L'arrivée de terminaux portables disposant d'une liaison sans fil à 2 Mbps (UMTS) permet d'envisager des applications entre formation et assistance. Une personne munie d'un terminal portable ad-hoc peut alors recourir à un tuteur pour faire face à une situation qu'il maîtrise mal. Le terminal permet :

- de communiquer de façon assez naturelle,
- à l'élève de montrer le problème qui se pose à lui,
- au tuteur de présenter les informations, y compris visuelles, qui peuvent aider son élève.

Au delà de la formation proprement dite, on peut songer à la forte croissance actuelle des centres d'appels destinés à assister toute sorte d'utilisateurs. L'aide actuelle est essentiellement vocale; on perçoit aisément que l'évolution d'Internet permettra une évolution des services rendus par ce type de centres.

Les techniques liées à la compréhension du langage naturel y trouvent évidemment des applications.

Actuellement les causes possibles d'indisponibilité d'un service sur le réseau sont nombreuses. En cas d'indisponibilité, remédier au dysfonctionnement est hors de portée de l'utilisateur sans lien avec la communauté informatique.

En effet, l'utilisation par tout un chacun d'Internet depuis des points d'accès variables suppose une amélioration forte de la robustesse des procédures d'accès. Toutes les personnes que nous avons interrogé sur la question ont connu dans une période récente des problèmes d'accès au réseau (configuration PPP, DNS...), alors que toutes ces personnes font partie de la communauté informatique!!! Que penser de l'accès de Madame Michu?

2.1.3.3. Caches / serveurs vidéos / stockages répartis

Les problématiques de caches et de la répartition du stockage sur des serveurs vidéos sont similaires à celles des deux autres services.

2.1.3.4. Terminal

On vient d'évoquer plus haut l'attrait de terminaux permettant une certaine mobilité.

Un autre aspect, spécifique à un tel service de formation concerne les processus liés à une simulation (expériences, etc.) On peut envisager des solutions visant à rechercher la capacité de traitement au plus près de l'utilisateur. Il y a alors deux niveaux de communication, un entre la source et l'unité de traitement, un entre l'unité de traitement et l'unité de diffusion. Les questions de qualité de service et de performances peuvent être traitées séparément à ces deux niveaux.

2.1.3.5. Protocoles IP : streaming, QoS,...

Voir l'exposé général en 0

2.1.3.6. 3D, expérimentation, simulation

La formation à certaines techniques passe par l'acquisition de gestes précis ou par une compréhension visuelle profonde du déroulement d'une action. La vidéo ne permet souvent pas une perception de ces gestes. La reconstitution 3D peut permettre de s'approcher de la présentation directe d'un geste par un tuteur en permettant à l'élève de revoir des gestes sous les angles qu'il choisit et au rythme qu'il choisit.

L'évolution des techniques de modélisation 3D peut contribuer à cette possibilité.

2.1.4. Éléments de veille & projets connexes

2.1.4.1. Projets RNRT en rapport avec ce service :

Deux projet RNRT actuels s'attaquent à des verrous identifiés pour ce service:

- VISI : ce projet aborde les problèmes de codages hiérarchiques, caches et de la présentation de contenu vidéo (maquette Thomson d'environnement de portail de vidéo interactive)
- VTHD : ce projet offre une plate-forme d'expérimentation à très haut débit (un réseau IP / WDM basé sur une dorsale à 2,5 Gb/s reliant des sites en région Parisienne, à Rennes et à Sophia Antipolis). Cette plate-forme, grâce à son débit, pourrait être utilisée pour tester une première maquette de ce service.

2.1.4.2. Projet MIREHD :

(ENST, INT...)

2.1.5. Au sujet des méthodes de recherche de document intelligentes

Des organismes peuvent intervenir comme médiateurs, pour valider une sous partie du réseau sur laquelle il est possible d'appliquer des méthodes de recherche de document intelligentes (en langage naturel et/ou à partir de représentation sémantique des documents...).

De telles méthodes sont réputées inapplicables à l'ensemble du réseau et à l'ensemble des thèmes de recherche, mais applicables à un domaine cerné, ce qui est assez facilement le cas sur un sujet de formation.

Disposer de telles méthodes performantes, d'une part pour la recherche, d'autre part pour la représentation (sémantique) des documents peut permettre d'attirer du flux sur un grand nombre de niches.

Par exemple, un tel service appliqué aux informations pour professionnels du bâtiment peut se trouver très bien référencé par les moteurs de recherche par popularité, puis servir de départ pour une recherche intelligente pour ces professionnels.

De plus ce type de recherche peut s'affranchir de problèmes de langue pour l'énoncé de la question posée (question posée en français, représentation sémantique de la question, recherche de documents en toutes langues).

Il peut être intéressant de préparer les domaines où ces techniques sont applicables, en particulier pour des besoins pédagogiques (législations, réglementations, techniques...).

2.1.6. Dématérialisation des contenus

Le réseau domestique est un des éléments clefs de la dématérialisation des contenus. En fait, il a un rôle primordial de découplage entre un objet et un type de contenu:

- la télé diffuse notamment le son télévisuel,
- les enceintes diffusent le son de la chaîne stéréo,
- la sonnette diffuse le son associé au bouton de la porte d'entrée.

Dans tous ces cas, on a un unique dispositif de production de son associé toujours au même dispositif de diffusion de son.

La numérisation généralisée de la plupart de nos vecteurs de communication permet de prévoir un découplage entre dispositifs de production et dispositifs de diffusion. Le réseau domestique étant la voie de transport des différentes informations.

Comment sauvegarder des données individuelles dématérialisées, délocalisées? (généralisation de la question: comment sauver une page Web? Quel est le "contenu" d'un document dynamique)

Que sauvegarder ?

Comment collectionner ?

Comment certifier une sauvegarde? (par exemple, une "copie" d'examen)

Dématérialisation => mise hors de la vue, dans une civilisation où tant de communication passe par la vue !!! Je vois un livre fermé et un concept me revient à l'esprit; je vois un écran éteint et un grand trou noir me revient à l'esprit?

2.1.7. Technologies clef

Multicast: paraît nécessaire pour la diffusion efficace de conférences/cours, ainsi que pour des vidéoconférences multi-site. Le concept de multicast doit encore avoir des évolutions technologiques fortes, par exemple en liaison avec les réseaux actifs.

Streaming vidéo,

Accessibilité du réseau,

Méthodes de représentation de l'information,

Réseaux actifs/caches/multicast,

Configuration dynamique des terminaux,

Traitements répartis,

Travail de groupe,

Standards de représentation, dont meta-informations sur les documents,

Outils de création.

2.2. Deuxième service : Studio domestique

2.2.1. Description

Le grand public a aujourd'hui accès pour un prix très raisonnable à un équipement multimédia qui permet la capture et la restitution temps réel d'audio et de vidéo, le stockage de ces données sur des disques durs dont la capacité aurait fait pâlir d'envie bien des professionnels il y a de ça quelques années, ainsi que la connexion à un réseau à l'échelle mondiale : Internet.

Ainsi, sur le papier au moins, rien n'empêche monsieur tout le monde de transformer son micro-ordinateur multimédia en véritable petit studio domestique de télévision sur Internet. On le voit déjà depuis de nombreux mois avec le nombre très considérable de webcams qui permettent à chacun de transmettre de la vidéo sur Internet au moyen d'une simple caméra très bon marché et d'un modem bas de gamme. On le voit aussi avec l'émergence du format de fichier mp3 sur Internet, où chacun peut enregistrer et distribuer à loisir ses morceaux de musique préférés.

Evidemment, nous n'en sommes qu'aux balbutiements de ce que certains nomment déjà la « télé libre ». Balbutiements, car les images restent de qualité médiocres, avec une résolution limitée et un taux de rafraîchissement (« frame rate ») très faible. Mais l'évolution des techniques de compression audio/vidéo, l'accroissement de la bande passante disponible et d'une façon générale une meilleure infrastructure réseau nous laissent penser que dans un futur proche, chacun de nous pourra devenir un « broadcaster » en puissance.

Chacun peut aujourd'hui aisément tourner en vidéo. Chacun n'est pas pourtant capable de produire des vidéos de bonne qualité.

D'une part, peuvent être proposés via le réseau des services de mise en forme de vidéo (montage); d'autres peuvent être proposés des services de correction de défauts: mauvais cadrage, problèmes colorimétriques ou de luminosité, saleté sur l'objectif...

Par exemple, dans certains cas, une séquence vidéo permet, au prix de traitements lourds, une reconstitution d'un modèle 3d de la scène visualisée. Lorsque ce type de technique est applicable, il est envisageable de "retourner" une scène en modifiant les conditions d'éclairage, le point de vue, la présence de tel ou tel objet...

De tels services peuvent générer des flux relativement important puisque la vidéo devra aller du client vers le service, puis revenir vers le client et les destinataires choisis par le client. Pour mémoire, la vidéo DV grand public actuelle utilise 25 Mbps par seconde, les prochaines générations pourraient passer à 50 ou 100 Mbps.

Trois types de pratique professionnelle peuvent être identifiés et déclinés:

- le tournage classique: pour lequel on tourne beaucoup, pour garder peu, ce qui nécessite un gros travail ultérieur de choix, d'assemblage et de mise en valeur (montage) de ce qui va être gardé,
- le direct: pour lequel des professionnels aguerris à cette pratique, tournent simultanément avec plusieurs caméras et choisissent au vol de quelle caméra viendra l'image conservée,
- l'exploitation d'un stock : films de montage, par exemple à partir d'archives d'actualités.

Ces trois types de pratique peuvent donner lieu à des propositions de services.

2.2.2. Approches technologiques

2.2.2.1. Compression

Dans le cadre du studio domestique, la question des standards de compression hiérarchiques est posé du point de vue de l'encodeur (chez le diffuseur) plutôt que du point de vue du décodeur.

La puissance actuelle des micro-ordinateurs permet l'encodage temps réel d'audio et de vidéo à des débits de l'ordre du Mbps ou plus sur des plates-formes grand public. Nul besoin par conséquent de s'équiper de cartes accélératrices professionnelles pour « broadcaster » sur Internet. Un hardware dédié reste toutefois souhaitable pour accéder à une qualité optimale et à des fonctionnalités spécialisées (édition temps réel de sources audio vidéo nécessitant des cartes de capture professionnelles par exemple), mais pour combien de temps encore ?

2.2.2.2. Sans fil, réseau domotique

Dans le cas du studio domestique, on imagine TV, magnétoscope, DVD, décodeur numérique, équipement hi-fi et caméra sans fil connectés à un PC, reconstituant ainsi un véritable petit studio à la maison. L'utilisateur pourra ainsi capturer et éditer son contenu en provenance de divers sources, avant de le rendre disponible sur Internet, par « broadcast » ou à la demande.

2.2.2.3. Caches et serveurs vidéos

On renvoie ici à la description de nouveau service intitulée « Environnement vidéo personnel », avec lequel le studio domestique partage les mêmes problématiques, à savoir accès à un contenu partagé, enregistrement d'émissions et accès à sa propre production. Soulignons également la nécessité d'outils d'indexation rapide et simple d'utilisation qui permettront à tout utilisateur de sélectionner son contenu à distance afin éventuellement de l'éditer à la maison.

2.2.2.4. Terminal

Aujourd'hui, le terminal de choix qui permet la création, l'édition et la diffusion de contenu multimédia reste le PC. Avec dans l'avenir l'accroissement des fonctionnalités interactives de la télévision, on peut imaginer qu'un tel studio domestique puisse être accessible depuis son téléviseur, mais il faudra très certainement pour cela développer des interfaces simplifiées compatibles. Dans l'avenir, des outils d'édition permettront le montage de ces séquences par l'utilisateur.

2.2.2.5. Protocoles IP et infrastructures réseau

Deux verrous importants au moins pour la diffusion sur Internet restent la capacité de bande passante et les infrastructures multicast. Aujourd'hui, de nombreuses chaînes de télé traditionnelles diffusent également une partie de leurs émissions sur Internet. Toutefois, le nombre d'utilisateurs simultanés reste limité. On est encore loin des millions de téléspectateurs assis devant leur poste de télévision grâce au réseau hertzien par exemple.

La plupart des grands événements retransmis en direct sur Internet n'ont été que de demi-succès, dû à l'engorgement des réseaux et à la surcharge des serveurs. Le premier concert/charité sur Internet, Netaid, diffusé sur Internet depuis New York, Londres et Genève, se révélait ainsi aussi début octobre comme un moyen pour Cisco de démontrer sa puissance au niveau des équipements réseau, en permettant à quelques 120 000 utilisateurs d'accéder au service.

2.2.2.6. 3D

Voir l'introduction en 0

2.2.3. Elément de veille et projets connexes

Sur le marché japonais, on citera par exemple la caméra Sharp MPEG-4 qui permet d'encoder la vidéo au format MPEG-4 pour ensuite la télécharger sur un PC pour envoyer des vidéo mails sur Internet.

Sur le marché américain, on citera les offres de TIVO et ReplayTV (boîtiers numériques dotés de capacité de stockage, connectées à un guide des programmes et adaptant la programmation de leurs enregistrements aux goûts du téléspectateur) et de Quokka Sports (télévision immersive pour le sport).

Côté RNRT, on pense à OSIAM qui fournit des outils de segmentation d'images animées, permettant ainsi leur indexation et leur utilisation sous forme compressée. Egalement les projets COHRAINTE, MELODIE, VISI pour le codage et la diffusion d'audio et de vidéo sur Internet. Peu ou pas de projet toutefois sur la création et l'édition de contenu : voir le programme Société de l'Information, et en particulier PRIAMM ...

2.3. Environnement vidéo personnel

2.3.1. Description

Il s'agit d'offrir au grand public la possibilité de traiter de manière uniforme l'ensemble des contenus vidéo achetés, enregistrés ou produits en famille. Un tel service fusionne donc les usages actuels

- d'enregistrement d'émissions diffusées,
- de vidéo à la demande (ce qui correspond aujourd'hui à la location de cassettes vidéo ou de DVD),
- de films produits par un caméscope

Ce service, se présente sous la forme d'une page d'accueil interactive sur la télévision qui permet d'avoir accès par exemple à la dernière vidéo de vacances, au match de foot de la veille et à la boutique de location de films. Tous ces contenus sont accessibles de manière simple et uniforme (on clique et ça marche). L'utilisateur ne manipule plus de support physique (plus de cassettes, ...) et n'a pas pour autant à se soucier de problèmes de place. Les vidéos accessibles sur ce portail sont soit stockées en local soit stockées à distance sur un cache. Le raccordement Internet est de suffisamment haut débit pour que l'utilisateur ne voit pas de différence entre la consultation locale ou à distance.

La percée d'un tel service est aujourd'hui entravée par certains verrous technologiques

- Le débit du réseau d'accès
- La répartition de charge entre le stockage local et celui sur des serveurs vidéo à distance.
- Le comportement de l'utilisateur face au(x) terminal(aux) d'accès qui mêle deux usages : *entertainment* et interactivité. Une des pistes pour mêler ces usages réside dans le développement du réseau domestique pour connecter PC et TV.

Des « verrous d'usage » sont aussi associés à ce service. Ceux-ci sont liés à

- L'utilisation intuitive d'un portail personnel vidéo. Ceci demande de changer d'attitude devant l'écran TV, de cesser d'être uniquement spectateur et de devenir acteur. C'est un changement profond de comportement. Nous ne sommes pas habitués à manipuler de la vidéo. Une interface conviviale du portail reste donc entièrement à définir.
- La dématérialisation du support de stockage. La disparition des cassettes vidéos et leur remplacement par un disque dur peut représenter une transition difficile. A l'extrême, une déclinaison du service où tout le stockage serait fait à distance aurait probablement du mal à emporter la confiance des utilisateurs qui pourraient avoir le sentiment d'être dépossédés de leurs vidéos personnelles.

2.3.2. Approches technologiques

2.3.2.1. Compression

Puisque ce service offre un accès indifférencié à un environnement vidéo, que le contenu soit stocké à la maison ou à distance, il requiert de pouvoir transporter des flux vidéos importants à travers Internet. Comme les deux autres services transportant de la vidéo sur Internet, celui-ci doit pouvoir d'appuyer sur des techniques de compression hiérarchiques pour limiter les besoins en bande passante, garantir une qualité de service, et permettre une consultation sans attente pour le téléspectateur (consultation à la volée plutôt que téléchargement avant consultation).

Du point de vue des techniques de compression, ce service est probablement le plus exigeant des trois. En effet, l'environnement vidéo personnel vise avant tout le domaine de l' *entertainment*, dans lequel les exigences des spectateurs en termes de définition d'image sont fortes.

Le spectateur n'acceptera ainsi probablement pas une dégradation de l'image trop forte pour s'adapter à un débit faible : les technologies de compression hiérarchique n'effacent ainsi pas la nécessité de capacité haut débit du réseau.

2.3.2.2. Sans Fil

Pour l'instant de peu d'objet, en ce qui concerne la mobilité à l'intérieur de la maison. En effet, on imagine mal aujourd'hui l'intérêt de la consultation de vidéo sur des terminaux sans fils (à chacun son écran portable consulté sur son lit ou dans son fauteuil ?).

2.3.2.3. Caches et serveurs vidéos

Il s'agit d'une des problématiques principales, puisqu'on veut

- accéder à des contenus partagés (VOD sur des serveurs vidéo thématiques, ...)
- enregistrer des émissions diffusés
- accéder à sa propre production vidéo (caméscope)

Dans le premier cas, les contenus sont clairement stockés à distance sur des serveurs vidéos qu'il convient de répartir pour éviter un engorgement du trafic. Il y a donc une problématique de localisation optimisée d'éléments de réseau, du point de vue du fournisseur de contenu. Dans les deux cas suivants, le point de vue est celui de l'utilisateur qui ne dispose chez lui que de capacités de stockage (plus ou moins) limitées. Un des intérêts du service est de lui permettre de répartir (automatiquement) ses contenus entre son stockage personnel et un serveur distant.

Les serveurs fournissent donc deux services : un service de cache (permettant de diminuer la distance de parcours pour les données accédées par de multiples utilisateurs) et un service de

location de stockage à distance (pour décharger de manière transparente l'unité de stockage de l'habitation).

2.3.2.4. Réseau numérique domestique

La présence du réseau domestique est un facteur important pour permettre le développement de ce service. En effet, le raccordement de l'écran (ou des écrans) de télévision à un PC permet :

- D'utiliser le disque du PC comme moyen de sauvegarde
- D'utiliser l'écran du PC comme fenêtre de visualisation de ces contenus vidéos. Ceci permet de lire du mail d'un œil et de regarder une vidéo d'un autre.
- De faire du montage et de l'édition de vidéo personnelle sur le PC avant de les transférer sur le portail et de les consulter sur la TV.
- D'organiser son environnement vidéo à partir du PC plutôt que par une super-télécommande. Cette activité d'organisation concerne le rangement des documents, la présentation graphique personnalisée du portail, l'abonnement à un service push, la programmation d'enregistrements automatiques dans un guide des programmes intelligent ou enfin la recherche de vidéos sur le Web. Cette activité peut aussi être faite sur la TV, mais nous parions que l'édition du portail vidéo personnel à partir du PC est un vrai plus.

2.3.2.5. Terminal

Le service est parfaitement déployable sur les télévisions et PC actuels. Plus les télévisions intégreront des fonctions interactives et plus les PC se rapprocheront d'appareils d'entertainment (beau son, bel écran, cartes tuner, ...) plus ce service pourra se déployer sur l'un seul de ces appareils.

Dans l'optique du futur PC enrichi -vraiment multimédia-, tout pourra se piloter depuis le PC, la TV n'étant qu'un écran de plus, et l'antenne arrive sur le PC. Dans l'optique de la future TV enrichie -vraiment interactive-, le PC n'est qu'un disque et éventuellement une fenêtre sur Internet.

Enfin, le service n'est pas tributaire de la naissance d'un hypothétique terminal hybride convergent.

2.3.2.6. Protocoles IP

Les techniques importantes facilitant l'apparition d'un tel services sont celles du multicast à l'intérieur d'un protocole IP (pour pouvoir faire de la diffusion de programmes) et du streaming de vidéo.

2.3.2.7. 3D

sans objet.

2.3.3. Éléments de veille & projets connexes

Parmi les éléments de veille sur le marché américain et européen, on peut citer

- Le marché du « *home theatre* ». L'évolution de l'exigence des téléspectateurs en termes de qualité d'image est un facteur important de dimensionnement du débit de tels services. La première question est celle de la TVHD, mais elle est probablement à trop long terme. Plus proche de nous, le marché des grands écrans, du 16/9 et du 100 Hz. indique le désir des téléspectateurs de disposer de bonnes images. Le portail vidéo doit suivre cette demande de

qualité et ne pas être en deçà de la qualité d'une diffusion numérique (par satellite par exemple).

- L'évolution des boîtiers TV numériques et des téléviseurs numériques. Ces nouveaux appareils, en intégrant de nouvelles fonctions de service, comme le guide des programmes, se positionnent sur le segment des portails. La politique des constructeurs de terminaux (comme Thomson Multimédia et ses téléviseurs interactifs TAK) est importante. La réaction du public aux premières offres aux Etats Unis de boîtiers interactifs (TiVo, Replay TV) est aussi à surveiller.
- L'interface de ces nouveaux services (en France, dès cet automne sur les bouquets satellites) et les modes d'interaction face à ces écrans mêlant vidéo animées, icônes et liens hypertexte est un dernier élément important.

Deux projet RNRT actuels s'attaquent à des verrous identifiés pour ce nouveau service:

- VISI : ce projet aborde les problèmes de codages hiérarchiques, caches et de la présentation de contenu vidéo (maquette Thomson d'environnement de portail de vidéo interactive)
- VTHD : ce projet offre une plate-forme d'expérimentation à très haut débit (un réseau IP / WDM basé sur une dorsale à 2,5 Gb/s reliant des sites en région Parisienne, à Rennes et à Sophia Antipolis). Cette plate-forme, grâce à son débit, pourrait être utilisée pour tester une première maquette de ce service.

3. Priorités identifiées

En conclusion, le sous-groupe souhaite recommander deux priorités de recherche, d'apparence contradictoire, puisqu'une est plutôt destinée à réduire les flux et l'autre à les augmenter :

- Réduction des flux : la première priorité est technique et recouvre l'ensemble des techniques de caches, de localisation de serveurs, et de délocalisation de services. Il s'agit d'incorporer dans les outils du réseau des outils permettant une exploitation optimisée des flux, pour permettre une utilisation raisonnée de la bande passante et éviter ainsi les problèmes d'engorgement du réseau. Dans cette optique, il faut encourager le développement d'adressage de services délocalisés, de la constitution automatique de caches ainsi que d'architectures multicast. Enfin, mentionnons que ces techniques de délocalisation de services permettraient de rééquilibrer le trafic entre l'Europe et l'Amérique du nord.
- Augmentation des flux : la seconde priorité concerne plus directement l'usage et est tournée vers le public non-professionnel de la vidéo. Il s'agit de mettre à disposition de ces publics tout un ensemble d'outils et de services permettant d'éditer et de produire un contenu vidéo. Nous pronostiquons la disponibilité de très gros tuyaux et sommes donc préoccupés de trouver ce qui va pouvoir être transporté par ces tuyaux. Pour faire face à cette préoccupation, il est nécessaire de disposer de méthodes, d'habitudes et d'outils qui favorisent la production par une grande variété de personnes de contenu de qualité, qu'il s'agisse de contenu instantané (live) ou de documents. De nombreux progrès peuvent être encore accomplis sur les outils. L'outil de production lui-même et l'assistance qu'il apporte, notamment via le Internet, contribuera de plus en plus à l'obtention de documents consultés.

Finalement, les deux priorités concourent à augmenter la quantité de données utiles par quantité de données transportées.

A.3. Rapport du groupe 3 : Favoriser la mobilité et la coopération par Internet

Membres du groupes

Jean-Denis Chillet, Alcatel
Michel Diaz , Laas
Serge Fdida, LIP6
Michel Riguide, Thomson- CSF

1. Les services

L'Internet du futur va posséder plusieurs formes et fonctions qui seront définies par la capacité de les créer globalement et dynamiquement, en fonction des besoins. La diversité de ces possibilités s'appuiera sur la variété et l'ubiquité de l'ensemble des équipements connectés, des réseaux reliés et des utilisateurs impliqués. La richesse et l'innovation des nouveaux protocoles et services proposés découleront en particulier des possibilités d'interaction entre tous les objets disponibles sur le réseau, c'est-à-dire adressables et exécutables à travers l'Internet.

Ces objets pourront être de toutes natures, très diverses, par exemple aussi bien des équipements plus ou moins classiques (terminaux divers, ordinateurs, armoires fonctionnelles, systèmes de stockage, ...) que des entités plus ou moins évoluées (programmes, entités logicielles de type agents ou acteurs, personnes physiques,...).

Il faut bien comprendre que ces possibilités modifient fortement la nature des potentialités et des problèmes rencontrés, car, dans de tels systèmes, dits coopératifs, nous considérons que l'intérêt d'utilisation et la complexité rencontrée croissent dans le cas général en 2^N , N étant le nombre d'entités interactives impliquées dans une relation communautaire.

La forte composante du trafic sera ainsi créée par des communications [a,b,c,...], pour lesquelles a,b,... seront soit des machines, soit des logiciels, soit des personnes, ou plus généralement une combinaison sophistiquée d'un certain nombre d'entre eux. Les services et les protocoles correspondants, par essence très interactifs, impliqueront et devront gérer l'instanciation dans le temps et dans l'espace d'une communication et d'une coordination entre plusieurs, généralement bien plus de deux et quelques fois un grand nombre, de ces objets.

Les services proposés pourront être supportés par une forme de réseau dynamiquement programmable ou actif, qui permettra de faire coopérer, ensembles, en temps réel, les utilisateurs d'un nombre important de réseaux, même les plus hétérogènes, à partir d'un déploiement global des protocoles les plus dédiés et optimisés.

Les communications ainsi créées permettront de rassembler dans une même association l'ensemble des éléments participant à une application quelconque de communication de groupe, de type télé-activité, télé-immersion, communauté virtuelle, nomadisme, système coopératif,...; cette association, instanciation d'une communauté, devra pouvoir être créée statiquement par administration ou de façon plus générale dynamiquement par les acteurs eux-mêmes, selon un contrôle des propriétés définies par la sémantique même de la communauté.

Les applications envisagées concernent principalement :

- l'Interconnexion d'équipements de tous types, par exemple pour le calcul haute performance, la simulation distribuée, la réalité virtuelle ou augmentée, ...
- les Relations interpersonnelles les plus générales, telles que la télé-expertise et la télé-ingénierie, les groupes d'intérêt spécialisés (par exemple pour les maladies rares), les jeux, la démocratie directe sur réseaux, les laboratoires distribués, ...

2. L'existant

La notion de coopération commence à exister dans l'Internet, par exemple dans les jeux distribués.

D'abord, certaines formes similaires, aujourd'hui présentes, telles que les forums, réseaux privés virtuels, majordomo,... apparaissent sous une organisation relativement archaïque, peu conviviale pour les non spécialistes et sans réelle définition de Qualité de Service.

Ensuite, cette notion s'avère très restreinte, d'abord par les limitations des réseaux supports actuels, par exemple par celles du M-Bone, ensuite par l'architecture client-serveur, c'est-à-dire par le manque de partage de l'environnement informatique, et enfin par l'absence d'une gestion dynamique de la qualité en interaction avec le réseau, en particulier par l'absence de garanties temporelles.

Les actions à conduire passent donc par une innovation pour de nouveaux services communautaires, par une modélisation de la communication de groupe correspondante, et par la conception de réalisations à propriétés garanties. Une définition formelle sera nécessaire afin d'en extraire de façon non ambiguë les propriétés et les API. De très nombreux algorithmes applicatifs et protocoles réseaux correspondants restent encore à inventer. Une forme nouvelle de communication et de coopération devra être introduite afin d'autoriser les interactions indispensables entre les objets cités précédemment, à travers des espaces intelligents, ceci dans les environnements professionnel ou domestique.

En conséquence, le but du thème " Communauté " est de :

- définir des modèles et des services,
- à partage interactif d'applications,
- à Qualité de Service garantie,
- interconnectant N utilisateurs.

3. La normalisation

La normalisation de l'Internet se développe principalement au sein de l'IETF, mais aussi dans d'autres organismes influents, tel le W3C, l'IEEE et, pour des domaines connexes, l'ETSI et IUT. Des forums industriels existent par ailleurs (QoSForum, ATM Forum, Ipv6 Forum) selon un mouvement organisé par les industriels.

Dans ces contextes, la participation française est insuffisante et limitée à certains secteurs (Ipv6, UDLR, QoS). Actuellement, l'influence à l'IETF passe par un fort lobbying industriel ainsi que par la participation à une coopération académique et-ou industrielle identifiée et forte. Des antichambres comme l'IRTF (Internet Research Task Force) et des conférences comme SigComm existent et contribuent à l'émergence de cette influence.

Il est donc primordial que la communauté académique française soit active dans ces contextes, qui constituent par la suite le vivier et le moteur des nouveaux développements de l'Internet. Cette activité s'avère relativement lourde, dans la mesure où la crédibilité n'est acquise qu'au travers d'une participation active, d'une contribution technique et de réalisations avancées. Elle requiert ainsi à la fois un fort potentiel de recherche et des environnements d'expérimentation adaptés.

Certains groupes structurés existent, comme dans les initiatives organisées autour des plateformes vBNS ou Abilene. Cependant, les travaux développés dans ces cadres sont très appliqués ; ils demandent des ingénieurs expérimentés et conduisent à des études souvent difficiles à valoriser dans le contexte de la recherche française.

Enfin, la coopération entre les centres de recherche et les industries impliquées dans ce domaine doit en particulier être renforcée afin que toutes ces forces soient associées pour pousser des idées dans les structures de normalisation.

4. La Problématique

La mise en œuvre de telles solutions se heurte à plusieurs défis techniques dont certains sont identifiés, et d'autres, nouveaux, seront certainement rencontrés à l'avenir. Les principaux défis actuels sont donnés dans ce qui suit.

4.1. Développer et améliorer l'existant

4.1.1. Mobilité

La volonté d'accéder, quel que soit l'instant et le lieu, aux services de communication requis lors de participations communautaires implique le développement de fonctions particulières aptes à prendre en compte le caractère mobile qui lui est associé.

Ces fonctions doivent prendre en compte la mobilité de tous les objets intervenant dans l'application, celle des hommes, mais également celle des machines et de leurs logiciels. Par ailleurs, l'utilisation des services de communication depuis n'importe quel endroit, n'implique pas forcément le mouvement. Cependant le mouvement introduit une contrainte particulière qui nécessite le recours aux liens radio afin de s'affranchir du lien filaire permettant le raccord à l'application.

Finalement le but est d'offrir un accès unifié au service, indépendant du lieu ou de l'instant d'utilisation. Pour ce faire, la prise en compte du contexte d'utilisation ainsi que la nature même du service requis sont nécessaires.

Les défis qu'il s'agit de relever sont multiples, et ils s'expriment en particulier au travers de l'amélioration ou de l'introduction des concepts suivants :

- la gestion automatique de la connection (automatisation de l'administration, connexion à la volée) ;
- la définition des profils utilisateurs complets, distribués et coopératifs, et l'administration dynamique de ces profils ;
- la prise en compte des aspects sans fils (radio ou infrarouge), avec changement du support de la communication ;
- l'extensions des fonctions de roaming, afin de reconnaître et accueillir l'utilisateur ou la machine dans un réseau qui n'est pas celui d'origine, au travers des réseaux hétérogènes ;

- l'extension des fonctions de hand-over, transitions transparentes entre réseaux hétérogènes, incluant la prise en compte du mouvement durant l'utilisation du service ;
- la connection/adaptation automatique au réseau le plus approprié pour le service selon le type d'utilisation (résidence/bureau/espace public/rue, petite/grande mobilité ;
- la performance propre des technologies sans fils, capacité/qualité, et l'adaptation automatique des services aux ressources du terminal d'accueil banalisé ou spécialisé ;
- la gestion et la prise en compte dynamiques de l'évolution des ressources réseaux disponibles et de leur qualité.

4.1.2. Sécurité

La sécurité recouvre des besoins différents, parfois antagonistes, tels que : contrer les malveillances (vandalisme, fraude, crime organisé, terrorisme), garantir l'équité des échanges (commerce électronique), protéger la propriété intellectuelle (droits d'auteurs), et préserver les libertés individuelles (confidentialité, expression, vie privée).

La sécurité des communautés sur Internet pose de nouveaux problèmes auxquels il convient d'apporter des solutions cohérentes ;

- il faut mettre en œuvre de nouveaux schémas d'autorisation, adaptés aux communautés, et donc plus riches que ceux basés sur le modèle client-serveur ;
- l'authentification et le contrôle d'accès (autorisation) doivent reposer sur des tierces parties de confiance ou TPC (infrastructure à clés publiques, autorités de certification), et les interactions entre TPC doivent être gérées par des politiques adaptées, mais cohérentes ;
- ces TPC, pour être dignes de confiance, doivent être capables de résister efficacement, par des techniques de tolérance, aux malveillances, y compris celles des administrateurs et des utilisateurs privilégiés de ces TPC ;
- il faut concevoir des structures permettant de garantir la confidentialité des informations personnelles (par exemple, les relais d'anonymat ou MIX), tout en permettant un accès par des autorités légalement habilitées (lutte contre le blanchiment d'argent sale, par exemple) ;
- la protection de la propriété intellectuelle doit être gérée, ce qui pose également des problèmes particuliers (certaines entreprises peuvent vouloir coopérer et partager des informations sur certains projets, tout en étant en concurrence sur d'autres) ; ceci suppose des mécanismes de contrôle d'accès et de traçage (filigranes) efficaces.

Toutes ces solutions doivent reposer sur des techniques cryptographiques adaptées aux communications par groupe (signatures à seuil, partage de secret, chiffrement des communications de groupes, transactions sécurisées, etc.).

4.1.3. Multicast et communication de groupe

La notion de multicast, depuis longtemps à l'étude, apparaît maintenant, pour les grandes distributions sur l'Internet, dans toute son utilité et dans toute sa complexité. Elle intervient à deux niveaux d'interaction, celui de l'interface avec le réseau et celui de l'interface avec l'application, chacun de nature différente, possédant ses propres besoins et ses propres contraintes.

Dans sa signification la plus générale, elle nécessite de nombreux travaux dont, par exemple :

- l'identification globale et locale d'une communauté ou d'un certain groupe et l'adressage qui la complémente,
- l'organisation globale de la communauté (scoping), avec la distribution de tous les identificateurs s'y rapportant,
- le routage multipoints à propriétés définies, à la fois dans ses fonctions et ses mécanismes, et dans sa capacité à gérer le changement de facteur d'échelle,
- le support global du multicast, incluant par exemple la mise en oeuvre et le contrôle de l'intégrité des groupes,
- le déploiement par commande des réseaux, programmables ou actifs, en incluant la définition claire des API correspondants, à la fois pour des environnements portables et des réseaux ad-hoc.

4.2. Créer les nouveaux services Clients-Producteurs

4.2.1. Communication temps réel déterministe

Il s'agit ici de définir, concevoir et réaliser un support de communication très avancé, ayant des propriétés temporelles déterministes, c'est-à-dire des propriétés de type réseaux temps réel de l'informatique industrielle. Un tel contexte est par exemple celui de la commande et du contrôle industriel, dans lesquels les actions et leurs enchainements doivent être déterministes et prévisibles.

Utilisables dans de très nombreux domaines, tels que les jeux, le calcul distribué, la simulation, le contrôle et la commande à distance... la difficulté de la conception d'un tel support provient du fait que les propriétés et fonctions requises doivent être mises en oeuvre sur un ensemble de réseaux longue distance pouvant être hétérogènes, à travers l'Internet, c'est-à-dire en incluant en particulier :

- des ordonnancements distribués à large échelle ;
- la gestion adéquate des priorités et alarmes ;
- l'assurance de garanties temporelles déterministes fortes ;
- l'optimisation et le partage précis du réseau ;
- la conception de toutes les signalisations correspondantes.

4.2.2. Coordination d'activités distribuées

Les nouvelles activités distribuées conduisent certains chercheurs à proposer, définir, réaliser et évaluer une nouvelle couche fonctionnelle, localisée entre la couche de communication et la couche d'application. Les fonctions de cette couche, située dans le middleware, ont pour but de soustraire à l'utilisateur tout un aspect de la programmation distribuée, et donc de sa complexité, aspect lié à toutes les actions de base des activités communautaires coopératives. Ainsi, ces activités génériques devraient proposer, parmi d'autres, les fonctions suivantes :

- la gestion globale et automatique des participants, de leurs rôles et des pouvoirs qui leur sont attribués ;

- la transparence des topologies et des composants reliés et utilisés, par définition variables dans le temps et les fonctions ;
- l'enchaînement et le contrôle des activités, nécessairement soumises à des contraintes distribuées liées aux applications ;
- la maîtrise de la dynamique des sessions et des espaces partagés, qui inclut en particulier les garanties de cohérence ;
- l'optimisation des liens existant entre les applications et les communications, délicates du fait des interactions les associant ;
- l'administrabilité répartie des ressources, dans toutes ses facettes et ses difficultés.

4.2.3. Production des outils de support

Le fait de programmer et déployer un grand nombre de logiciels coopérants, qui conduit à des communications associant N participants, engendre des difficultés nouvelles. Elles sont principalement dues au grand nombre des événements possibles de façon conjointe et à leur parallélisme intrinsèque. Maîtriser cette nouvelle dimension, détecter et corriger les erreurs sur l'ensemble des sites distribués s'avère très difficile, et en conséquence un effort particulier doit être fourni afin de développer des solutions et des programmes sans erreur.

Les travaux correspondants devront porter sur :

- les techniques de description formelle, afin de préciser les comportements définis et les propriétés qui en sont attendues ;
- la vérification et la simulation, l'une exhaustive et l'autre incomplète, mais chacune ayant son domaine d'intérêt ;
- les mesures, l'observation et le test distribués, après réalisation, en assurant la cohérence des valeurs et l'évaluation des marges.

4.3. Développer les expérimentations

L'expérimentation, comme cela a été prouvé lors de la conception de l'Internet actuel de première génération, s'avère tout à fait indispensable si l'on veut réellement comprendre et maîtriser la complexité de tels systèmes. Il n'y a à ce jour aucune méthode permettant de décrire ou simuler les comportements obtenus dans les réseaux réels, à la fois par manque de caractérisation du facteur d'échelle et par manque de modèles décrivant les événements engendrés par les utilisateurs. De plus, l'existence de N comportements communautaires, portant sur des logiciels à partager, totalement asynchrones et indépendants, complexifie encore les fonctions et actions indispensables.

Enfin, l'expérimentation devrait être auto-applicable, c'est-à-dire que certains projets au moins, sous réserve de faisabilité physique, devraient mettre en place, utiliser et évaluer les logiciels communautaires définis et implémentés avec une certaine robustesse.

En conséquence, des expérimentations doivent être menées sur :

- la maîtrise des réseaux hauts débits, multimédias, multicast et de leurs propriétés, tant au niveau réseau qu'au niveau transport,
- les possibilités de déploiement auto-programmable de ces nouveaux logiciels de groupe, dans le cas le plus général, c'est-à-dire pour tous les protocoles d'intérêt,
- la conception, la mise en place et l'évaluation d'applications novatrices communautaires, mais reposant sur des services déjà stabilisés afin de pouvoir y impliquer de vrais utilisateurs non informaticiens,
- la certification de tous les services proposés, et en particulier des interactions pouvant apparaître entre les services existants et ceux dynamiquement introduits.

A.4. Rapport du groupe 4 : Définir pour Internet des infrastructures adaptées aux besoins et aux usages

Membres du groupe

Dominique Delisle, France Télécom
Yves Devillers, INRIA
Serge Fdida, LIP6
Robert Rumeau, CNES

Bien que l'on puisse identifier un grand nombre de thèmes essentiels pour le développement de la technologie Internet dans le domaine des infrastructures et de la programmabilité des réseaux, nous en avons retenu 4 recommandations d'études techniques et une recommandation générale sur la mise en place d'une plate-forme réseau.

1. Première recommandation

Tirer parti de nos points forts pour impacter l'architecture IP au moment où l'accent est porté sur l'intégration des infrastructures.

Les efforts se concentrent aujourd'hui pour parvenir à une intégration des réseaux et la technologie IP est au cœur de cet effort. L'interconnexion des réseaux de nouvelles génération (NGN) constituera la base de du plus grand réseau ouvert mondial de demain dont on ne saura plus s'il est le successeur du réseau téléphonique actuel ou le successeur de l'Internet d'aujourd'hui. Pour relever ce défi, la technologie IP doit évoluer encore profondément et intégrer les contraintes posées par de nombreuses nouvelles technologies d'accès ou de transmission ainsi qu'adapter ses protocoles de contrôle pour satisfaire aux contraintes liés à des modes de transfert non intégrés aujourd'hui comme ceux utilisés pour les réseaux mobiles, pour le réseau téléphonique commuté ou encore les réseaux industriels.. L'imagination des solutions pour réaliser cette intégration tient autant à la maîtrise des compétences de l'IP qu'à la maîtrise des compétences des réseaux que l'on cherche à absorber. C'est là une opportunité qu'il convient d'exploiter.

1.1. Renforcer les études sur les Interactions des infrastructures existantes et des infrastructures IP

S'il est une technologie où l'Europe est en avance, c'est celle des mobiles. Deux types d'interactions entre infrastructures mobiles et la technologie IP doivent être considérés:

- L'accès aux services de l'Internet à partir de réseaux mobiles : les réseaux mobiles sont alors des réseaux d'accès au même titre que le réseau téléphonique, l'ADSL ou le câble. Ces techniques sont déjà utilisées mais doivent être améliorées : sur les débits d'accès, l'ergonomie et l'intégration des terminaux dans des objets usuels utilisés en itinérance (téléphone, organiseurs, Laptop, voitures, vêtements, montres, lunettes...), l'adaptation de l'ergonomie des services à une multitude de mode de consultation.
- L'usage de la technologie IP pour constituer le réseau cœur des réseaux mobiles. L'infrastructure mobile se ramène à une simple couronne de réseaux d'accès autour d'une infrastructure de réseaux IP. C'est là une mutation assez radicale non encore complètement définie.

Cette couronne de nouveaux réseaux d'accès peut devenir particulièrement structurante pour les protocoles adoptés au cœur. Il ne faut pas oublier que dans la bataille ATM versus IP, l'ATM a

perdu d'abord parcequ'il n'a pas pu accéder à la périphérie (réseaux locaux, terminaux). C'est sans doute ici une carte à tenter pour reprendre l'avantage (ou au moins revenir à un certain équilibre) vis à vis du reste du monde

1.2. Renforcer les études sur les OS Réseaux afin d'en faciliter leur programmation.

Si on considère le succès de l'informatique fondé sur les PC aujourd'hui, puis de l'Internet, il tient d'avantage à la mise à disposition à moindre coût d'un Operating System suffisamment performant, documenté sur lequel chacun peut développer des applications qu'à la plate-forme matérielle.

De la même manière la clé du succès des services Internet aujourd'hui, c'est la facilité de développement de ceux-ci qui autorise la plus grande créativité car ouverte aux plus grand nombre : UNIX, les serveurs Apache, le langage Java et ses applets qui permettent d'enrichir les terminaux sont les clés.

Les grands réseaux restent des plates-formes relativement fermées dont la programmation reste restreinte à des équipes avec une compétence pointue et des moyens lourds.

Créer un OS Réseau est un élément essentiel du développement de services, c'est la garantie d'une multiplicité d'acteurs (et donc d'un foisonnement d'idées) dans le développement et l'offre de service. Des offreurs d'Infrastructures proposent un plate-forme hardware et logicielle et des outils de développement permettant à tout un chacun de pouvoir utiliser (sous contrôle quand même) l'ensemble des composantes de la plate-forme pour proposer des services.

Créer les conditions de la mise en place d'applications et de services en France, c'est aussi se mettre dans les conditions d'inverser la symétrie de trafic avec les US. Cette dissymétrie a pour effet pervers d'amener l'Internaute français, et plus généralement européen à subventionner l'Internaute américain. En effet, les accords de peering qui permettent l'échange sans compensation financière entre deux opérateurs de même taille se transforme en une relation client fournisseur quand le déséquilibre de trafic et d'accessibilité (échange de routes) augmente. Les opérateurs européens sont ainsi amenés à payer la capacité de transfert transatlantique (qui sera utilisé ainsi gratuitement par l'Internaute américain qui vient accéder un contenu en Europe) et le raccordement au réseau US. Ce mécanisme est auto-accélération et peut à terme mettre les opérateurs français en mauvaise posture pour être des acteurs significatifs de l'Internet.

S'intègre à ce thème tous les éléments de programmabilité mais également de sécurité pour garantir le réseaux et ses utilisateurs contre les pirateries de tous ordres.

Cette approche a déjà fait l'objet d'un grand nombre d'étude dans le cadre du réseau Intelligent. Les réseaux IP apportent des outils complémentaires pour réaliser une telle plate-forme et dans le même temps la technologie d'une plate-forme de commande est au cœur des éléments qui permettront de faire migrer un réseau aussi complexe que le RTC dans une infrastructure IP.

2. Deuxième recommandation

Ne pas perdre la maîtrise de ce qui est la base de la construction des réseaux IP / Maîtriser les technologies de routage.

2.1. Favoriser la compétence sur les protocoles et le matériel

La bagarre sur la commutation n'est pas terminée. Les besoins de tera-routeurs vont se transformer en besoins de peta-routeurs. Dans ce cadre les techniques optiques peuvent revenir en force. C'est un point de rupture technologique alors qu'il existe en France un réel savoir faire dans ce domaine. Il s'agit donc là d'une opportunité qu'il convient de développer en encourageant

- Les études de protocoles

- Le développement de matériel spécifique.

L'ignorer c'est en effet renoncer à la capacité de pouvoir faire évoluer les protocoles de l'Internet, créant ainsi un barrage à de multiples innovations autres qui pourraient être promues en France ou en Europe dans la mesure où leur mise en œuvre dépendra uniquement dans ce cas du bon vouloir d'une ou deux sociétés américaines.

2.2. Créer les conditions réseaux pour l'émergence d'une véritable société des « communautés »

Parmi les applications émergentes que nous pouvons imaginer (ou pas), la communication de groupe doit jouer un rôle croissant dans l'Internet du futur. Sans négliger les solutions bâties sur des caches, plus simples et plus immédiates, la fourniture d'un service multicast natif permettra un support attractif des applications de groupe. Le domaine, bien qu'aujourd'hui populaire dans la communauté Internet et malgré l'intérêt marqué des opérateurs pour ce service, rencontre de sérieuses difficultés de normalisation et de déploiement. Néanmoins, de nombreuses initiatives pour accélérer le mouvement en faveur du multicast sont développées en particulier aux USA (NGI, Multicast deployment for Internet 2). Une initiative similaire doit être imaginée en France (et plus largement en Europe) car elle permettra le rassemblement de compétences dans un domaine encore ouvert et aussi favorisera le développement d'applications qui font aujourd'hui cruellement défaut et ralentissent de ce fait le développement du multicast.

2.3. Anticiper la rupture sur les modes de diffusion de l'information

Un effort doit être réalisé pour faciliter le couplage entre réseaux et distribution vidéo. A court et moyen terme, l'application qui se développera le plus rapidement sur l'Internet multicast est la distribution vidéo (Internet TV). Un pilote sur ce domaine pourrait s'inscrire dans le cadre des expérimentations sur plates-formes

3. Troisième recommandation

Valoriser la réutilisation des technologies de l'Internet

L'effort massif au niveau mondial concernant le développement des technologies de l'Internet a permis et va continuer à permettre la décroissance des coûts de production de ces technologies, que ce soit au niveau du matériel ou logiciel produit ou au niveau des services de communication utilisant cette technologie. Pour des raisons historiques mais aussi souvent du fait de contraintes spécifiques, nombre de technologies réseaux ont été développées que ce soit dans le cadre de la conduite de processus, de domotique ou dans le cadre d'électronique embarquée. Se donner les moyens de réutiliser la technologie Internet, même au prix d'adaptations spécifiques permettant de répondre aux contraintes de ces applications, c'est se donner les moyens de faire bénéficier ces secteurs d'activités de la décroissance des coûts évoquées mais aussi de favoriser la continuité d'accès et entrer ainsi dans l'ère du tout connecté.

4. Quatrième recommandation

Rendre l'Internet plus accessible en développant le terminal de Madame Michu

Les terminaux d'accès à l'Internet sont adaptés à tel marché, telle population ou telle activité de l'instant : station de travail, PC, assistant numérique personnel (PDA, Palm, Psion ...), téléphone mobile (Nokia 9000), borne, Web-phone, Web-TV, console de jeu. Ils présentent, ou présenteront, des fonctionnalités permettant d'atteindre les buts d'omniprésence et d'universalité que se fixe le réseau des réseaux : « Internet everywhere, Internet for everyone, Internet for everything, Internet over everything ».

Ces terminaux s'appuient sur des composants tels que l'interface avec l'humain (clavier, écran tactile, reconnaissance vocale ou d'écriture, écran, sortie audio ou vidéo, ... et leur interface homme machine), l'équipement de communication (téléphonie fixe ou mobile, câble, hertzien, infrarouge, ...), les fonctions de sécurisation (puce, authentification, chiffrement, certification, ...) et les applicatifs.

Parmi les fonctionnalités évoquées on trouve ergonomie robustesse et compacité (pour le grand public, les handicapés), adaptation à la mobilité (usage du support de communication disponible dans le lieu ou l'instant), universalité (accès aux mêmes services indépendamment de la modalité disponible dans l'instant, maintien de l'environnement indépendamment du terminal de l'instant), confiance dans le service accédé (à l'instar de la carte bancaire actuelle), ouverture (la souche est aisément accessible aux développeurs de service).

Ces fonctionnalités ont une incidence sur la taille et la consommation électrique et donc sur le prix de revient et d'utilisation. Le terminal multi-fonction en intégrant toutes ces fonctionnalités – dont l'ouverture – se positionnera du côté des terminaux puissants, et onéreux. A l'inverse, le terminal « Madame Michu » que réclament les acteurs du commerce et de la distribution devra être réduit à l'essentiel pour viser le marché de masse. Son prix à vocation à être supporté en partie ou totalement par des opérateurs des services.

5. Nécessité d'une Plate-forme d'Expérimentation Technologique pour la Recherche Avancée en Réseaux

Aux Etats-Unis la nécessité est reconnue de disposer à la fois d'un réseau stable au caractère opérationnel fortement marqué (par ex. vBNS depuis 1996) et d'une plate-forme expérimentale (Abilene de Internet 2 dont Qwest et Cisco sont les deux principaux sponsors depuis 1998) résolument dédiée aux manipulations incompatibles avec la stabilité ou les performances garanties du réseau opérationnel. L'interconnexion existe (Startap) entre ces deux réseaux et d'autres réseaux hors des Etats-Unis (CA*net3 au Canada, RENATER, ...)

Ces deux réseaux, vBNS et Abilene, ne raccordent d'ailleurs qu'un tout petit nombre d'universités, privées d'un vrai réseau de la recherche depuis la fin de NSFnet en 1995.

La communauté française de la Recherche dispose avec RENATER II d'un outil de travail performant. Cependant, la nature des trafics supportés par RENATER II lui confère un statut de "réseau de production" et le contraint, de fait, à un service régulier incompatible avec la conduite d'expérimentations technologiques avancées nécessitant des interventions dans le cœur même du système. RENATER II est donc devenu un réseau au service de la Recherche (toutes disciplines confondues) mais ne peut être considéré aujourd'hui comme une infrastructure de Recherche apte à l'expérimentation de technologies avancées dans le domaine des réseaux. RENATER II est évidemment utilisable pour le support d'expérimentations compatibles avec le statut de réseau fortement opérationnel de ce dernier.

La disponibilité d'infrastructures sol dédiées (fibres optiques, cuivre, commutation?, routage?) offrant, sur une couverture nationale, des opportunités d'expérimentations technologiques avancées apparaît comme une nécessité pour permettre l'émergence et la validation de nouvelles technologies ainsi que la démonstration et l'évaluation économique ("business model") de services "applicatifs" innovants.

Par ailleurs, les technologies hertziennes (boucles radio locales MMDS, satellites DVB-S, ...) sont également à considérer (en complément des infrastructures précédentes) pour l'expérimentation de technologies et services de pointe dans le domaine de la mobilité, l'itinérance, la diffusion, la desserte de zones à faible densité de population, l'interconnexion de sites isolés, la convergence IP-MPEG2, ...

Cette plate-forme "idéale" d'expérimentations à caractères "probatoires" doit permettre d'héberger temporairement des expérimentations - destructrices, déstabilisante ou en tout cas incompatible avec le caractère opérationnel ou les performances garanties de RENATER - émanant du monde de la recherche publique ou privée, à l'instar de ce qui se passe aux Etats-Unis avec Internet II. A ce titre, elle devrait favoriser et accélérer les transferts de technologies Recherche-Industrie.

Comme dans l'exemple d'ABILENE aux Etats-Unis une telle plate-forme doit être vigoureusement ouverte à d'autres sponsoring que celui de l'Etat , tant au niveau équipement qu'au niveau infrastructure.

Fiches

Sommaire

FICHE 1 : ACRONYMES UTILISES	119
FICHE 2 : REFERENCES	125
FICHE 3 – LE TEXTE FONDATEUR DE LA MISSION INTERNET DU FUTUR	126
FICHE 4 – INTERNET DU FUTUR ET SECURITE	129
FICHE 5 – INTERNET A L'ECOLE, UNE VISION D'USAGES	143
FICHE 6 – LES INITIATIVES ETRANGERES POUR LE DEVELOPPEMENT D'INTERNET	147
FICHE 7 – RENATER : PRESENTATION, EVOLUTION ET PERSPECTIVES	152
FICHE 8 - EVOLUTIONS DU RESEAU TEN-155	163
FICHE 9 – APERÇU GENERAL DE LA R&D SUR INTERNET EN EUROPE	165
FICHE 10 – PRESENTATION DU PROJET RNRT VTHD	167
FICHE 11 – UN SCENARIO POUR LES RESEAUX DE DEMAIN	170
FICHE 12 - L'USAGE D'INTERNET AUX ETATS-UNIS : L'EXEMPLE D'AOL	171

Fiche 1 : Acronymes utilisés

Liste des acronymes utilisés dans le rapport

2 D / 3 D	A 2 / 3 dimensions
@IRS	Architecture Intégrée de Réseaux et Services
ADSL	Asymetric Digital Subscriber Line
AMMARA GE	Architecture Multimédia & Administration Réparties sur un Réseau Actif à Grande Echelle
ANVAR	Agence Nationale pour la Valorisation de la Recherche
AOL	America On Line
API	Application programme interface
ATM	Asynchronous Transmission Mode
BNF	Bibliothèque nationale de France
CAO	Conception Assistée par Ordinateur
CCS	Computer Communication Systems (laboratory) (Suède)
CD-ROM	Compact Disc Read Only Memory
CERNA	Centre d'économie industrielle de l'Ecole nationale des mines de Paris
CGTI	Conseil Général des Technologies de l'Information
CIGREF	Club Informatique des GRandes Entreprises Françaises
CLRC	Central Laboratory of the Research Councils
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
CNET	Centre National d'Etudes des Télécommunications
COHRAI NTE	Codage hiérarchique et robuste de sources audiovisuelles et son application à Internet
CPS	Carte professionnelle de santé
CSI	Cité des sciences et de l'industrie
CWI	Centrum voor Wiskunde en Informatica (Pays-Bas)
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DAVIC	Digital Audio-Visual Council
DFN	Deutsche ForschungsNetz

DNS	Domain Name Server
DoE	Department of Energy
DOM	Document Object Model
DOS	Disc Operating System
DREN	Defense Research and Engineering Network
DTD	Document type definition
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-MHP	DVB Multimedia Home Platform
DVD	Digital Video Disc
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
DYADE	
EDI	Echange de Données Informatisées
ESnet	the Energy Sciences network
ETSI	European Telecommunications Standard Institute
ETX	Electronics for the information society
FING	Fondation pour l'Internet nouvelle génération
FT	France Telecom
FTP	File Transfer Protocol
GIF	Graphic Interchange Format
GIP	Groupement d'intérêt public
GIX	Global Internet eXchange
GMD	Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung
GPS	Global Positioning system
GPRS	Global Packet Radio Service
HDML	Handled Device Markup Language
HP	Hewlett-Packard
HPCC	High Performance Computing and Communications
HTML	HyperText Markup Language

IBM	International Business Machine
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineering
IETF	Internet Engineering Task Force
IHM	Interface Homme Machine
INA	Institut National de l'Audiovisuel
INRIA	Institut National de la Recherche en Informatique et Automatique
IP	Internet Protocol
IPv4	Internet Protocol version 4
IPv6	Internet Protocol version 6
IRC	Internet Relay Chat
IRTF	Internet Research Task Force
ISP	Internet Service Provider
IST	Information society technologies (programme)
IT ²	Information Technology for the Twenty-first Century
ITEA	Information Technology for European Advancement
IUT	International Union of Telecommunications
JAMES	Joint ATM Experiment on European Services
JESSI	Joint European Submicron Silicon Initiative
JMF	Java Media Framework
LAN	Local Area Network
LIP6	Laboratoire Informatique de l'université de Paris 6
LMDS	Local Multipoint Distribution Service
MEDEA	Microelectronics Development for European Applications
MEFI	Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie
MELODIE	Musique En Ligne Optimisée Distribuée par InternEt
MENRT	Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie
MIB	Management Information Base
MITI	Ministry of International Trade and Industry

MP3	MPEG-1 Layer 3 Audio
MPEG	Moving Picture Expert Group
MPLS	Multi-Protocol Label Switching
MS-DOS	MicroSoft Disc Operating System
NASDAQ	The National Association of Securities Dealers Automated Quotation system
NGI	New Generation Internet
NREN	Nasa Research and Education Network
NSF	National Science Foundation
NTIC	Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication
OS	Operating System
OSIAM	Outils de Segmentation d'Images Animées pour MPEG-4/7
P3P	Platform for Privacy Preferences Project
PC	Personnal Computer
PCRD	Programme Coordonné de Recherche et Développement
PDA	Personnal Digital Assistant
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
POP	Point Of Presence
PGP	Pretty Good Privacy
PITAC	President's Information Technology Advisory Committee
PPP	Point to Point Protocol
PREDIT	Programme national de recherche et d'innovation dans les transports
PRIAMM	Programme pour l'innovation dans l'audiovisuel et le multimédia
PRiSM	Parallélisme, Réseaux, Systèmes et Modélisation
PVC	Permanent Virtual Circuit
QoS	Quality of Service
RDF	Resource Description Framework
RMN	Réunion des musées nationaux
RNRT	Réseau National de la Recherche en Télécommunications

RNTL	Réseau National des Technologies Logicielles
RSVP	ReSerVation setup Protocol
RTC	Réseau Téléphonique commuté
SAX	Simple API for XML
SICS	Swedish Institut of Computer Science (Suède)
SDH	Sonet/Synchronous Digital Hierarchy
SET	Secure Electronic Transactions
SGBD	Système de Gestion de Bases de Données
SGML	Standard Generalized Markup Language
SMIL	Synchronized Multimedia Integration Language
SMTP	Simple Mail Tranfer Protocol
STAR TAP	Science, Technologie And Research Transit Access Point
STIC	Services de Technologies de l'Information et de la Communication
STIC	Sciences et technologies de l'information et des communications
SVC	Switched Virtual Circuit
TEN155	TransEuropean Network 155 MHz
TI	Technologies de l'Information
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
TLX	Telecommunications - Creating a Global Village -
TPC	Tierce partie de confiance
TPS	Télévision par satellite
TVHD	TéléVision Haute définition
UCAID	University Corporation for advanced Internet Development
UDLR	UniDirectional Link Routing
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USIX	User-Oriented Information Technology
vBNS	very high-speed Backbone Network Services
VISI	Vidéo Interactive Sur Internet

VOD	Video On Demand
VP	Virtual Path
VPN	Virtual Private Network
VRML	Virtual Reality Modeling Language
VSAT	Very small aperture terminal
VTHD	Vraiment Très Haut Débit
VTT	Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (Centre de recherche technique de Finlande)
W3C	World Wide Web Consortium
WAN	Wide Area Network
WDM	Wavelength division multiplexing
xDSL	x Digital Subscriber Line
XML	Extensible Markup Language
XSL	Extensible Stylesheet Language

Fiche 2 : Références

- [1] *La Nouvelle Donne du Commerce Electronique, rapport de la Mission Commerce Electronique* présidée par Francis Lorentz, Les Editions de Bercy, Collection Etudes, <http://www.finances.gouv.fr/lorentz/travaux>
- [2] *Développement Technique de l'Internet, rapport de la mission conduite par Jean-François Abramatic*, <http://mission-dti.inria.fr/Rapport>
- [3] *Internet et PME, mirage ou opportunité ? Pour un plan d'action, rapport de la mission conduite par Jean-Michel Yolin*, <http://www.ensmp.fr/industrie/jmys>
- [4] *The European Internet Report, Morgan Stanley Dean Witter, june 99*, <http://www.msdl.com/techresearch/euroinet>
- [5] *La recherche et l'innovation dans les technologies de l'information et de la communication, juin 1999, Gilles Kahn*
- [6] *Information Technology Research : Investing in our future, President's Information Technology Advisory Committee Report to the President (PITAC)*, <http://www.ccic.gov/ac/>
- [7] *"Internet et les Réseaux numériques", étude du conseil d'Etat, juillet 1998*, <http://www.internet.gouv.fr/francais/textesref/rapce98>
- [8] *"De la télématique à Internet", rapport de la mission conduite par Jean-Claude Merlin, février 1998*, <http://www.enst.fr/cgti/minintr/>
- [9] *"La téléphonie sur Internet", rapport de la mission conduite par Jean-Claude Merlin, avril 1999*, http://www.telecom.gouv.fr/francais/activ/techno/rap_merlin0499.htm

Fiche 3 – Le texte fondateur de la mission Internet du Futur

Coordonner les efforts pour prendre des initiatives dans l'internet du futur

Parmi les missions confiées au RNRT, l'animation de la communauté de recherche est un sujet important. L'action spécifique décrite dans ce document et annoncée lors de l'appel à projets 1999 est la première action d'animation du réseau. Elle vise à coordonner les efforts pour prendre des initiatives dans l'Internet du futur.

Complémentaire des appels à projets lancés par le RNRT, elle a pour but de faciliter la concertation entre les acteurs français et entre les projets de R&D en cours, et de favoriser l'émergence de projets pertinents, largement coopératifs, au niveau national ou au niveau européen. Il s'agit également d'éclairer les acteurs du RNRT et le comité d'orientation sur les sujets porteurs dans le domaine du futur d'Internet. Cette action doit également conduire à des initiatives tournées vers le contexte Européen, soit au travers des programmes du 5^e PCRD, soit au travers des programmes Eurêka.

Contexte

L'Europe a occupé jusqu'au début des années 90 une position de force dans le secteur des télécommunications : équipements de réseaux pour les opérateurs, télécommunications mobiles, service en ligne. La généralisation d'Internet comme support des services et la redistribution des rôles qu'elle implique, a introduit une rupture sans précédent dans le secteur qui a surpris les acteurs européens. Aujourd'hui, le marché des équipements de routage, des "terminaux" Internet, des serveurs et de tous les logiciels associés est largement dominé par les entreprises américaines. De plus, l'arrivée des technologies basées sur Internet et leur généralisation en cours constituent un facteur de transformation en profondeur de la chaîne de valeur. L'Europe, si elle ne réagit pas, risque de perdre la maîtrise des constituants principaux des réseaux et des services de demain.

Enjeux pour les entreprises françaises

Le risque de perdre la maîtrise des technologies Internet touche des domaines qui dépassent largement le marché des équipements de réseaux.

- **dans le domaine des télécommunications mobiles ou de l'audiovisuel**, où l'Europe dispose d'une position forte, Internet pourrait remettre en cause les acteurs présents et les emplois industriels associés.
- **dans le domaine du commerce électronique**, les logiciels fondamentaux d'Internet assurent la visibilité et la maîtrise des flux, donc la qualité du service offert in fine au client. L'exemple historique de MS-DOS montre l'importance de l'avantage compétitif que l'on peut acquérir en maîtrisant les logiciels systèmes sur lesquels s'appuient les applications, puis les outils avec lesquels ces dernières sont développées.
- **enfin dans le domaine plus large des services en ligne**, l'augmentation de la capacité des réseaux liée en particulier à l'optique permet aux entreprises d'envisager de s'implanter là où la compétence technique est la meilleure et non plus là où est le client.

Face à ces risques, les entreprises ont trois possibilités :

- développer en interne la technologie grâce à des projets de R&D;
- accéder au savoir-faire grâce à des acquisitions judicieuses;

- se délocaliser pour trouver un environnement plus favorable.

On constate aujourd'hui que pour le court terme la dynamique d'innovation autour d'Internet est si rapide qu'il n'est plus réaliste pour nombre d'entreprises de recourir exclusivement à la première solution (développement du savoir-faire grâce à la R&D). Cela explique la vague d'acquisitions que l'on peut constater parmi les grands groupes, et la délocalisation des PME et des startups vers les endroits où "cela bouge" et où elles pourront trouver un environnement favorable à leur développement. Bien évidemment, cela se traduit par un renforcement des pôles de compétence aux Etats-Unis ou en Angleterre qui se fait au détriment des compétences présentes en France.

Il importe donc pour le moyen terme de reprendre l'initiative de la R&D liée à l'Internet du futur.

Différents groupes ouverts travaillent à la préparation d'actions de normalisation autour de l'évolution d'Internet à relativement court terme (W₃C, IETF...). En France, le Conseil Général des Technologies de l'Information prépare un plan d'action sur Internet. Il sera nécessaire d'établir des contacts avec ces instances.

Création d'un groupe de travail sur Internet du futur au sein du RNRT

Pour inciter les entreprises à coopérer et soutenir leur effort de R&D, il existe déjà des appels à projets adaptés : ceux du programme société de l'information et ceux du RNRT. Tout projet de recherche lié à l'Internet du futur pertinent (et labellisé) peut ainsi trouver une aide adaptée à son besoin.

L'expérience acquise lors de la première année de fonctionnement du RNRT montre cependant les limites d'une approche uniquement fondée sur des appels à projets. En effet, malgré l'importance du sujet, peu de projets de R&D amont ont été proposés autour d'Internet du futur, et les quelques projets retenus sont souvent d'ampleur limitée. Ils gagneraient à être cordonnés entre eux pour démultiplier l'effort. C'est un des objectifs du groupe de travail proposé.

Pour délimiter clairement le domaine de travail du groupe mis en place, il est proposé de se concentrer sur des domaines en amont de la normalisation en cours, domaines pour lesquels la situation compétitive n'est pas encore stabilisée. L'orientation principale est la conception, l'architecture et l'ingénierie de réseaux et de plates-formes dans le contexte de la convergence. Il est nécessaire dans ce cadre de prendre en compte les besoins des industriels, des services et des contenus, audiovisuel compris, pour les services innovants qu'ils envisagent à terme sur Internet. Il est important également d'avoir comme objectif d'aboutir, à terme, à des actions concertées de standardisation.

Si l'on raisonne en termes de services nouveaux à apporter aux utilisateurs, le groupe de travail devra se concentrer sur trois grands domaines :

1. **le domaine des services de connectivité**, qui comprend tous les éléments contribuant à relier physiquement et logiquement deux points (infrastructures, transport, commutation, routage, protocoles, etc.). Ce domaine couvre les aspects de commutation et/ou routage, de qualité de service, de sécurité, d'extension d'Internet aux télécommunications mobiles, de diffusion, de mobilité, etc. Ces aspects doivent être traités de bout en bout au travers des différents réseaux interconnectés, de manière transparente pour l'utilisateur.
2. **le domaine des services intermédiaires ou de médiation**, qui comprend l'ensemble des éléments contribuant à donner à l'opérateur ou à l'exploitant (qui par extension peut être le client lui-même) une visibilité et une maîtrise des fonctions de réseau et permettant la relation inter-domaines. Essentiellement composé de logiciels -middleware- ce domaine de service

s'appuie sur le domaine de services de connectivité, et offre des interfaces au domaine des services applicatifs.

3. **le domaine des services applicatifs**, qui comprend l'ensemble des outils nécessaires au développement et fonctionnement des applications utilisant l'ensemble du spectre des ressources mises à disposition dans les autres domaines - capacités de traitement, transmission, bases de données, modalités d'accès, etc.

Le groupe s'appuiera initialement sur les projets liés à l'Internet du futur, déjà labellisés ou qui seront soumis à l'appel 1999. Il sera étendu aux entreprises qui souhaitent s'impliquer plus fortement aux travaux, dans la mesure où ces entreprises se seront engagées à participer activement aux actions du RNRT dans ce domaine.

Les objectifs proposés pour le groupe sont les suivants :

- préciser le champ couvert par l'Internet du futur (technologies, horizon de temps, scénarios d'évolution des réseaux et services) et délimiter le cadre de travail du groupe.
- établir un état des lieux national, européen et international des initiatives connues autour d'Internet du futur. Identifier les initiatives susceptibles d'une approche ouverte au sein du RNRT. Créer une "cartographie" des actions en cours (acteurs, objectifs, horizons de temps, livrables).
- identifier des domaines de coopération possible entre les différentes initiatives déjà lancées, ou en cours de démarrage : inter opérabilité des solutions, comparaison des performances, essais de services croisés, projets de R&D complémentaires afin de créer et faire vivre "un carnet d'adresses".
- recenser l'ensemble des plates-formes existantes ou en cours de développement, susceptibles d'être réutilisées pour de nouveaux projets de R&D autour de l'Internet du futur. Proposer des actions pour valoriser plus encore ces plates-formes (expérimentations de services, etc..).
- mettre ces actions en perspectives à 5/10 ans, et proposer une synthèse stratégique des sujets encore ouverts autour d'Internet du futur, avec l'horizon du temps envisagé. Ce travail doit permettre de prendre de la distance par rapport aux impératifs de marché.
- identifier des thèmes de recherche amont pour lesquels une approche concertée est possible et pertinente. Faciliter ensuite l'émergence de projets sur ces thèmes, soit au niveau national (RNRT ou Programme Société de l'Information), soit au niveau européen (5^è PCRD, Eurêka).
- Mettre en place les premiers supports de coopération et d'échange entre les acteurs de la recherche française sur l'Internet du futur et proposer leur évolutions et structurations pour dynamiser les échanges et développer l'efficacité des actions.
- Suggérer des groupes de travail ou des task forces plus ciblés à mettre en place au sein du RNRT pour procéder à l'investigation des sujets bien précis, en vue d'éclairer le comité d'orientation et de favoriser des initiatives concertées des acteurs.

Le groupe présentera ses premières réflexions accompagnées d'une proposition de plan de travail au cours de la réunion du comité d'orientation du RNRT du 7 juillet. Il présentera pour le 12 octobre un premier bilan de ses travaux et des propositions d'action pour les orientations 2000 du RNRT.

Fiche 4 – Internet du Futur et sécurité

Contribution de Michel Riguidel

Généralités

Dans les sociétés développées, la fin du XXème siècle est placée sous le règne de la société de l'information: convergence des technologies de télécommunication (satellites, RNIS, GSM, ATM,...), des technologies de l'information (Systèmes d'Information tentaculaires sur quasiment chaque poste de travail, avec ordinateurs, PC, interconnectés en réseaux LAN, MAN, WAN, Internet) et du multimédia (TV par voie hertzienne, par câble ou satellite, audiovisuel, multimédia, CD ROM, jeux vidéo). C'est l'avènement du tout numérique qui permet de délivrer en mode binaire n'importe quel message en temps réel, sur la planète (voire dans la galaxie) de tout point de la terre, de la mer ou de l'espace à partir de n'importe quel poste individuel ou collectif, poste fixe ou mobile, poste relié à une infrastructure filaire ou non.

La connectivité des réseaux (réseaux locaux ou étendus, filaires ou sans fil, Internet, ...) s'étend de façon spectaculaire, transcendant les organisations traditionnelles et les frontières géographiques. Les nouvelles communications et la nouvelle informatique sont conçues autour d'une utilisation intensive du réseau: fournisseur de service à valeur ajoutée, fournisseur des "services intermédiaires" (service de recherche d'information), ..., architecture client-serveur de plus en plus répandue et gourmande en terme d'échanges, stations clientes ayant accès à des serveurs et à des bases de données et des messageries,...localement ou à l'extérieur du site (serveurs Web sur Internet), terminaux nomades à bas coût, ergonomiques (portables connectables par intermittence, ardoises électroniques, ...).

Les données qui transitent à travers ces réseaux sont des informations traditionnelles (données textuelles, numériques), des documents multimédia (hyperdocuments avec liens, diffusion de musique, de films, ...) mais aussi des informations vivantes (informatique mobile avec programmes informatiques nomades téléchargeables, etc).

L'extension des systèmes d'information, les ouvertures nées des interconnexions normatives, le volume, le débit et la valeur des informations traitées accroissent considérablement les risques et l'intérêt d'attaques d'un éventuel adversaire, d'autant plus que les modes d'accès à ces réseaux deviennent simples et universels.

Cette situation n'est pas sans présenter des risques majeurs (apparition de menaces nouvelles, vulnérabilité sans précédent du patrimoine numérisé des entreprises et des administrations) auxquels il faudra bien répondre par des mesures de protection et de sécurité et par des cadres juridiques appropriés, à l'échelon national, européen et international. C'est tout le problème de la vulnérabilité de l'information numérique multimédia sans support physique associé. Un travail original (un ensemble de données, une œuvre artistique, un logiciel, une information sensible) conçue et réalisée par ordinateur peut être détruite, piratée, dupliquée, modifiée, utilisée, à bon ou mauvais escient. Un Système d'Information ou un Système de Communication peut être rendu indisponible ou anéanti par une faute de gestion ou un bug logiciel ou être infecté par des virus, peut être miné par des Chevaux de Troie ou des bombes logicielles qui peuvent être activées le moment venu par un individu peu scrupuleux ou par des groupes malveillants.

Maîtriser l'information et son transport, protéger la propriété intellectuelle, protéger à l'école les lycéens d'accès illicites, sécuriser des informations stockées, traitées ou transmises devient un enjeu majeur pour protéger les biens sensibles (des données, des documents, des œuvres) appartenant à des sujets (des auteurs, des organisations). Il y va de la liberté des citoyens et même de la pérennité et de l'avenir des entreprises et des états, que ce soit dans le domaine privé ou civil (nous ne mentionnons volontairement pas ici les aspects de défense nationale).

Il y a quinze ans encore, les télécommunications étaient réduites au "coup de fil" dans la vie quotidienne et l'informatique restait un outil professionnel strictement confiné aux espaces de travail et aux administrations. Aujourd'hui, elle a fait son entrée dans de nombreux foyers où elle élargit sans cesse son champ d'action: éducation et éveil des enfants, objet bientôt indispensable pour les transactions quotidiennes. Au-delà des conséquences strictement techniques de cet état de fait, se dessine une mutation sociologique, et même un véritable enjeu de civilisation. Au lieu d'être cloisonné et "propriétaire", le monde devient ouvert et interconnecté. Les Systèmes d'Information deviennent ouverts (utilisation de standards, interfaces publiques, connus de tous) et

vulnérables à diverses formes d'attaques. Ainsi, sont inquiétés dans leur forme actuelle, à la fois les états, les institutions, les organisations, les entreprises et les adultes qui jusqu'ici opéraient une certaine maîtrise de la production, de la distribution, du transport et du filtrage de l'information. Le nouvel ordre numérique introduit par Internet propose aux entreprises un moyen d'opérer des échanges électroniques, des transactions commerciales mais induit également une menace nouvelle pour l'utilisateur (guerre informatique par espionnage ou sabotage, à partir de "paradis informatiques", pénétration logique non autorisée par des hackers, utilisation illicite de ressources ou de documents portant atteinte à la vie privée, ...) ou pour la société: activités répréhensibles (diffusion de la pornographie, commerce illicite de drogue, ...), médium de communication et publicité pour groupes mafieux ou terroristes, ...

L'approche classique de la sécurité des Systèmes d'Information impose un cloisonnement organisationnel, géographique et structurel des informations en fonction de leur sensibilité (données stratégiques, confidentielles, ...) et de leur domaine d'appartenance (données commerciales, techniques, ...). Le développement des télécommunications et de l'informatique rend ce cloisonnement de moins en moins viable : les données et les traitements sont maintenant répartis et partagés sur l'ensemble du système. En outre, avec le succès des radios cellulaires et de leur future convergence avec Internet, les services, les données doivent être capable d'accompagner l'utilisateur dans ses déplacements (au bureau, à son domicile, dans les transports en communs ou individuels).

D'autres éléments amplifient encore l'écart entre les aspects réglementaires et les aspects opérationnels :

- l'interopérabilité des systèmes d'information est devenue une exigence inéluctable et les usagers exigent de nouveaux services de plus en plus intelligents;
- les rigueurs économiques ont conduit les entreprises et les administrations, à optimiser leurs ressources informatiques et leurs moyens de télécommunications: intégration et factorisation des besoins sur des ressources partagées telles que réseaux, bases de données,...

La sécurité informatique et la sécurité des communications traditionnelles examinaient la confidentialité (non autorisation d'observer pour contrer la menace de divulgation ou de fuite d'informations), l'intégrité (non autorisation de modifier ou d'altérer pour contrer la menace de falsification de l'information) et la disponibilité (sujets et objets prêts à l'emploi autorisé, pour contrer la menace de pratiquer la rétention d'informations ou de brouillage des communications, ou de saturation de réseaux ou de ressources informatiques).

La sécurité multimédia a élargi le spectre des fonctions de sécurité. Le concept de disponibilité, en tant qu'usage autorisé s'est complexifié. L'utilisation du multimédia a introduit une généralisation de l'usage autorisé d'un objet : droit d'utiliser sur un unique PC un jeu vidéo ou pendant une certaine durée, droit de recopier n fois un logiciel, droit de diffuser une émission de télévision x fois pendant une période sur un espace géographique donné en utilisant un médium précis, etc.

La confidentialité n'est plus nécessairement résolue par un chiffrement global et systématique de l'information. Le chiffrement de l'information s'est ajusté et s'est diversifié: on ne brouille qu'une partie significative d'une photo (les visages ou parties intéressantes), on présente un témoin en visualisant sa silhouette et on voile le timbre de sa voix sans affecter la clarté de son message pour rendre crédible son témoignage et anonyme son identité.

L'intégrité d'une information évolue elle aussi. Au niveau du contenu, l'intégrité ne se pose plus en termes d'exactitude de réplique, d'autant que les standards de format et de compression ne respectent pas cette intégrité complète (cas de MPEG2 par exemple). La contrefaçon est aussi plus délicate à détecter. Ce n'est plus une copie à l'identique (imitation d'un interface homme-machine d'un logiciel, piratage du source d'un logiciel avec modifications mineures, ...). La manipulation de l'image offre un exemple assez marquant des conséquences d'une réplique malhonnête. Par ailleurs, la protection des auteurs exige que leurs œuvres ne puissent être dupliquées et utilisées sans qu'une technique de marquage ne permette d'identifier la chaîne des ayant-droit. Il s'agit là de problèmes liés à l'économie, à la déontologie.

Les utilisateurs recherchent pour leurs systèmes d'information, des solutions de sécurité pragmatiques (disponibles, pérennes, à coût raisonnable) leur permettant de traiter des documents (données, documents multimédia), de sensibilité ou de classification éventuellement différente et appartenant à des domaines distincts. Ils souhaitent retrouver un niveau de confiance

équivalent à celui qu'apportait le cloisonnement strict, mais en conservant aux systèmes d'information leurs caractères opérationnels (facilité d'emploi, évolutivité, performance, interoperabilité, économie globale du coût de possession,...).

Vulnérabilités des Systèmes d'Information

En 1999 et plus encore dans les prochaines années, les systèmes d'informations seront de plus en plus décentralisés, hétérogènes avec une composante de mobilité et de multimédia. Les Systèmes d'Information (SI) auront de plus en plus d'interconnexions avec l'utilisation de la 3ème dimension (satellites géostationnaires et défilant). L'intelligence de ces SI parviendra jusqu'à leur périphérie, grâce à des capteurs doués de capacités de traitement et de décision. Les SI s'immisceront partout dans tous les recoins de la planète et dans toutes les activités de notre vie quotidienne.

L'information est une ressource stratégique qui doit être maîtrisée. Elle permet de réduire l'incertitude, de structurer la complexité, de prendre des décisions et d'avoir un impact dans tous les domaines.

La quantité d'information qui inonde ces Systèmes, augmente, de même que les flux d'informations dans ces systèmes, grâce aux débits de communication de plus en plus importants mais aussi par la nécessité de fournir la bonne et juste information à qui de droit et au bon moment. L'information est nécessaire à tous les échelons des organisations. Cette information est disséminée verticalement de bas en haut et de haut en bas de la hiérarchie mais aussi horizontalement. La plus grande disponibilité de l'information et l'interfonctionnement des SI est un atout pour l'efficacité. Même en cas de rupture de communication à un endroit du système, la structure du SI en réseau permet de rendre plus fiable la circulation de l'information : la structure en mailles de type Internet est d'origine militaire, et a été inventée pour la guerre froide, en 1964 aux USA.

Mais pour circuler, cette information utilise de nombreux éléments matériels, logiciels qui sont indispensables au bon fonctionnement de l'ensemble :

- Matériels : stations de base, satellites, routeurs, firewalls, cartes réseaux, stations de travail portables, mobiles, etc., périphériques (disques, écrans,...), mais aussi infrastructure (courant électrique, climatisation,...), et des consommables (cartouches d'impression, disquettes,...).
- Logiciels : systèmes d'exploitation, navigateurs, protocoles, drivers de cartes périphériques et applications ainsi que les outils de développement (compilateurs, ...).

Ces biens matériels et immatériels sont pilotés, gérés, administrés localement ou à distance par des utilisateurs, avec toutes leurs qualités, mais aussi leurs faiblesses.

Pour la flexibilité et la fluidité des futurs SI, la disponibilité d'une architecture interoperable des divers éléments du SI et de leur articulation est fondamentale. De nouvelles vulnérabilités émergent avec les nouvelles technologies de l'information et ce, de façon telle que cela puisse bouleverser la stratégie des entreprises.

Les réseaux aujourd'hui sont interoperables car ils ont une même syntaxe (IP dans les couches réseaux, XML dans les couches hautes). Ils ont permis de changer les structures de l'entreprise, brisant ainsi les circuits hiérarchiques et les frontières organisationnelles. Les réseaux permettent de créer des groupes fermés d'interlocuteurs (des réseaux virtuels privés) et surtout des organisations réparties. C'est le processus tout entier de la circulation de l'information, de son traitement, qui est pris en charge par l'infrastructure informatique, comme par exemple celle du commerce électronique qui fait naître une place de marché, construite sur Internet et les réseaux, mais qui du même coup repose sur la fiabilité d'Internet.

Internet a bouleversé la communication de certaines organisations nationales et internationales. Certaines structures dépendent de plus en plus d'Internet. C'est aujourd'hui une composante essentielle des activités sociales dans les sociétés développées et c'est même devenu un prérequis au développement. Le réseau permet de diffuser et d'amplifier un message local, mettant à égalité l'individu et un groupe plus important. C'est l'effet " hacker " qui se connecte et bafoue une grande organisation. La guerre informatique a un gros avantage pour l'attaquant, c'est son coût relativement faible.

Ces évolutions s'opèrent avec une idéologie (" éthique d'Internet ") : gratuité, ni censure, ni frontière de nations, "liberté" absolue, qui permet désormais de nicher tous les extrêmes. Mafia,

sectes ou groupes terroristes prennent pied dans ce réseau, éventuellement pour s'y faire la guerre (" guerre de réseaux "). Cette guerre peut passer à une échelle supplémentaire au niveau d'une zone ou de groupes.

On assiste à une banalisation, une internationalisation des accès : n'importe qui sait et peut se connecter à un SI. On assiste aussi à la généralisation du " plug and play " (brancher et jouer), soit sur le bus d'un PC, soit sur le réseau, ainsi qu'à l'universalité des SI et de leurs accès.

Autrefois, il y avait des frontières naturelles dans les SI dues à la fabrication sur place (Informatique française, allemande, anglaise, ...), aux métiers (banques, informatique de gestion en Cobol, informatique scientifique très cloisonnée). Ce n'est plus le cas. L'informatique des processeurs Intel, des systèmes d'exploitation WindowsNT, des routeurs Cisco, ... est entre les mains de quelques 3 grands groupes, en général américains.

Comme les applications sont réparties géographiquement, que les données ne sont pas sur place et qu'il faut y accéder, que les gens réalisent un travail en commun (travail coopératif) à l'aide du système d'information, le réseau et son infrastructure matérielle et logicielle prennent une importance considérable.

Introduction de l'Internet du Futur

Sous l'angle de la sécurité, l'Internet du Futur, c'est avant tout la constatation que grâce à l'interconnexion accélérée des réseaux fixes (débit croissant dû à la fibre optique), des réseaux sans fils (succès du GSM et évolution vers l'UMTS), des futurs réseaux domestiques (Home Area Network, appartement sans fils avec appareils électroniques interconnectés) et personnels (Personal Area Network pour les objets électroniques personnels transportables ou à portée de la main), la convergence Multimédia Informatique Télécommunication va réconcilier des mondes propriétaires, rapprocher des technologies pour offrir l'ubiquité informatique (accès simple et universel au réseau à tout moment et en tout lieu) et permettre à des ressources et à une foule d'objets à composantes logicielles (au sens très large du terme, c'est à dire une carte à puce, une application, un téléphone, une Set Top Box, une imprimante, un routeur, une tierce partie de confiance, un réseau virtuel privé, un WAN) de devenir des entités autonomes, communicantes, configurables, mobiles, se branchant dynamiquement dans des réseaux (WAN, LAN, HAN ou PAN). A leur tour, ces objets et ces ressources ne vont pas demeurer dans un Internet "plat", universel et monolithique mais s'organiser dans un "Internet coloré", non pas dans un mode client serveur ou producteur consommateur, mais en créant des communautés en communication, grappes éphémères (rassemblement de personnes pour un événement) ou pérennes (les réseaux de l'éducation), synchrones ou asynchrones autour de services de connectivité (en général via IP) qui garantissent la communication via des services d'intermédiation, lesquels apportent une valeur ajoutée à cet échange (portail, moteur de recherche, autorité de certification, service de traduction, catalogue métier, paiement, ...). Ces communautés d'objets statiques ou dynamiques et ces ressources sont des constructions provisoires qui cohabitent sur une même infrastructure réseau filaire ou sans fils, et ce dans un monde idéal "sans couture" avec des granularités différentes, de la vaste famille du commerce électronique à l'association de quelques appareils de mesure en réseau. Les règles de déplacement de ces objets, de ces flux et de ces données obéiront à un code de la route qui va évoluer d'un trafic "best effort" de transport fiable de TCP/IP à un code de la route plus complexes avec des bandes réservées (comme les voies pour bus et taxi ou la bande d'urgence) pour un trafic particulier ("Diffserv"), des paquets ou des convois plus prioritaires ("Intserv"), etc. Les carrefours seront eux-mêmes gérés par des règles plus complexes (routeurs intelligents avec une visibilité plus perçante et une action plus pertinente sur les paquets). Ces communautés seront organisées et gérées par des lois internes et externes de manière répartie, selon différents points de vue (l'utilisateur final qui veut comprendre pourquoi sa communication est lente ou perturbée, l'opérateur de télécom qui veut facturer au mieux et qui veut optimiser son trafic, le fournisseur de service qui veut offrir à ses clients de meilleurs services à moindre coût).

Les Architectures de sécurité et les points de vue de la sécurité

Cette vision nouvelle de l'Internet du Futur, qui transcende l'hétérogénéité et la mobilité des réseaux, se heurte aux solutions traditionnelles de sécurité (huis clos avec frontières physiques, gestion avec centralisation, hiérarchie des cloisonnements, ...) et à sa propre complexité ("scalabilité" de cette sécurité). Si l'Internet actuel a la solide réputation d'être peu sûr, la sécurité

de l'Internet du Futur sera une obligation essentielle, sans quoi cet Internet risque de ne jamais voir le jour. Il devra prendre en compte la sécurité à différents échelons et de plusieurs points de vue, tout en respectant les grands principes de la sécurité (protection en rapport avec la menace et les vulnérabilités, la sensibilité des objets et des transactions, assurance de sécurité donnée par des entités dignes de confiance, ...):

- Le point de vue **national** pour parer à toute agression de l'extérieur ou de l'intérieur (guerre informatique, saturation intentionnelle ou non des réseaux, ...). Il conviendra de circonscrire le réseau Internet dans des contours bien définis et maîtrisés (contours géographiques avec des filtres connus, ajustables et maîtrisables, contrôle d'accès physique et logique aux frontières, ...). Par ailleurs, ces infrastructures devront éviter d'être dominées par des fournisseurs monopolistiques (éviter le syndrome de la dépendance de la source unique, comme celle de Cisco pour les routeurs) en essayant de jouer sur la diversité des fournisseurs pour retrouver la confiance et la transparence par des standards véritablement ouverts.
- Le point de vue de la **communauté** virtuelle (un groupe ouvert d'utilisateurs, des banques, les réseaux de la santé, les applications business-to-business d'échange électronique, des industriels dans un extranet, des chercheurs et les universitaires en physique des particules, des éditeurs de contenus MPEG2, etc.) pour décider de leur subsidiarité, de leur protection, dans le respect de la législation, pour définir, a priori ou en temps réel, la politique de sécurité à mettre en vigueur sur une durée et dans un espace donné pour une action délimitée (par exemple, ventes aux enchères électroniques de tableaux d'art en Europe pendant le week-end, échange de documents administratifs en Espagne à compter de ce jour). Le tunneling et les réseaux virtuels privés actuels qui sont des tranchées numériques statiques, devront évoluer vers des réalisations plus complexes (protection pour des agrégations dynamiques, variables, de sujets et d'objets pour un centre d'intérêt). La communauté virtuelle ne vivra donc pas avec un réseau virtuel privé, statique (au niveau des acteurs, du réseau et des protocoles) mais de manière dynamique (avec des entrants des sortants, et des politiques de sécurité qui évoluent selon les besoins).
- Le point de vue **individuel** de l'utilisateur (le fournisseur d'accès, l'utilisateur final) pour prendre beaucoup plus en compte l'intimité numérique ("privacy") du citoyen et de l'entreprise qui va plus loin que la possibilité de connaître, de vérifier et éventuellement de faire enlever ou de modifier son inscription dans un fichier informatique. L'intimité numérique c'est la confidentialité, l'intégrité et la disponibilité de ses données personnelles sur son propre ordinateur, mais aussi l'anonymat complet pour un vote électronique ou vis-à-vis d'un vendeur dans un achat de commerce électronique, le pseudonymat de certaines opérations, la non observabilité de sa propre activité sur le réseau, des connexions sur les différents sites et l'impossibilité d'établir des liens entre ces connexions ou entre les conséquences dues à ces activités (impossibilité de surveiller des comportements et d'établir des profils en croisant des bases de données clients de différents fournisseurs de services), et ce à des fins qui vont à l'encontre de la liberté de l'individu. En outre une qualité toujours capitale pour la sécurité de l'Internet du Futur sera l'imputabilité (qui fait quoi). Par conséquent toutes les fonctions d'authentification, de non répudiation vont prendre encore plus d'importance. La sécurité de l'individu et de l'entreprise sera consolidée si les fonctions d'identification et d'authentification des acteurs sur Internet sont renforcées. La carte à puce va peut être enfin s'imposer mondialement avec éventuellement d'autres formes d'entités de confiance personnelles. Celles-ci feront appel à la biométrie par enregistrement local d'un échantillon de la personnalité (empreintes digitales, son de la voix, manière de frapper au clavier, fond des yeux ou de l'oreille, ADN, ...) et à d'autres formes plus complexes de secrets (logiciels sensibles, lettres de recommandations comme des certificats PGP) que les clés ou les mots de passe avec algorithmes de cryptographie incorporés.

En bref, il est donc capital de rétablir la confiance, et ce à plusieurs niveaux d'abstraction et de granularité fonctionnelle, spatiale, temporelle.

Au niveau macroscopique de l'état : une certaine transparence du filet global de l'Internet

Bien que l'Internet veuille transcender la notion d'état, il est clair que tous les états ne sont pas logés à la même enseigne et que le périmètre géographique d'Internet aux Etats Unis est clairement défini (Les Etats Unis peuvent facilement identifier les vannes qui viennent de

l'extérieur et les couper, lors d'une attaque généralisée de l'extérieur). Il n'en est pas de même en Europe, où les contours d'Internet et les contours des Etats ne se superposent pas. Les menaces externes ne sont pas à négliger. A mesure que les flux enfleront (les flux d'Internet ne sont en l'an 2000 que de 1 femta-octets par mois), on est à la merci de "bulles de données", analogue aux bulles financières spéculatives en bourse, véritables ouragans de données qui pourront assaillir des pays, des organisations, etc.

La confiance doit donc être établie dans sa géographie: L'utilisateur, le groupe d'intérêt peut interpellier les "autorités" d'Internet pour connaître les chemins empruntés, pour contrôler les flux.

Au niveau intermédiaire des communautés d'intérêt : une certaine subsidiarité et autonomie dans la définition de la politique de sécurité et sa mise en vigueur

Ce n'est pas parce que des communautés d'intérêt partagent les mêmes ressources du réseau, qu'elles doivent se plier à une sécurité monolithique (même algorithme de chiffrement, même signature électronique, ...). Il faudra bien faire cohabiter une sécurité bancaire (avec le secret bancaire et la garantie des transferts de fonds), une sécurité médicale (avec le secret médical où l'anonymat du patient et du médecin sont garantis), administrative, industrielle, (ne parlons pas des problèmes de défense), sur une infrastructure commune.

Au niveau élémentaire de l'utilisateur : la préservation quasi absolue de son intimité et de sa liberté d'agir dans son huis clos

L'utilisateur, le citoyen a une exigence de liberté, c'est à dire que l'utilisateur veut préserver son besoin d'intimité numérique ("privacy"), c'est à dire d'anonymat ou pseudonymat, d'absence d'observation ou surveillance et d'impossibilité de recoupement par liaison directe ou indirecte)

Sécurité d'Internet

Les techniques actuelles de sécurité sur Internet telles que SSL (sécurité de la session d'une communication de une personne à une personne), PGP (sécurité de bout en bout des applications messagerie électronique), IPsec (sécurité de IP), les authentifications par carte à puce, les infrastructures de sécurité avec distribution de certificats et de clés, les PKI X509 ne sont en fait que des premiers instruments, à l'aube de l'Internet du Futur. Ces techniques actuelles se présentent souvent comme des standards, sans en fait couvrir toute la sécurité puisqu'ils ne couvrent qu'une partie des risques sur des opérations ciblées.

La sécurité d'Internet est encore aujourd'hui influencée par les solutions qui prévalaient tantôt sur les réseaux locaux, tantôt en télécom. Elle est caractérisée par un catalogue de solutions éprouvées mais échues du passé, tant pour les architectures que pour les mécanismes cryptographiques. Ce sont, par exemple:

- La sécurité de la messagerie par PGP (sécurité au niveau applicatif, couche 7, très en vogue dans la communauté Internet)
- Les protocoles de sécurité de commerce électronique pour le paiement (C-SET, ...)
- La sécurité de transaction de client à serveur en sécurisant la session par SSL (sécurité au niveau du browser, au dessus de TCP)
- La mise en place d'infrastructure de sécurité par des Tierces Parties de Confiance avec distribution de certificats (X509), dans la filiation des télécoms (standard de type X*.*)
- Les matériels de chiffrement de IP (tunneling et établissement de réseaux virtuels privés, ou chiffrement de datagrammes IP), extension du chiffrement d'artères de télécom.

Si l'Internet actuel peut se satisfaire de ces solutions peu cohérentes, les unes entre elles, elles ne permettront pas de passer l'épreuve de l'Internet du Futur qui aura besoin de répondre à des exigences de nature différente (débit, volume de données d'un tout autre ordre, type de données, de transactions différentes, ...).

Pour établir, assurer et garantir la confiance dans un monde numérique, mobile dans un contexte international, les modèles de sécurité doivent être réexaminés à la lumière de ces nouveaux défis. Les solutions (protocoles cryptographiques, algorithmes cryptographiques, signatures électroniques, certificats, infrastructure répartie de sécurité, ...) en découleront naturellement.

- Politique de sécurité négociée (en temps réel ou non) entre les différents acteurs
- Sécurité ajustée à la sensibilité des informations et à la menace
- Sécurité configurable temps réel

- Emergence de SPKI (Simple Public Key Infrastructure), certificats beaucoup plus en phase avec les architectures actuelles
- Etc.

Principes directeur de sécurité

L'Internet du Futur devra respecter les grands principes de sécurité modernes:

- D'ouverture : Les infrastructures de type PKI à clé publique
- De sécurité des états : Garantir la souveraineté des nations, même si on semble accréditer l'idée que Internet est un réseau sans frontière.
- De liberté de l'individu : L'entité de confiance près de l'utilisateur : la carte à puce , java ou non
- D'éthique : Contrôle du contenu, de l'origine, de la destination, et éventuellement du chemin.
- De subsidiarités et d'autonomie : Les communautés doivent pouvoir définir elles-mêmes leur politique de sécurité.
- De transparence : ne pas affaiblir les autres réseaux, ne pas abriter d'économie parallèle.
- De traitement dans l'urgence : pour réagir rapidement face à une agression.
- De discrétion : pour ne pas agresser ou tenter le hacker (défi ludique).

Les exigences de la sécurité de l'Internet du Futur

La sécurité de l'Internet du Futur devra prendre en compte les trois propriétés émergentes, prépondérantes, à savoir l'hétérogénéité, le multimédia et la mobilité. Elle se différenciera essentiellement de celle de l'Internet actuel en ceci qu'elle devra prendre en compte non seulement le contenu des informations (confidentialité et intégrité des messages des utilisateurs) mais aussi la forme de la communication (sécurité du routage, de la configuration, du multicast, ...). Elle devra sécuriser la coloration de ce nouvel Internet, en rapport avec les objectifs de sécurité, c'est à dire sécuriser différemment selon les types de communication, selon les applications, selon la nature et le volume des données puisque les mécanismes qui vérifient l'intégrité d'un flux MPEG2 sont différents de ceux qui vérifient l'intégrité d'un message court.

Pour les entreprises et les organisations, de plus en plus d'informations seront numériques et la nécessité d'organiser une politique de sécurité pour ces communautés au patrimoine vulnérable deviendra de plus en plus critique. Mais l'ère numérique présente deux aspects contradictoires. D'une part l'information numérique devient vulnérable, car cette information peut être copiée ou modifiée (en numérique il n'existe pas d'original et de copies, il n'existe que des clones, où la copie est strictement identique à l'original). D'autre part l'information devient personnalisable puisqu'une lettre, un logiciel peut être taillé sur mesure selon le destinataire. La sécurité peut être elle-même ajustée selon le contexte (le lieu, le temps, les acteurs, la menace, la valeur des documents). Un compromis entre la personnalisation souhaitée et la complexité de cette versatilité doit être trouvé. Pour résoudre cette complexité supplémentaire en terme de sécurité, deux stratégies vont s'affronter, sans savoir jusqu'à présent laquelle des deux logiques va prendre le pas sur l'autre.

1. La convergence vers des **solutions uniques** et exclusives. Au nom de la centralisation, de la standardisation, de l'interopérabilité et de la simplicité et d'une confiance introduite par une acceptabilité plus facile, des protocoles cryptographiques, des mécanismes et des algorithmes universels peuvent s'imposer. On cherchera un dénominateur commun, parfois par un nivellement par le bas, pour mettre en œuvre un mécanisme unique et simple mais puissant de sécurité. Cette approche monolithique risque de ne pas être adaptée aux applications, aux services et aux usages, mais l'Internet du Futur s'imposera dans un monde où l'administration est simplifiée. La sécurité, si elle n'est pas versatile et adaptée à la culture des gens et législation des pays, risquera de subir le joug des algorithmes américains que quiconque ne maîtrisera pas forcément (même s'ils sont publics et ouverts).
2. La naissance et la mise en œuvre compétitive de **solutions plurielles sur étagère**. Au nom de la subsidiarité, de la personnalisation et aussi pour des raisons de performances, on va tailler sur mesure des protocoles, des algorithmes que l'on sélectionnera pour leur conformité dans un certain contexte. Pour ce faire, la sécurité pourra être prise en charge par des services d'intermédiation qui offriront beaucoup plus que les actuelles tierces parties de confiance qui ne gèrent que des clés ou des autorités de certifications qui ne gèrent que des certificats. On risque donc d'assister à des standards de facto par métier (échange financier,

échange de documents administratifs, ...), par application (PGP pour la messagerie électronique), par pays (législation particulière),...

Quoi qu'il en soit, les solutions actuelles (chiffrement des communications entre l'émetteur et le récepteur, infrastructure de sécurité avec les PKIs, Tiers de Confiance et protocoles cryptographiques comme SSL), devront être révisées et généralisées pour prendre en compte les nouvelles exigences de l'Internet du Futur :

- Sécurité en présence de réseaux hétérogènes, dans le cadre de la convergence entre le téléphone et l'informatique, interconnexion entre réseaux fixes et mobiles.
- Sécurité en présence de textes, mais aussi de voix (Voix sur IP, MP3) et de flux d'images multimédia (MPEG2 en 2001, MPEG4 en 2003, MPEG7 en 2004).
- Sécurité en présence de mobilité où l'utilisateur est mobile à l'intérieur d'une cellule du réseau et entre 2 cellules, l'infrastructure est mobile, comme les constellations satellites, les services sont mobiles (code mobile, téléchargeables, agents) mais où l'utilisateur veut retrouver son espace de travail et son accès, tout au long de son activité (au bureau, à son domicile et pendant ses déplacements en voiture ou dans les transports en commun).
- Sécurité en présence de communication plus variée (unicast mais aussi multicast ou dynamique, ou versatile)
- Sécurité en présence de dynamique, de configuration variable (sécurisation des nouveaux concepts de réseaux Jini de SUN, de réseaux actifs).
- Sécurité en présence de politique de sécurité différente, pour franchir la barrière de deux législations, de Tierces Parties de Confiance interopérables, avec mutuelle reconnaissance pour négocier un conflit de politique de sécurités contradictoires entre deux domaines. XML qui semble s'imposer pour interfacer et interpréter des bases de données réparties, sera sans doute le langage pour faire dialoguer des entités de confiance attachées à des domaines différents et encapsuler les règles de conduite de ces échanges (voir par exemple les frameworks de sécurité comme le P3P du W3C).

La sécurité du contenu et la sécurité du contenant

En résumé, l'Internet du Futur devra sécuriser à la fois le contenu et le contenant. Il conviendra de sécuriser les objets en tenant compte du contenu syntaxique (par exemple une structure XML), sémantique (par exemple, une conversation téléphonique), esthétique (par exemple, masquer le timbre de la voix d'un témoin, conserver l'apparence d'une photo secrète dans une communication à bas débit) mais aussi de sécuriser l'architecture et la route de ces objets à travers les réseaux. Utilisant la sémantique, la sécurité du **contenu** sera implantée au niveau applicatif car le protocole cryptographique doit savoir identifier et différencier une banque, un fournisseur, un client, les documents étant signés par une autorité de certification, etc. En revanche, au niveau de la communication (couche réseau ou transport), des acteurs s'échangent de manière sécurisée des messages et protocoles de sécurité sont alors transparents aux applications qui sont des acteurs désincarnés et interchangeable.

La sécurité du contenu sera incluse dans les applications (souvent sécurité de bout en bout) ou à côté des applications. Le point focal sera centré autour de XML, le bas de la couche 7 ou dans les couches présentation et session (sécurité incluse dans les browsers).

Pour le **contenant**, il s'agira de sécuriser l'environnement des objets en réseau, c'est à dire toutes les propriétés de la communication (par exemple la sécurité d'un multicast). C'est plutôt une sécurité transitive, où l'on cherche à sécuriser indépendamment chacun des domaines traversés par la communication, une infrastructure de sécurité centralisée ou non, gérant les coutures de ces mondes étrangers. La sécurité du contenant sera incluse dans les infrastructures de réseaux, attachée à des entités du réseau (un firewall, une passerelle, un protocole, ...). La sécurité sera centrée autour du point focal IP (sécurité de IP).

La sécurité devra prendre la mesure des architectures de sécurité plus complexes que les architectures client serveur traditionnelles (communication de 1 à 1), et envisager la sécurité des liens dynamiques à travers des services d'intermédiation. Les services d'intermédiation (tiers de confiance, moteurs de recherche, de traduction, d'indexation par catalogue, certifications d'autorité par métier) devraient se multiplier, utilisant des protocoles cryptographiques adaptés à la forme de la communauté virtuelle en question. La sécurité du contenant devra prendre soin des diverses propriétés (configurabilité, mobilité, ...) du réseau. La protection du contenant devient

primordiale lorsqu'on voit apparaître des concepts de réseaux d'appareils qui s'organisent eux-mêmes, du type concept Jini de Sun où les ressources du réseau comme par exemple les imprimantes ne sont plus des "fichiers" (/dev/lpr) comme sous Unix mais des "méthodes" Java utilisables par tous les nœuds du réseau de la même fédération. En outre des concepts de réseaux apparaissent où l'architecture et les noms des ressources (par exemple imprimante ou caméra) reflètent la fonction de la ressource (une caméra avec une certaine résolution, etc.). Il faudra donc bien sécuriser en plus cette architecture et cet environnement où les fonctions des ressources ou objets sont à découvert et sécuriser la visibilité et la lisibilité des ressources d'un réseau (les menaces étant par exemple l'introduction malveillante d'une station de base GSM dans un réseau, l'utilisation d'un protocole d'administration à des fins d'interrogation discrète, etc.). La difficulté essentielle de la mise en œuvre de la Sécurité de l'Internet du Futur réside dans l'articulation de ces deux sécurités (celle du contenu, celle du contenant), c'est à dire dans la mise en place d'une infrastructure de sécurité (qui n'existe pas dans l'Internet actuel) pour lier la sécurité applicative bâtie autour du point focal XML dans le bas de la couche 7 (celle du contenu) avec la sécurité de la route bâtie autour du point focal de IP (la sécurité du contenant, composé de la topologie, des ressources et des propriétés du réseau).

En conclusion, la sécurité risque d'évoluer et se placer sur le réseau comme un service en ligne où les attributs de sécurité (les atouts, les performances des solutions, les protocoles pour échanger les politiques de sécurité, ...) seront proposés aux nations, aux communautés, aux individus. Les dimensions, hétérogène, multimédia et mobile de la future communication seront prises en compte par cette ouverture des services de sécurité, pour s'ajuster et s'adapter à la menace et à la sensibilité des objets, des sujets et des opérations à protéger. Les portails de sécurité pourront proposer différentes infrastructures de sécurité (X509, SPKI ou autres) selon l'objectif et mettre en place cette sécurité. Cette nouvelle sécurité polymorphe pourra identifier et authentifier le sujet mobile, distinguer la nature des données (chiffrement d'un message électronique par PGP, chiffrement d'un fichier FTP par AES, chiffrement d'une image ou d'un flux MPEG2 par des algorithmes plus performant), et traverser des réseaux différents et devra s'affranchir de la couche 7 ou tout au moins se brancher dessus avec des interfaces standards.

La protection par techniques Cryptographiques (chiffrement, signature, ...)

La cryptographie est déterminante dans tout environnement hostile. Sa puissance et ses limites sont assez familières. Aussi ce paragraphe est moins développé car les enjeux sont bien connus. Néanmoins, il est certain que la sécurité (la cryptologie en particulier) n'a pas encore fait sa révolution face à l'avènement d'Internet : on chiffre toujours avec quasiment les mêmes algorithmes, les mêmes protocoles cryptographiques. Du même coup, certains outils ne sont plus adaptés. Il convient d'étudier et de proposer de nouveaux algorithmes de cryptographie et des protocoles de sécurité avec applications aux réseaux multimédia (images, textes et sons), de télécommunication (filaire et sans fil), de diffusion (télévision), de multicast et à l'informatique répartie. Une attention particulière sera donnée aux applications modernes de la sécurité des communications: sécurité des communautés, sécurité du commerce électronique au sens très général, sécurité plus spécifique de l'Internet (sécurité de IP, du multicast, de TCP/IP, firewalls, Java, ...), messagerie électronique, et services génériques d'annuaires et de temps.

Internet doit respecter la législation des Etats. Certains pays ont une politique très sévère de restriction en matière d'exportation de cryptographie (suivant le type d'algorithmes et la longueur des clés (40 ou 56 bits, ...)).

La sécurité en clair par techniques Stéganographiques (tatouage)

Les Systèmes d'Information (SI) sont de plus en plus irrigués par des flux d'objets numériques, autonomes, circulant librement dans les réseaux hétérogènes de télécommunication. Ce sont des données inertes (voix, données, images) ou vivantes (fichiers XML avec programmes Java), des entités protocolaires (datagrammes utilisateurs ou protocoles de signalisation), des exécutables ou des programmes interprétables.

Au cours de leur cycle de vie, ces objets numériques mobiles vont traverser des zones de confiance distinctes, allant de la méfiance totale à la confiance garantie. Ils vont être diffusés, stockés, exécutés, transmis. Ils vont « muer » en fonction de l'environnement (agents mobiles intelligents). Quand ils ne sont pas sous le contrôle de leur protecteur, ils peuvent être détruits, séquestrés, modifiés, détournés de leur itinéraire.

Pour protéger ces objets, les techniques cryptographiques permettent d'assurer leur sécurité, de leur faire franchir les régions hostiles des SI sans dommage tout au long de leur pérégrination (chiffrement des objets, protocole cryptographique pour les déplacements). Mais tôt ou tard, ces objets doivent être vus (images, films, textes, ...), entendus (voix, séquence audio), exécutés en clair (programmes, logiciels). Ils sont alors à la merci de leur utilisateur (copie pirate, falsification, détournement).

Une solution pour réduire les vulnérabilités des objets mobiles est de leur laisser transporter eux-mêmes leur sécurité, par exemple en les marquant (tatouage électronique).

- Si cette marque est perceptible (étiquette, « code barre », « logo »), il est relativement aisé d'ôter cette étiquette et de la substituer pour usurper l'identification de cet objet.
- Si cette marque est indécélable et intimement fondue dans le corps de l'objet, il est plus délicat de l'arracher ou de l'effacer. C'est le but des techniques stéganographiques qui consiste à incruster un message clandestin dans le contenu (syntaxique ou sémantique) même de l'objet numérique. Cette greffe doit posséder de bonnes propriétés de robustesse et résister à différentes menaces.

Une infrastructure minimale est indispensable pour instiller la confiance dans ces univers numériques mobiles. Des entités (notaire numérique, tierce partie de confiance) vont établir une cartographie de la confiance qui permettra de faire appliquer une politique de sécurité. En effet le code mobile ou les peuples d'agents mobiles intelligents circulant dans Internet pour le compte d'un usager ne sont pas protégés s'ils ne rendent pas compte à des entités de confiance, situés à des endroits stratégiques.

On peut généraliser ces marques sur toutes les structures informatiques et en particulier les protocoles pour marquer les datagrammes (application aux Réseaux Actifs).

Les applications du marquage et du traçage sont nombreuses: contrôle de l'origine, du contenu, de la destination pour la propriété intellectuelle, pour le filtrage, pour l'indexation de contenu, pour la mesure objective (facturation, surveillance, ...). La supervision d'objets répartis mobiles peut être aussi envisagée à travers ces marques, dans un contexte de réseaux hétérogènes.

Les principes généraux pour protéger ces objets, sont déclinés selon des mécanismes très différents selon la nature de ces objets. Il en va de même pour les architectures des infrastructure pour sécuriser ces objets mobiles dans les Systèmes d'Information : les protocoles sont similaires mais les mécanismes peuvent varier. On peut en conclure quelques réflexions sur l'évolution du comportement et de la protection de ces différentes niches écologiques numériques : images fixes et animées, texte, documents, langages informatiques, structures informatiques mobiles (datagramme de protocoles).

La stéganographie risque de prendre de plus en plus d'importance dans l'Internet du Futur, car les objets qui navigueront seront de plus en plus utilisés par de nombreux utilisateurs qui manipuleront ces objets en clair. La stéganographie ne protège pas a priori, elle assure une sécurité. Elle est utile pour se "protéger des amis", c'est à dire qu'elle est efficace dans un monde où la confiance mutuelle ne règne pas mais où le message aboutit en clair chez le consommateur (distribution de logiciels à exécuter en clair sur son ordinateur, diffusion de documents audiovisuels numériques à consulter en clair sur son téléviseur, ...).

Sécurité et biométrie numérique

Au contraire du monde minéral, végétal et animal, le monde numérique est indépendant de son support. La notion de copie n'a pas de sens dans un monde numérique (la copie ne se distingue pas de l'original), il n'existe que des clones qui peuvent se répliquer à l'infini.

Ce monde multimédia numérique qui n'est jamais qu'un format d'une suite linéaire, binaire pour une mise en forme (format humainement compréhensible), une mise en boîte ou une mise en scène (cf MPEG4) ou une mise à exécution (logiciel exécutable), se caractérise pas sa nature (texture des images et sons, texte structuré, ...), sa structure, sa syntaxe, et son sens : son esthétique (pathos) et sa sémantique (logos) et sa vérité (ethos), authenticité, traçabilité, etc.

Ces objets ont en général un "propriétaire" qui est garant des actions directes ou indirectes de ces objets (actifs ou non). L'imputabilité (d'où l'importance de l'authentification en commerce électronique) est une fonction qu'il est capital de faire apparaître dans toute pratique de sécurité (il faut trouver un "bouc émissaire", responsable et donc coupable sur l'Internet), surtout pour l'Internet du Futur, où la quantité et la valeur d'objets risquent de croître singulièrement.

Il est donc nécessaire d'amarrer à un objet sa sécurité : en son sein même (tatouage électronique pour des images, des sons, des textes XML, des logiciels, des flux compressés, des datagrammes, etc), en lui adjoignant une étiquette, en le rattachant à une infrastructure de confiance. Cette infrastructure permet de mettre un nom derrière cette vitrine, de fixer un nom d'utilisateur physique à ces chapelets d'objets numériques.

Tôt ou tard, les individus physiques et les entités morales auront besoin d'avoir sur le réseau un sceau qui garantisse leur identité (échantillon numérique de leur corps : son de la voix, empreinte digitale, signature textuelle, fond des yeux, de l'oreille, code ADN, etc.). Selon la force de la sécurité un ou plusieurs de ces échantillons sera nécessaire pour authentifier les individus physiques, dont une représentation sera disponible sur le réseau, tout en respectant leur liberté individuelle.

Recherche & Développement en sécurité de l'Internet

Pour conforter les prochains utilisateurs de l'Internet Futur, il est important de travailler sur les axes de recherche et développement explicités dans le paragraphe R&D ci-dessous mais qui reprennent les thèmes suivants: caractérisation de la menace (guerre informatique, nouvelles menaces en informatique ouverte et/ou nomade, ...) et politique de sécurité (ajustable et configurable), architecture de réseaux et systèmes et produits (architecture de SI, sécurité d'un réseau virtuel privé, terminaux sécurisés, chiffrement d'artères, ...), solutions de sécurité pour communications, interconnexions, authentification (cryptographie pour chiffrement et signature électronique), sécurité du contenu (multimédia, protection des images, ...).

- définition de modèles de sécurité plus proches de la réalité informatique: contrôle de flux, politique de sécurité à sévérité variable et configurable, ...
- introduction de la durée et de la notion de temps dans les protocoles cryptographique avec introduction d'une horloge de confiance sur le réseau: temps réel et sécurité, vente aux enchères, transaction commerciale éclair, vote électronique.
- introduction de l'espace: sécurité des environnement répartis, sécurité des objets, sécurité des SI nomades
- introduction de la mobilité: sécurité de code mobile, sécurité des agents mobiles, authentification prenant en compte la position de l'utilisateur (GPS ou position par rapport à des entités du réseau), ...
- introduction de la configurabilité et gestion des états de sécurité: meilleure gestion des transitions entre des politiques de sécurité
- modèle de sécurité des diverses couches de l'OSI: y compris la couche 7 pour les protocoles multimédia de type Corba, XML,
- modèle de sécurité pour le multimédia et pour l'informatique sans fil et mobile
- travaux théoriques sur les virus, les bombes et mines logicielles, ..., sur les comportements: hackers ludiques, attaquants malveillants, ..., scénarios d'attaques: menaces identifiées et profils d'attaquants connus
- établissement de la confiance dans un monde incertain, illimité (commerce électronique avec individus anonymes, ...)
- sécurisation des SI interentreprises: politique de sécurité entrante et sortante, contrôle des flux, audit, ...
- Tierces Parties de Confiance interopérables dans un SI: commerce électronique, échange sécurisé de documents, ...

- administration de la sécurité: gestion d'éléments secrets et de clés plus efficace, analyse intelligent en temps réel d'audit
- navigation sécurisée dans les systèmes d'information: agents mobiles intelligents, mécanismes sécurisés de délégation, de coopération, ...
- filtrage protocolaires, filtrages syntaxiques et filtrages sémantiques pour trier, sélectionner des informations, des documents et des images
- sécurité du travail coopératif et des collecticiels: applications en bureautique, logistique (réservation, planification, ...)
- sécurité des applications en temps réel critiques (nucléaire, télécommunications, médical, transport,..., sûreté de fonctionnement en téléchirurgie, etc)
- sécurisation de l'interface homme - machine (équipement d'identification/authentification, carte à puce intelligente, ...)
- sécurisation de l'interface réseau - machine (adaptateurs chiffants, ...)
- chiffrement de réseaux: haut débit, chiffrement des transmissions et des communications filaires, radio, satellites, ...
- sécurisation de protocoles (analyse des failles de sécurité dans les protocoles standards, analyse des canaux cachés, ...)
- routeurs chiffants (Ipv4/v6) et passerelles sécurisées (firewalls intelligents)
- chiffrement logiciel: algorithmes conviviaux et performants ajustés pour les applications civiles
- chiffrement de documents et d'images (ajusté et prenant en compte la sémantique et/ou la syntaxe)
- signature configurable et ajustable
- recherche en mécanismes biométriques efficaces à 100 % : combinaisons de mécanismes existants (empreintes digitales, fond de l'œil, voix, frappe clavier, ...) ou nouveaux (ADN, ...)

Le marché de la sécurité

les opportunités de la technologie

- la sécurité dans les systèmes ouverts, répartis, interopérables, quasi temps réel et interconnectés
- la sécurité dans le nomadisme: confidentialité et intégrité des communications en "kit portable" (carte à puce intelligente, logiciels de sécurité personnels, ...)
- la sécurité des communications pendant les transports: utilisation de stations de travail banalisées dans les avions, trains, ...
- le commerce électronique (facturation de services mais aussi généralisation de l'échange sécurisé de documents sous forme électronique)
- le compteur d'information électronique

- la protection de l'image et des documents textuels structurés (tatouage, marquage indélébile et indétectable)
- les services nouveaux (monétique, votes électroniques, télésurveillance, ...)
- la sécurité informatique dans les foyers: sélection des programmes de télévision ("rating"), appareils électroniques interactifs (domotiques interconnectées)

les freins du tout informatique: vulnérabilité et liberté

- L'information vieillit mal, n'est en général pas mise à jour et finit par devenir incohérente, et par perdre son intégrité, ...
- L'homme plongé dans un monde numérique, avec des objets de tout genre interconnecté, mêlant espace géographique et monde virtuel avec un patrimoine numérique vulnérable (recopiage, manipulation, ...) joue à l'apprenti sorcier : phénomène sociologique (et mercantiles) normaux et paranormaux dus au bug de l'an 2000.
- Vulnérabilité d'un SI : la présence de virus est une proposition indécidable. Les organisations et l'homme avancés dans la numérisation forcenée risque d'être la proie de pannes et d'agression.

les produits à venir

- carte à puce intelligente (entité de confiance portable)
- connecteur chiffant pour se connecter à un service (comptabilisateur, facturation)
- compteur d'information numérique (pour marché électronique)
- protection multimédia (son, image, texte)
- produits d'authentification et de tatouage (caméra authentique, appareil de photo authentique, ...)
- audit en temps réel du contenu sémantique dans la diffusion des émissions de télévisions (droits d'auteurs,)
- produits d'interconnexions: firewalls, routeurs et passerelles sécurisés et chiffants
- kit de sécurité portable
- cryptographie logicielle (algorithme connu et efficace) pour la confidentialité des documents et des images (chiffrement du tout ou de la partie)
- chiffreurs d'artères très haut débit

les services à venir

- les services de sécurité sous forme de services d'intermédiation (comme les moteurs de recherche AltaVista,, ...)

- échanges sécurisés: commerce, facturation électronique diversifiée
- les nouveaux services électroniques: négociation électronique, opérateurs de confiance, ...
- travail coopératif: plusieurs individus à travailler en anonyme sur un même objet (jeux coopératifs sur Internet, ...), agent mobiles sécurisés
- protocoles sécurisés pour échange et accès à l'information
- notarisation, entités digne de confiance : Tierce Partie de Confiance avec serveur de sécurité, serveur de jetons et de privilèges
- services pour droit d'accès privilégiés: lire, écrire, recopier, utiliser un nombre déterminé de fois
- services pour copyright en quasi temps réel d'un document: propriété d'un reportage, scoop, ...
- services de négociation sécurisés en temps réel pour marché électronique: ventes aux enchères mondiales, ...

les systèmes à venir

- les solutions de Systèmes d'Information sécurisés: opérateurs privés mais de confiance pour offrir des services de télécommunication et d'informatique avec une sécurité consultable par l'utilisateur
- le multimédia chez soi à la carte: télévision, Internet, etc.
- les solutions clés en main pour des communautés d'intérêt (portail d'offre de sécurité)

Fiche 5 – Internet à l'école, une vision d'usages

Contribution de Gilles Braun

La connexion des établissements scolaires à l'Internet se développe très rapidement. On trouvera en annexe à cette note quelques chiffres clés, mis à jour au début de l'année scolaire 1999-2000, qui permettent de mieux appréhender ce phénomène. L'analyse des pratiques pédagogiques, qui se développent actuellement autour de cette mise en réseau, doit permettre de mieux imaginer les évolutions de ce mouvement dans les trois à cinq années à venir. En effet, si dans ce laps de temps, il est certain que de nombreuses innovations techniques auront vu le jour dans le monde de l'Internet, il est tout aussi probable que les usages éducatifs seront assez proches de ceux actuellement avérés.

On peut très schématiquement, les classer ainsi :

1) L'accès à des ressources pour l'enseignement

Ces bases permettent à l'élève et à l'enseignant d'accéder à des documents textuels, iconographiques ou sonores. Les plus classiques sont les encyclopédies et les dictionnaires sur cédéroms. On note actuellement une extension de ces produits sur l'Internet voire leur autonomie totale en ligne (par exemple l'encyclopédie Universalis). Il existe par ailleurs de nombreuses bases sur des sujets très spécifiques conçues pour l'enseignement sans oublier évidemment que le WWW est lui même une vaste encyclopédie. La limitation de ces ressources est de toute évidence la faible capacité actuelle à manipuler des vidéos animées. Des expériences sont en cours dans le champs de l'éducation (BPS, Satel-IT, conseil général du Rhône, ...) afin d'expérimenter les possibilités qu'offrent les hauts débits (technologie satellite ou filaire). L'autre difficulté réside évidemment dans la mise à disposition des bons instruments de navigation qui traiteront non seulement les données textuelles mais aussi les données iconographiques et sonores... Enfin, l'arrivée des « livres électroniques » et plus largement la connexion « réseau » - « objet électronique nomade » (parfaitement intégré dans le monde des élèves et des étudiants comme le montre la diffusion dans ce milieu des calculatrices, des walkman et des téléphones mobiles) peut très rapidement transformer le paysage de ces usages de l'Internet.

2) La production de documents (texte, graphisme, vidéo, journaux scolaires, Web, etc.)

Des traitements de texte, des outils graphiques et tout dernièrement des générateurs de web ont été développés spécifiquement pour des usages scolaires. D'autres, sans avoir été spécialement conçus pour un tel usage, sont bien adaptés à l'utilisation par des élèves et des professeurs des écoles. On oublie trop souvent que les élèves et les enseignants sont de grands producteurs de documents. Jusqu'ici ces productions sont essentiellement linéaires (devoirs certes encore écrits à la main pour les élèves mais généralement au traitement de texte pour les étudiants...) et ne comportent que peu de données iconographiques. Là encore, l'accès à de nouveaux outils de création plus conviviaux devrait voir l'arrivée de productions hypertextuelles (cours du professeur, devoirs, exposés, mémoires de l'étudiant) comportant plus d'images fixes ou animées transmis sur disques optiques ou directement sur le net.

La démocratisation de l'Internet doit en effet modifier les modes de transmission et de diffusion de ces documents. Elle permettra aussi une meilleure mutualisation des ressources ainsi produites. Quelques prémisses sont déjà observables : devoirs d'étudiants envoyés par courrier électronique à l'enseignant, Web d'écoles, de classes - voire d'élèves - mis en ligne, mise en commun de fichiers créés par des professeurs notamment dans le champs de l'enseignement technique,...

Citons enfin, l'apparition d'applications qui permettent des créations collectives par des utilisateurs distants et qui sont parfaitement adaptées à cette mutualisation de ressources.

3) L'expérimentation et la simulation

Les logiciels de simulation permettent à l'élève de mesurer l'influence et le rôle de paramètres intervenant dans des phénomènes de nature diverse. Ils permettent ainsi à l'élève de mieux comprendre des phénomènes délicats à expérimenter, d'en modifier des paramètres, ou tout simplement de les visualiser. Par ailleurs, l'acquisition et le traitement informatisés de données expérimentales (ATIDEX) est une pratique pédagogique largement diffusée dans les classes de sciences physiques et de biologie des lycées. Couplés à l'Internet, ces usages prennent une autre dimension : accès à des expériences à distance (en direct ou en différé), acquisition de données dans des lieux disséminés (relevés de données météorologiques, sismographiques,...). Des développements sont actuellement en cours qui devraient faciliter à court terme leur déploiement, dans l'enseignement à distance tout particulièrement. Notons enfin que l'utilisation de la simulation et plus largement des techniques de la réalité virtuelle dépassent le champ des sciences expérimentales.

4) Le tutorat et l'accompagnement scolaire

Ces usages s'appuient le plus souvent sur l'idée que la transmission de connaissances se fait selon le schéma suivant :

- l'exposé d'un contenu afin de le faire comprendre à l'élève;
- des exercices d'entraînement pour mémoriser et/ou approfondir ce contenu;
- un contrôle de connaissances comportant un certain nombre de questions permettant de tester si les notions exposées ont été acquises.

Ces produits donnent parfois une méthodologie pour l'apprentissage des notions développées. Selon les réalisations, l'accent est plus ou moins mis sur l'un des trois aspects.

Leur structure est donc basée le plus souvent sur un dialogue fictif dans lequel à une question précise du professeur transmise par la machine correspond une réponse de l'élève ou de l'étudiant dépendant de la nature du média utilisé.

On comprend aisément l'apport de l'Internet dans ce domaine tout particulièrement pour les facilités (technique et financière) de communication qu'il offre.

Des logiciels de communication et de travail à distance spécialement conçus pour l'éducation sont d'ailleurs conçus pour répondre à ces demandes (on pourra se référer à l'étude comparative technique et pédagogique des plates-formes pour la téléformation, Oravep/MENRT-DT, septembre 1999).

L'amélioration des technologies permettant la transmission vidéo en direct de type ICQ, Netmeeting etc. est évidemment un des éléments qui devraient permettre à ces usages de s'amplifier.

5) Les outils de présentation de cours : vers les tableaux électroniques

Si l'usage des logiciels de présentation assistée par ordinateur est bien développé dans le domaine de la formation professionnelle, il est encore assez limité dans les établissements scolaires et les universités. Les technologies de tableau électronique peuvent modifier ce constat dans les années à venir. Le tableau électronique est une interface de l'ordinateur, une grande tablette graphique ressemblant à un tableau blanc. Les actions du professeur sont transmises à l'ordinateur ; le résultat est projeté via un vidéo projecteur sur le tableau. Tout l'intérêt de l'internet réside dans la possibilité de transmettre ce cours – en direct ou en différé – à distance.

Ces usages doivent être rapprochés des expériences déjà menées autour des usages de la « télévision » via internet (canalweb par exemple) qui laissent présager des développements futurs très pertinents dans le domaine de la formation, étendant ainsi les voies déjà ouvertes avec la « radio » (Cf. <http://audiosup.net.u-paris10.fr>).

6) Et le cartable électronique de l'élève

La calculatrice, de plus en plus sophistiquée, fait aujourd'hui partie des fournitures scolaires classiques de l'élève et de l'étudiant. De leur côté, les « nomades » de communication – du tatoo au téléphone portable - sont de plus en plus diffusés chez les jeunes. De leur convergence, quels nouveaux objets naîtront dans les années proches : manuel scolaire multimédia, « calculatrice-littératrice », ... ? Une certitude : ils communiqueront entre eux par Internet...et les technologies de connexion filaire seront dès lors inadéquates à de tels usages.

Conclusion

Comme nous le remarquons, ces nouveaux usages bousculent le cadre « classique » de l'école qui s'est construit depuis des décennies autour de la trilogie « Horaire-Classe-Discipline scolaire ». L'espace, le temps, la forme du cours du professeur que nous connaissons tous, qui nous semblent si évidents, sont en pleine mutation après avoir si peu changés au cours des siècles et des latitudes. L'internet de demain sera un des instruments de cette profonde transformation.

Quelques chiffres clés sur l'internet dans les établissements scolaires

Les données chiffrées présentées ci-après proviennent de plusieurs sources :

- de l'interrogation périodique des conseillers pour les technologies d'information et de communication auprès des recteurs (CTICE), qui recensent principalement les raccordements **institutionnels** des lycées, collèges et écoles, c'est-à-dire ceux qui sont intégrés dans une action globale de l'académie et des collectivités locales, prenant en compte à la fois l'équipement informatique de l'établissement sur la base d'un projet pédagogique, la formation à l'utilisation des outils et un suivi technique et pédagogique des équipes. Certains établissements peuvent par ailleurs, de manière parallèle et indépendante, contracter un abonnement auprès de fournisseurs d'accès à l'internet, sans nécessairement en informer les services académiques. Les accès de ce type ne sont en principe pas pris en compte dans ces statistiques périodiques.
- de l'exploitation des résultats de l'enquête n° 53 conduite à la demande de la Direction de la technologie par la Direction de la programmation et du développement, d'octobre à décembre 1998, sur un échantillon de 1600 établissements et écoles, prenant en compte l'ensemble des

connexions constatées, l'état des parcs de machines et des réseaux internes, et l'appréciations des chefs d'établissement et des directeurs d'école sur les usages.

A partir de ces sources, on peut faire les constatations suivantes, en termes d'évolution du parc de matériel, d'accès à l'internet et de déploiement de réseaux locaux :

- en ce qui concerne **l'évolution du parc de matériel** : entre mai 1997 et décembre 1998, on est passé de 1 micro-ordinateur pour 12 élèves à 1 pour 7 dans les lycées d'enseignement général et technologiques, de 1 pour 8 élèves à 1 pour 5,5 dans les lycées professionnels, et de 1 pour 26 à 1 pour 17,5 dans les collèges. Dans le premier degré, on est passé de 1 micro-ordinateur pour 100 élèves à 1 pour 30 élèves dans les écoles élémentaires ; dans les écoles maternelles, de 1 micro-ordinateur pour 4 écoles à 1 pour 3 écoles.

L'enquête 53 fournit en outre des indications sur la **localisation** des machines dans les établissements scolaires et dans les écoles.

- en matière **d'accès à l'internet** : entre mai 98 et décembre 98, le pourcentage des lycées d'enseignement général et technologiques connectés à l'internet pour la pédagogie est passé de 70% à 85%, celui des lycées professionnels de 50% à 61% et celui des collèges de 40% à 53%. Celui des écoles, entre décembre 98 et juin 99, est passé de 6,5% (respectivement 2,2% des écoles maternelles et 10,5% des écoles élémentaires) à 14,5% (respectivement 5,5% des écoles maternelles et 19% des écoles élémentaires). De plus, depuis janvier 1999, tous les lycées et collèges disposent d'un micro-ordinateur connecté à l'internet mis en place dans le cadre de la gestion déconcentrée du mouvement des enseignants, et utilisable pour la pédagogie le reste du temps.
- en matière de **réseaux locaux**, on peut constater que 75% des lycées d'enseignement général et technologiques, 50% des lycées professionnels et 60% des collèges qui accèdent à l'internet, le font à partir d'un réseau local (avec en moyenne 17 postes connectés dans les lycées, 9 dans les lycées professionnels et 4 dans les collèges). Ces données permettent de mettre en perspective les chiffres des connexions ; le développement d'usages communicants banalisés avec les élèves suppose en effet la mise en place d'une réelle accessibilité dans l'établissement, qui passe par la mise en réseau interne des équipements.

Ces statistiques ne distinguent pas entre les types d'accès : par RTC, Numéris ou liaison permanente (réseaux câblés, réseaux métropolitains ou plaques régionales à haut débit, ADSL,...), qui ont pourtant une forte incidence sur les performances et donc également sur les types d'usages possibles.

Enfin, les situations sont différentes d'une académie à l'autre, on peut consulter les **cartes** (<http://www.educnet.education.fr/plan/bacad.htm>) qui en rendent compte.

Dans ce domaine où toutes les données évoluent rapidement, il a paru nécessaire de se donner les moyens de recueillir régulièrement des informations fiables, homogènes et actualisées.

C'est pourquoi le ministère a réalisé une application nationale en ligne, l'application ETIC (enquête sur les technologies de l'information et de la communication), qui permettra, à partir d'octobre 1999, aux écoles, collèges et lycées d'actualiser directement, deux fois par an, tous les chiffres concernant l'état des parcs informatiques, des réseaux internes et des connexions à l'internet. Ces résultats serviront de base à la construction de tableaux de bord, indispensables pour le suivi, par les acteurs locaux, académiques et nationaux, du développement des équipements et des usages des TICE.

Fiche 6 – Les initiatives étrangères pour le développement d'Internet

1) Les Etats-Unis

- Pour UCAID, voir <http://www.ucaid.edu/>,
- Pour vBNS, <http://www.vbns.net>,
- Pour la NSF: <http://www.nsf.gov>

2) Le Canada

Pour plus d'informations sur Canarie, voir <http://www.canarie.ca> .

3) La Hollande

GigaPort est un projet ambitieux, doté de 64 M€ et créé à l'initiative du ministère des Finances hollandais.

Ce projet a été développé en coopération avec d'autres ministères (du Transport et des Travaux Publics ; de l'Education, de la Science et des Affaires Culturelles), d'un certain nombre de grandes compagnies (Ericsson, Cisco, Lucent, IBM, Rabobank, Cap Gemini, KPN Telecom), de Telematica Institute et de SURFnet (NREN hollandais).

Officiellement lancé au début de l'année 1999, GigaPort se décompose en deux sous-projets interdépendants GigaPort-Network et GigaPort-Applications.

Le premier sous-projet, géré par SURFnet, correspond à la mise en place d'une infrastructure de réseau très avancée d'un point de vue technologique, permettant des connexions très haut débit à travers les Pays-Bas et l'Europe et à destination des Etats-Unis et de l'Asie, et l'émergence d'applications innovantes.

Le deuxième sous-projet, géré par Telematica Institute, offre à la communauté des affaires hollandaises l'opportunité d'effectuer des recherches dans le domaine des nouvelles applications de commerce électronique.

Les objectifs majeurs de GigaPort-Network sont les suivants :

- Mise en place d'une nouvelle infrastructure de réseau appelée SURFnet5,
- Accroissement des bandes passantes sur les liaisons d'accès à l'Internet et aux réseaux de recherche internationaux,
- Amélioration de l'accès à cette infrastructure pour les organismes affiliés et les utilisateurs finaux en intégrant les technologies mobiles et sans fil.

L'infrastructure fédératrice permettra en 1999 des connexions pilotes à 2,5 Gbit/s devant évoluer à l'horizon 2002 vers 80 Gbit/s. Côté connexions utilisateurs, elles devront évoluer dans le même temps de 155 Mbit/s à 20 Gbit/s.

A ces vitesses, le transport des paquets IP nécessitera de nouvelles approches technologiques tant au niveau de la couche transmission (multiplexage par répartition en longueur d'onde - WDM) que des couches transport (commutation optique – Optical Cross-Connects) et session (applications temps réel).

En terme de qualité de service (garantie de bande passante pour certaines applications par exemple), le projet GigaPort s'attend à ce que des produits deviennent rapidement disponibles. Les développements ad hoc, basés sur la version courante d'IP et de son successeur IPv6, seront soumis à des essais étendus.

Dans le cadre de GigaPort-Network, des projets permettront de mieux appréhender l'utilisation des technologies d'accès sans fil (GSM/GPRS, DVB et satellite) et câble (xDSL et modem câble)

et des services génériques au-dessus d'IP tels que l'authentification et l'accès à des services d'annuaires.

Effectués en coopération avec les opérateurs télécoms, ces expériences contribueront à mettre sur le marché des solutions commerciales matures.

Quant à GigaPort-Applications, les applications envisagés sont les suivantes :

- Connexions de plusieurs CAVES (Cave Automatic Virtual Environment) pour des simulations 3D,
- Télé-coopération et télé-consultation au-dessus d'un réseau IP avec garantie de qualité de service (plate-forme MESH),
- Télé-travail et télé-enseignement,
- Accès et consultation de bases de données internationales,
- Commerce électronique.

Ces applications nécessiteront de nombreux services génériques (middleware) tels que :

- Authentification (Tiers de confiance, Cartes à puce),
- Chiffrement (Secure IP, Transport Layer Security),
- Interfaces haut débit Internet/Intranet (Firewalls, Services Proxy),
- Outils d'indexation, de recherche d'informations,
- Systèmes multimédia temps réel/asynchrone et de réalité virtuelle.

4) La Finlande

Pour plus d'informations sur les programmes de recherche coopératifs du TEKES, <http://www.tekes.fi/eng/technology> .

5) Le Japon

Le Japon est un pays très actif dans le développement de nouvelles plates-formes pour contribuer à la promotion de next generation internet. De nombreuses universités et entreprises sont impliquées dans différents projets et les opérateurs de télécommunications jouent un rôle important pour intégrer de nouvelles technologies dans leurs infrastructures.

La présente fiche vise à présenter les grands projets d'expérimentation des technologies clés de Next Generation Internet ainsi que le rôle du gouvernement japonais pour essayer de coordonner ces projets.

A l'heure actuelle il y a un très grand nombre de projets en cours sur le déploiement d'internet au Japon. Contrairement à d'autres phénomènes technologiques, le gouvernement japonais n'a pas essayé de centraliser l'information ni de garder mainmise sur ces projets par l'intermédiaire d'organismes gouvernementaux. Ceci a pour conséquence que de nombreux projets sont largement financés par des fonds privés.

Le projet WIDE

Le projet le plus ancien visant à développer et promouvoir internet au Japon est le projet WIDE: "Widely Integrated Distributed Environment" . Ce projet vient de célébrer son 10ème anniversaire et est dirigé par le professeur Jun Murai de l'université Keio. Plus de 120 entreprises et 30 à 40 universités sont impliquées dans ce projet. Au total 400 chercheurs participent à différents groupes de travail relatifs au projet WIDE. Chaque année le projet WIDE reçoit de l'ordre de 7 millions de dollars de la part du Ministère de l'Industrie et de Commerce Extérieur (MITI), du Ministère des Postes et Télécommunications (MPT) et la "Science and Technology Agency" (STA). Les autres fonds proviennent des entreprises mais sont difficiles à chiffrer. Il est à noter que plus de la moitié du budget est reversé aux opérateurs pour payer les coûts d'utilisation des infrastructures existantes.

Le projet WIDE compte actuellement plus d'une quinzaine de groupes de travail. Les thèmes sont par exemple IPv6, l'architecture Multicast sur internet ou encore les technologies de routage et d'adressage.

Un groupe de travail très actif est celui de la "WIDE University, School of Internet" qui a débuté en septembre 1997. Ce projet a pour but de permettre à des étudiants de suivre des cours à distance grâce à internet. Plus de 257 heures de cours ont déjà été données depuis différentes universités et l'audience tend à augmenter puisque le site compte déjà en moyenne 4095 accès par mois depuis le lancement de l'opération (adresse web: <http://www.sfc.wide.ad.jp/soi/>)

Plus d'information peuvent être trouvées sur le projet WIDE à l'adresse <http://www.wide.ad.jp>.

Les projets KAME et TAHI

Le projet KAME vise à développer des outils logiciels fiables pour IPv6/IPsec. Le projet KAME a été lancé en avril 1998 pour une durée initiale de 2 ans et sera peut être prolongé. Des chercheurs de différentes grandes entreprises japonaises (NEC, Hitachi etc) travaillent à plein temps plus de 3 jours par semaine sur ce projet. Leur but est de créer un code fiable sous le copyright BSD qui servira de référence pour l'intégration et la distribution d'IPv6.

Le projet TAHI est très proche du projet KAME et il vise à développer des technologies de vérification pour IPv6. Les participants à ce projet développent des outils d'interopérabilité et des test de conformité pour IPv6. TAHI est un projet d'une durée de 1 an et demi qui a débuté en octobre 1998.

Les résultats produits par les projets KAME et TAHI sont publics et un développeur peut librement intégrer la pile de protocole IPv6 de KAME dans un logiciel public.

Associations pour la promotion d'internet au Japon

Différentes associations ont pour rôle de promouvoir le développement d'internet au Japon. Celles-ci soutiennent également les différents projets dans le développement de Next Generation Internet:

IAJ : L'Internet Association of Japan (IAJ) est une organisation à but non lucratif qui a été créée en décembre 1993. Son rôle est de promouvoir l'utilisation d'internet par les entreprises et le milieu de l'éducation au travers de différents groupes de travail. L'IAJ organise des séminaires pour des industriels afin de présenter les enjeux et les technologies clés. Mail: sec@iaj.or.jp. <http://www.iaj.or.jp>

ISOC-JP : L'Internet Society of Japan est la première branche de l'Internet Society à avoir été implantée dans un pays en août en 1994. Son rôle est de promouvoir le transfert des nouvelles technologies d'internet au Japon. (<http://www.isoc.org>) mail: iaj-sec@iaj.or.jp

JEPG/IP : Le Japan Engineering and Planning Group for IP est un groupe indépendant qui mène des études techniques et émet des recommandations afin de promouvoir l'implémentation des nouvelles technologies de l'internet. (http://www.jepg-ip.ad.jp/jepg-ip_e.html)

JPNIC : Le Japan Network Information Center s'occupe de la gestion des adresses IP et des noms de domaine pour le Japon. Il collabore fortement avec les chercheurs du projet WIDE pour la mise en place d'IPv6.

Le rôle du gouvernement japonais

Afin de promouvoir le développement de Next Generation Internet, le Ministère des Postes et Télécommunications (MPT) a publié un rapport au mois de juin dernier, préconisant l'installation d'une plate-forme de test dans la préfecture de Kanagawa, plus précisément à Yokohama et dans ses environs. Le nom de ce projet est "Next Generation Internet Zone". Ce projet consiste à développer un "High Speed Internet Center" dont le rôle sera d'accumuler du contenu fourni par les entreprises de la région. Un réseau à très haut débit en fibre optique sera développé par les opérateurs et connecté au "High Speed Internet Center". Enfin une période de Recherche et Développement de 3 ans permettra la mise en place de nouvelles technologies comme la gestion optimale de la charge des réseaux ou encore le routage optique à très haut débit. Les fonds de ce projet proviennent du 3ème budget supplémentaire pour l'année 1998 et les autorités locales de la préfecture de Kanagawa y participent également.

Une association nommée "Next Generation Internet R&D Promotion Association" a été créée en juin dernier afin de superviser le projet. Cette association est présidée par le Professeur Tadao Saito de l'Université de Tokyo.

- ***Soutien du MITI au développement du commerce électronique***

Voir article paru dans Le Monde daté du 14 décembre 1999

6) Israël

Voir les sites du programme Magnet (<http://www.consortia.org.il>) et MOST (<http://www.most.co.il>).

Fiche 7 – Renater : Présentation, évolution et perspectives

Contribution de Dany Vandromme

Le développement à grande échelle de l'Internet, qui s'est engagé dans le monde depuis le début des années 90 appelle une amplification de l'effort national pour maintenir la France et l'Europe au meilleur rang, tant pour les technologies spécifiques aux réseaux de communication, que pour les usages qui en sont faits.

Dès sa genèse, l'Internet a été conçu et développé grâce à une étroite collaboration entre des communautés aussi différentes que la recherche, l'industrie et les pouvoirs publics. Au moment où l'essentiel des usages de l'Internet devient « marchand », il est nécessaire de préciser correctement l'effort de recherche publique et privée qu'il faut faire, pour préserver la position technologique d'aujourd'hui, qui sera une position économique de demain.

La communauté de l'éducation et la recherche bénéficie en France d'un réseau IP dédié initialement à l'enseignement supérieur et à la recherche qui, après avoir souffert d'un ralentissement de croissance entre 96 et 98, se redéploie en utilisant des infrastructures modernes et une architecture adaptée à l'émergence dans le marché des télécommunications (<http://www.renater.fr>).

Après une brève revue de l'architecture de ce nouveau réseau (renater2) et de ses interactions internationales, nous ébaucherons quelques perspectives d'évolution à court et moyen terme, pour ce qui concerne le réseau national pour la technologie, l'enseignement et la recherche. Puis nous donnerons quelques indications sur les usages de l'Internet au sein de cette communauté, en essayant de préciser l'effort de recherche français par rapport aux initiatives à l'étranger.

1. Une vue de RENATER2

La principale modification de RENATER 1 à RENATER 2 tient à son architecture et son mode de fonctionnement. Le réseau s'appuie aujourd'hui sur un ensemble de points de présence dans toutes les régions administratives (parfois même deux POPs par région). Ces POPs sont des locaux sous le contrôle de RENATER, qui garantit un égal accès à tout opérateur, fournisseur ou partenaire du GIP.

Le choix de ce modèle d'architecture a été guidé par un souci de pouvoir faire évoluer le réseau, à la fois en capacité et en service, au fur et à mesure que la concurrence s'installera dans le marché des télécommunications (au moins au niveau national). La dissociation des lots de fourniture (par opposition à une offre de service intégrée) permettra l'introduction de nouveaux acteurs.

Ces POPs sont interconnectés par des liaisons (de type SDH ou ATM) opérées par un opérateur public. Ces liaisons sont, pour l'exercice 1999/2000, de type 34 et 155 Mb/s, mais il est prévu de remettre en concurrence les offres avec une périodicité annuelle. Les services (ATM et IP) ont été attribués pour une durée de trois ans, avec le souci premier d'amortir les équipements actifs sur une durée raisonnable et de disposer de façon stable, de personnels bien formés pour l'exploitation du réseau.

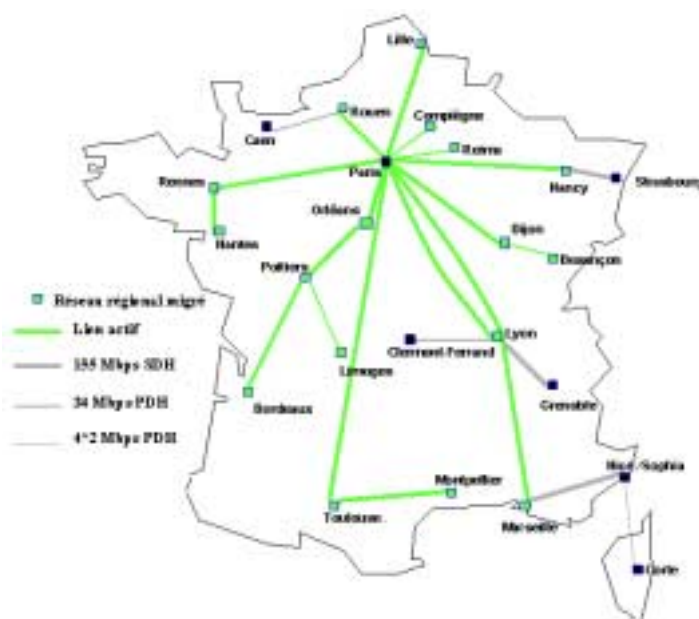
Suite à la procédure d'appel d'offres qui a été lancée en juin 1998, France Télécom s'est vu attribué le lot des liaisons (SDH et PDH), tandis que la Compagnie des Signaux a obtenu les lots de services (IP et ATM).

Il faut rappeler que les choix de capacité (34 et 155 Mb/s) ne sont qu'une conséquence de la faiblesse des offres de liaisons. Malgré les spécifications du cahier des charges de RENATER2, il n'existait pas en France au moment du choix d'opérateur, d'offres supérieures à 155 Mb/s sur des distances longues (inter-régionales).

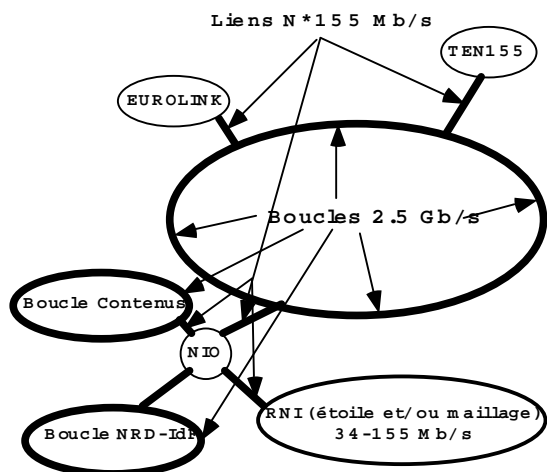
Les services réseau sont fournis par une entreprise tierce, qui déploie d'une part un service ATM sur l'ensemble des liaisons, et d'autre part un service Ipv4, correspondant aujourd'hui à l'interface de service la plus demandée par les utilisateurs.

En date du 1/10/99, l'ensemble des réseaux régionaux a été migré sur le réseau RENATER2, à l'exception du réseau de la région Ile-de-France.

La configuration physique du réseau national est donnée sur la carte ci-contre.



La situation de la région Ile-de-France est sensiblement différente. En effet, cette région contient environ 50% des activités d'enseignement et de recherche du pays. Il n'était donc pas envisageable de doter cette région d'un ou plusieurs POPs, au même titre que les autres régions.



Il a été décidé plutôt de doter cette région de plusieurs boucles de communication à très haut débit (2.5 Gb/s dès la fin 99). Une de ces boucles sera destinée à fédérer tous les points de présence franciliens. Une seconde boucle sera utilisée pour interconnecter les nœuds de commutation de RENATER2 avec les arrivées des liaisons internationales et le GIX (nœud d'échange de trafic pour les opérateurs commerciaux de l'Internet). Une troisième boucle à haut débit sera utilisée pour le raccordement de quelques sites parisiens, détenteurs d'un important patrimoine culturel ou pédagogique (BNF, CSI, INA, RMN, BPS etc...).

Sur tous les points de présence, RENATER déploie des équipements actifs pour assurer les deux niveaux de services. Ce sont des équipements CISCO de type 8640 pour l'ATM et 12008, 7507 ou 36xx pour le routage. Les services qui seront disponibles sur RENATER2 seront d'une part de l'IP « best effort » avec des bandes passantes initiales de 2.5 fois celle de RENATER1, ainsi que des services évolués en mode circuit, permettant la garantie de divers paramètres de QoS. Ces services seront :

- VP à la demande
- VPN permanent
- SVC

avec la possibilité de les prolonger sur les réseaux régionaux⁴ et sur l'infrastructure européenne TEN155. Il est prévu également de doter le service Ipv4 de classes de service (CAR, DiffServ, etc...). Ces classes de services pourront évidemment être prolongées sur l'interconnexion US, voire même sur les réseaux de collecte (régionaux ou métropolitains)

En ce qui concerne la connectivité internationale, RENATER dispose d'une liaison à 155 Mb/s sur les US et d'une interconnexion à 155 Mb/s sur le réseau européen TEN155. Les deux modes d'utilisation sont possibles sur chacun de ces sorties vers l'international.

La liaison avec les US est faite de deux circuits distincts, au départ de Paris. L'un est raccordé au backbone SPRINT pour assurer la connectivité avec l'Internet (« commodity Internet »), tandis que l'autre aboutit au STAR-TAP à Chicago, où il est possible de s'interconnecter, d'une part avec les réseaux de l'Internet2 (aujourd'hui, ce sont vBNS, vBNS+ et Abilene), et d'autre part avec les réseaux thématiques qui font partie de l'initiative NGI (Esnet, NREN, DREN, MREN etc...). Il est également possible de s'interconnecter au STAR-TAP avec d'autres réseaux recherche de la région Pacifique (APAN, SINGARnet) et du Canada (CA*net2 et CA*net3). L'utilisation de la

⁴ Pourvu que ces réseaux disposent de ce type de capacité.

bande passante via le STAR-TAP est réservée à des projets de recherche identifiés, dans le cadre de protocoles d'accords signés entre RENATER et UCAID⁵, ou entre RENATER et la NSF⁶.

L'interconnexion de RENATER avec le réseau européen TEN155 se fait également de deux façons différentes. D'une part, un service IP « best effort » est fourni pour le trafic généraliste, et d'autre part un service de bande passante sur demande (MBS⁷) est expérimenté à l'échelle européenne. Ce service, qui utilise la technologie ATM et dont la phase β s'achève seulement aujourd'hui, supporte essentiellement des projets de recherche européens (avec ou sans participation de l'Union Européenne) ouverts à la recherche publique et privée (<http://www.dante.net/mbs/>).

2. Evolution des infrastructures

Deux points distincts ont besoin d'évoluer pour le développement de l'Internet en France. Le cœur du réseau et la desserte d'accès pour l'utilisateur.

2-1. Cœur de réseau

2-1-1. Etat des lieux

En ce qui concerne le cœur de réseau, il a été mentionné précédemment que notre pays souffre aujourd'hui d'un manque cruel d'offres, qui le met bien en deçà des autres pays développés. Pour illustrer ce propos, il suffit de citer 3 exemples significatifs :

- USA : Réseau Abilene en cours de déploiement : IP sur SONET, 2.5 Gb/s
- Canada : Réseau CA*net3 en cours de déploiement : IP/DWDM 40 Gb/s
- Allemagne : Réseau G-WIN en cours de déploiement : IP/DWDM et IP/SDH 2.5 Gb/s

Malgré une capacité notoirement plus faible, RENATER2 se singularise néanmoins par la possibilité de transporter des services avancés jusqu'à l'utilisateur (sous réserve que la boucle locale le permette !)

En termes de protocoles, RENATER2 a pris l'option de déployer un réseau ATM sur lequel sont fournis des services IP et ATM. La raison de ce choix est évidemment le souci d'assurer des services de bout en bout, de profiter de la granularité inhérente à la gestion des liens ATM pour fournir en tout point un service dimensionné au mieux, et le manque de maturité du protocole IP pour gérer lui-même la qualité de service. Il est probable néanmoins que le protocole ATM ne s'adaptera pas à l'avenir aux très hauts débits (>2.5 Gb/s). Il reste donc à faire beaucoup de travail de recherche et développement pour disposer de protocoles de niveau 3 gérant convenablement la QoS.

⁵ University Corporation for Advanced Internet Development

⁶ National Science Foundation

⁷ Managed Bandwidth Service

En termes d'utilisation, RENATER2 souffre encore d'un sous-dimensionnement notoire.

- *Le dispositif est stabilisé pour l'enseignement supérieur et la recherche, c'est-à-dire que la croissance des besoins de cette communauté suivra les progrès technologiques (on peut prévoir un saut technologique majeur tous les 18 mois environ).*
- *Le dispositif n'est pas encore stabilisé pour l'utilisation de l'Internet dans l'enseignement scolaire. Même si aujourd'hui, nous pouvons revendiquer que presque tous les lycées et collèges et un nombre significatif d'écoles disposent d'un accès à l'Internet, la capacité de ces raccordements reste extrêmement modeste (IP/RNIS) et ne permet pas une réelle utilisation pédagogique. En particulier, il n'est pas envisageable d'en faire un autre usage que le courrier SMTP, la consultation http (seulement quelques utilisateurs à la fois) et les serveurs WEB des établissements doivent être hébergés de façon centralisée, en amont du lien RNIS.*
- *Le réseau Internet en France est essentiellement un réseau de transport, qui échange majoritairement du protocole http avec les Etats-Unis. Il est nécessaire d'en faire aussi un réseau de contenus, avec les usages correspondants (téléenseignement, diffusion multimédia, streamings vidéo etc...).*

La correction de ces lacunes va donc nécessiter un renforcement significatif de la capacité du cœur de réseau et justifier d'aller très rapidement au-delà des 155 Mb/s actuels !

2-1-2. Propositions

2-1-2-1. Liaisons

En s'appuyant sur l'infrastructure existante des POPs de RENATER2, il est proposé d'y adosser un ensemble de liaisons à très haut débit (2.5 Gb/s SDH pour commencer), qui permettrait de disposer dans un premier temps de liens spécifiques pour développer ou valider la prise en compte de la QoS au niveau 3 (IP). Ces liaisons auraient vocation à se substituer à terme aux circuits RENATER2 en production actuellement. L'intérêt majeur de construire ces liaisons sur les POPs serait bien sûr de pouvoir utiliser les équipements actifs existants (routeurs CISCO 12000) ou de pouvoir y héberger des équipements spécifiques, tout en gardant la possibilité de raccordement à l'infrastructure existante, et en particulier la desserte sur les boucles locales (via des tunnels IP ou des PVCs).

Les chemins privilégiés de ces liaisons seraient, au départ, Paris-Nancy-Strasbourg, Paris-Lyon et Paris-Toulouse. Cette infrastructure serait complémentaire du réseau d'expérimentation du CNET, en prévoyant également l'ouverture vers l'Allemagne.

Il serait également possible d'envisager l'implantation d'Ipv6 natif sur l'une ou plusieurs de ces liaisons. Les développements en cours de MPLS au sein de TF-TANT permettraient d'avoir une possibilité de transition entre les deux réseaux. On pourrait également s'appuyer sur ces liens Ipv6 pour afficher une politique volontariste de migration Ipv4 → Ipv6, qui a aujourd'hui beaucoup de mal à s'amorcer.

2-1-2-2. Logiciels réseaux

En plus de la QoS, il est très important de s'attacher au développement de la métrologie sur ce type de réseau. En effet, une difficulté majeure que nous rencontrons sur les réseaux périphériques de RENATER2, est le manque d'outils de métrologie, en raison principalement des débits mis en œuvre. Le passage aux liaisons Gb/s ne fera qu'accroître cette difficulté.

Nous sommes conscients qu'aujourd'hui, la principale difficulté pour la mise en place de telles liaisons est l'absence de toute offre commerciale de ce niveau. Le caractère expérimental, qui peut être donné initialement, est susceptible de modifier le comportement des opérateurs, qui pourraient avoir intérêt à une participation active aux expérimentations. Une autre option qui pourrait être prise, au moins pour la phase expérimentale, est la location de fibre noire. Dans ce cas, il sera nécessaire de doter le GIP d'une licence d'opérateur privé (L33-2) lui permettant d'activer ces fibres.

2-1-2-3. Partenariats industriels

A l'occasion de ce second souffle donné aux infrastructures, il serait utile de repenser le mode de partenariat entre la recherche publique et privée. Si on examine le modèle des Etats-Unis, qui ont pourtant un souci scrupuleux de ne pas affecter l'activité économique avec des subventions du gouvernement, on peut mettre en exergue deux exemples :

- *vBNS auquel participait la NSF à hauteur de 50% en partenariat avec MCI-Worldcom.*
- *Abilene : 50% UCAID, 50% Qwest. Un certain nombre de partenaires associés contribuent également au financement de UCAID, parmi lesquels on compte Cisco, Nortel, Newbridge et Alcatel.*

Ce type de partenariat n'a jamais existé en France (ni même en Europe). L'expérimentation SAFIR de RENATER (tout comme d'autres expérimentations comme EFRA ou MIRIHADÉ) n'a jamais consisté qu'à acheter de la bande passante à un opérateur, des routeurs et des commutateurs à des équipementiers au prix du marché !

Dans le modèle américain, les partenaires industriels participent en apportant une contribution réelle (des liaisons ou des équipements). Ils participent également en élaborant de nouvelles offres de services qu'ils se chargent de commercialiser par la suite (vBNS+ en est la parfaite illustration). Les industriels se paient donc, non pas avec les crédits publics, mais en anticipant sur les produits et services qu'ils pourront commercialiser au-delà des expérimentations.

Le modèle français (ou européen) est notoirement différent. Les industriels participent en justifiant de leur quote-part au financement d'un projet global. Cette quote-part porte essentiellement sur les coûts de fonctionnement induits chez eux pour participer au projet. En dehors des contrats de recherche passés en direct entre industriels et laboratoires, les industriels n'interviennent donc que dans des projets financés par le gouvernement ou l'UE, dans le cadre strict du doublement de leur investissement propre. Pour le programme d'expérimentation Gigabit mentionné ci-dessus, il faudra impérativement la participation d'un ou plusieurs opérateurs de télécommunications, faute de quoi le modèle économique de SAFIR va s'imposer, c'est-à-dire faire supporter par l'état l'intégralité des coûts d'infrastructure et de développement.

2-2. Réseaux de collecte et de distribution

Le réseau RENATER2 est maintenant déployé dans toutes les régions, jusqu'aux interfaces des équipements installés dans les POPs. A titre transitoire, le GIP prend également en charge le raccordement des réseaux régionaux, qui ont été déployés à partir de 1992 pour l'enseignement supérieur et la recherche. Cette solution n'est évidemment pas satisfaisante puisqu'elle maintient un épouvantable goulot d'étranglement entre le backbone et l'utilisateur. De plus, aucun des réseaux en cours d'exploitation n'a la capacité de prolonger jusqu'à l'utilisateur, les services de RENATER2.

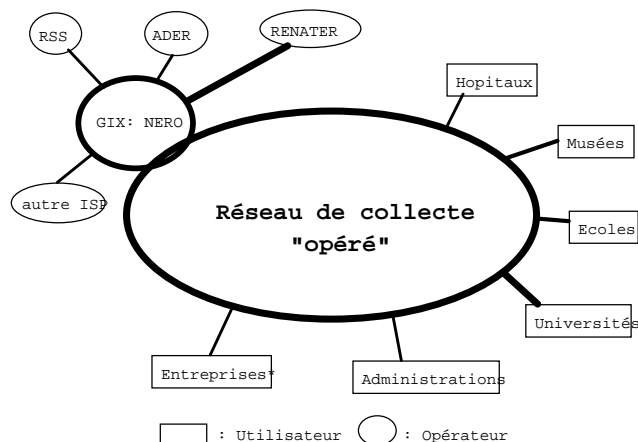
2-2-1. Réseaux régionaux ou métropolitains

Afin de dynamiser les réseaux régionaux (ou métropolitains), nous proposons d'élargir leur périmètre d'utilisation à une communauté beaucoup plus large, en y introduisant la problématique des Schémas de Services Collectifs pour l'Information et la Communication (SSCIC), qui se déclinent dans quatre domaines :

- Santé
- Culture
- Education
- Administration

Le principe de ces nouveaux réseaux, est d'être multi-services, et éventuellement multi-opérateurs (en périphérie). L'architecture fonctionnelle est décrite par le schéma ci-contre. Un tel réseau permettra de collecter tous les trafics d'intérêt général (de service public) pour les acheminer, soit vers d'autres utilisateurs locaux, soit vers l'opérateur retenu pour le trafic extra-régional. Le RSS aura vocation à servir les hôpitaux, l'ADER les administrations, RENATER pour l'éducation et la culture, et éventuellement un ou plusieurs opérateurs commerciaux pourront y véhiculer les flux ne transitant par aucun des réseaux nationaux mentionnés ci-dessus.

L'interconnexion de tous ces intervenants, avec l'opérateur du réseau de collecte, se fera alors via un NERO⁸, analogue à un GIX. Cette proposition n'entre en rien dans le problème des infrastructures payées par les collectivités, mais suppose seulement que les opérateurs seront capables d'adapter leur offre à la demande des collectivités, plutôt que de forcer ces dernières à accepter une offre inadaptée à leurs besoins.



⁸ Nœud d'Echange Régional entre Opérateurs

La présence des ISP locaux et nationaux sur ces NERO, permettra également un accès de qualité aux serveurs de service public pour tout citoyen, indépendamment du choix de son fournisseur d'accès.

Le besoin sous-jacent de cette proposition, en termes de R&D est évidemment de la gestion des protocoles d'interconnexion (on ne voudra pas échanger que du TCP/IP, mais de l'IP avec QoS, voire même de l'IP multicast ou de l'ATM), ainsi que les logiciels métrologie adaptés aux hauts débits.

2-2-2. Boucle d'accès des utilisateurs isolés

Cet aspect ne concerne RENATER que de façon marginale, néanmoins un certain nombre de propositions faites, suppose que les accès pour les individus ou les sites isolés soient de bonne qualité. Pour cela, il faudra profiter de toutes les techniques disponibles, qui dépendront à la fois de la géographie, des usages et de l'économie. Les expérimentations, qui ont été lancées par la direction de la Technologie du MENRT, sont un bon exemple pour la prise en compte de techniques satellitaires. On peut néanmoins tabler sur le fait que différentes technologies coexisteront pour amener des capacités de l'ordre du Mb/s chez l'utilisateur isolé (câble, boucle radio, satellite, xDSL, hertzien etc...). En ce qui concerne des sites tels que lycées, collèges ou école, il est à craindre que l'on ne puisse pas se suffire de bandes passantes qui soient inférieures à 10 Mb/s par site.

3. Développement des usages

L'accroissement de la taille des tuyaux, l'amélioration de la qualité des transmissions, l'efficacité croissante des outils de gestion des réseaux ne suffisent pas à développer l'Internet. Ces progrès y contribuent certainement de façon très significative, mais ce sont les usages qui seront le moteur du développement. Au côté des propositions d'évolution des infrastructures, il est donc nécessaire d'envisager quel est le bénéfice qu'on peut en retirer en termes d'utilisation. Dans un premier temps, on peut supposer qu'une infrastructure plus grosse permettra de faire beaucoup mieux (en termes de temps de réponse, de confort ergonomique), ce que l'on faisait déjà sur l'ancien réseau. L'enjeu du développement de l'Internet n'est, à notre avis, pas de faire « dix fois plus », mais plutôt de faire des choses nouvelles qui n'étaient pas possibles précédemment. Nous allons illustrer ce propos dans ce qui suit, en prenant quelques exemples choisis, qui correspondent effectivement aux propositions faites pour les infrastructures.

3-1. Expérimentations à très haut débit (> Gb/s)

Quand on parle de liaisons Gb/s, la première question qui se pose est : comment générer des flux de données qui correspondent à une telle capacité. Ou bien on effectue l'agrégation d'un grand nombre de flux (par exemple 1000 sessions simultanées de visioconférence consommant chacune 1 Mb/s, mais ça reste difficile à réaliser dans le cadre d'une expérimentation), ou bien on met aux extrémités du tuyau, des machines capables d'émettre et de recevoir une telle masse de données. Le calcul parallèle et/ou distribué est un candidat potentiel pour cela.

3-1-1. Etat des lieux

Les moyens de calcul en France, sont répartis entre les deux centres nationaux (IDRIS à Orsay et CINES à Montpellier). Chacun de ces centres a sa propre communauté d'utilisateurs. Peu d'utilisateurs travaillent sur les deux centres. La puissance de calcul de ces centres, quoique très évolutive, se place entre 10 et 100 Gflop/s. A ces deux centres, il convient d'ajouter le centre de calcul du CEA à Grenoble, qui est marginalement accessible à la recherche universitaire. A côté de ces ressources nationales, un certain nombre de centres de calcul, de dimension régionale, ont vu le jour au cours des dernières années. Ce sont :

- Le CCH à Nancy
- L'ICPS à Strasbourg
- Le CRIHAN à Rouen
- L'ENS à Cachan
- Le CICT à Toulouse
- Le CRDCP à Lyon
- Le LIFL à Lille
- +...

Malgré un souci souvent affiché de mieux coopérer entre eux, ces centres fonctionnent aujourd'hui de façon très autonome et sans partage. La puissance de calcul associée à chacun de ces centres est de l'ordre de 10-20 Gflop/s. On peut compléter le panorama en précisant que ces centres disposent également de capacités de stockage très importantes, qui se chiffrent en centaines de Gigaoctets pour la majorité d'entre eux, et même en dizaines de Téraoctets pour l'IDRIS, le CINES et le CRIHAN.

Les thèmes scientifiques qui requièrent le plus de ressources de calcul sont la modélisation moléculaire, la mécanique, l'électromagnétisme, le climat et l'environnement, parmi les plus visibles. Ces disciplines font également appel à des outils graphiques très puissants pour l'analyse des résultats, qui sont, en général des objets 3D qui évoluent dans le temps et exigent donc une utilisation interactive.

3-1-2. Propositions

Le réseau peut servir de support pour la construction d'un superordinateur distribué, qui serait constitué des différentes ressources de calcul existant sur le territoire. Dans un premier temps, il est prévu de construire un VPN sur RENATER2 pour améliorer les débits d'échange entre ces nœuds. Cela permettra également de développer les outils logiciels qui permettront de ne voir cet ensemble de nœuds de calcul, que comme une machine unique (système de batch distribué, allocation de ressources distantes, partages de fichiers etc...). En fonction des usages, le réseau pourra être vu comme un moyen d'accès unique à un ensemble de ressources délocalisées (guichet unique ou « portail »). Dans une seconde étape, le réseau pourra également être utilisé comme une machine parallèle. Il sera alors nécessaire d'envisager aussi les protocoles de dialogue entre les applications de calcul, les

systèmes d'exploitation et les interfaces avec le réseau. Au titre d'exemple, on peut citer le projet européen METHODIS du CRIHAN préfigure de quelles façons, une application de calcul pourra adapter le réseau à ses besoins propres.

Le principal effort à faire dans ce contexte, au-delà des changements des mentalités, est évidemment au niveau des logiciels de médiation (entre machines, entre utilisateurs pour partager les ressources de façon efficace, entre utilisateur et machine pour les exploitations graphiques interactives).

3-2. Multimédia et audiovisuel (XoD)

L'acronyme XoD tient pour toute médiation qui repose sur une requête d'un utilisateur, par opposition aux modes de diffusion automatique (mode « push »).

3-2-1. Etat des lieux

Il y a deux sujets sur lesquels un effort important est nécessaire. D'une part, les outils de communication alliant le son et l'image, sont depuis trop longtemps de fantastiques sujets d'expérimentation qui n'ont pas encore su déboucher sur une offre de service de qualité acceptable. Malgré un début de standardisation des protocoles multicast au niveau européen et même mondial, les utilisateurs ne disposent pas encore d'un service de visioconférence déployé sur l'ensemble du réseau.

Par ailleurs, il est très important de développer une offre nationale de contenu, au moins à destination du système éducatif. Il ne fait pas de doute que les offres de portail, basées sur le web, vont se développer par elles-mêmes en fonction des besoins. Il reste néanmoins, que derrière ces portails ne fonctionneront correctement que si l'infrastructure sous-jacente permet également la diffusion des contenus à des débits adaptés. Aujourd'hui, les sites à fort contenu culturel et pédagogique ne disposent pas d'un accès à l'Internet qui leur permette de faire plus que du courrier électronique ou de la consultation de serveurs web.

3-2-2. Propositions

3-2-2-1. Visioconférence

Une démarche volontariste est nécessaire pour déployer sur l'infrastructure nationale un service de visioconférence fiable, robuste et ouvert à tous. Il s'appuiera sur des équipements dédiés, hébergés dans les sites RENATER (NIO et NRD), et géré par un opérateur de services. Deux types de protocoles seront déployés simultanément : Mbone et H323, qui pourront être utilisés selon les besoins exprimés par les utilisateurs.

L'objectif est de déployer un service national robuste et fiable, ouvert à l'ensemble de la communauté RENATER.

3-2-2-2. Audio-visuel

De nombreuses initiatives sont en train d'émerger pour permettre l'exploitation de contenus multimédia (et en particulier audiovisuels) sur l'Internet. Au-delà du simple problème des tuyaux (pris en compte par la boucle des contenus), il reste à développer les logiciels de médiation et de présentation des services. De tels outils sont d'une part, destinés à proposer les services aux particuliers, et d'autre part à remodeler les transactions entre professionnels.

3-3. Télé-enseignement et télé-activités: travaux de groupes

3-3-1. Etat des lieux

Assez peu d'applications existantes peuvent être considérées comme une mise en œuvre de télé-enseignement ou même de téléactivités.

3-3-2. Propositions

Quoique les domaines d'applications sont très nombreux (de la réunion de travail à l'amphithéâtre distribué), un énorme effort doit être fait pour doter le système éducatif, d'outils performants et robustes (même problématique que pour la visioconférence). Le déploiement des NTIC pour modifier (voire améliorer) la pratique pédagogique en France, a besoin de voir le développement de tels outils logiciels.

4. Synthèse des propositions

4-1. Liaisons Gb/s

4-2. Partenariats industriels

4-3. Collaborations laboratoires

4-4. Architecture des réseaux régionaux

4-5. VPN Calcul ou le supercalculateur distribué

4-6. Service visioconférence national

4-7. *Middleware Multimédia*

4-8. *Outils de télé-enseignement*

Fiche 8 - Evolutions du réseau TEN-155

(Trans-European Network 155 Mbps)

Le réseau TEN155, soutenu par l'Union Européenne (4^{ème} PCRD) dans le cadre du projet QUANTUM (octobre 1998 – mai 2000), assure aujourd'hui l'interconnexion jusqu'à 155 Mbps de 21 réseaux nationaux de recherche européens (NRN). Un projet complémentaire appelé Q-MED permet le raccordement de l'Israël et de Chypre à l'infrastructure européenne.

Le réseau TEN155 a pour coordinateur DANTE (Delivery of Advanced Networking Technology to Europe Ltd.), une société à but non lucratif de droit anglais, et pour partenaires associés un certain nombre d'opérateurs télécom.

Basé sur des circuits SDH et la technologie ATM, TEN-155 interconnecte les réseaux européens en IP et - pour des besoins spécifiques à la demande - directement en ATM.

Déployé dans le courant de l'année 1999, le service MBS (Managed Bandwidth Service) offre la possibilité de définir des réseaux virtuels privés (VPN) permettant d'attribuer une bande passante garantie avec les paramètres adéquats de qualité de service entre des nœuds du réseau et dans le cadre de projets de R&D clairement identifiés.

En plus des aspects opérationnels de TEN155, le projet QUANTUM inclut le programme QTP (Quantum Testing Programme), géré conjointement par DANTE et TERENA (Trans-European Research and Education Networking Association) dans le cadre de la « Task Force TF-TANT ».

QTP est destiné à évaluer, tester et valider de nouvelles technologies et de nouveaux produits et services dans la perspective de les intégrer au réseau à court et moyen terme (Differentiated Services, RSVP to ATM SVC Mapping, QoS Monitoring, MPLS, Flow-based Monitoring Analysis, IP Version 6, Multicast etc.).

Aujourd'hui, dans le contexte de l'évolution du réseau TEN155, un projet de niveau européen intitulé GEANT a été proposé. Il envisage de mettre sur pied un projet Gbit à partir de mi-2000 dans le prolongement du projet Quantum.

L'un de ses objectifs, est d'établir un nœud d'échange de trafic entre les réseaux européens de la Recherche interconnectés par TEN155, et les autres réseaux de la Recherche justifiant d'un accès direct à l'ensemble de la communauté scientifique européenne.

Ce nœud d'échange, appelé EURO TAP, permettra notamment de mutualiser les infrastructures communes aux pays européens. Il se veut le pendant du STAR TAP (Science, Technology And Research Transit Access Point) installé à Chicago, qui constitue le nœud d'accès direct aux réseaux américains de la Recherche comme ceux de la NSF (vBNS), de l'Internet2 (UCAID Abilene), des Sciences de l'Energie (ESNET), de la NASA (NREN), du département de la Défense (DREN), ou encore d'autres réseaux comme ceux du Canada (CANET*3), du Pacifique (APAN) ou de Singapour (SINGARNET).

Sur la base de projets de recherche très clairement identifiés, des accords dits « de peering » permettent l'accès à ces réseaux depuis les pays européens qui disposent d'une connexion directe sur le STAR TAP. Un accord de peering vient d'ailleurs d'être établi entre UCAID Abilene et TEN155 le 8 octobre 1999.

La déréglementation en matière de télécommunications et l'émergence de nouvelles technologies comme le multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM) devraient vraisemblablement entraîner une chute importante du coût des infrastructures de communication dans les trois prochaines années. Comme aux Etats-Unis, il s'en suivra une offre pléthorique de capacité de transmission permettant de voir se développer des applications telles que le télé-enseignement, la vidéo-conférence, la télé-médecine etc.

Cependant, s'il semble possible de réaliser dès l'année prochaine un cœur de réseau expérimental à 2,5 Gbit/s entre quelques capitales européennes (Londres, Bruxelles, Paris et Amsterdam), il subsiste au-delà un problème important qui tient à la disparité des coûts en matière de télécommunications dans les autres pays européens, liés en partie à la localisation géographique et à des situations de monopole de certains opérateurs. Pour pallier ces disparités, une certaine solidarité européenne sera nécessaire.

Le service MBS, de gestion de qualité de service (QoS), introduit sur TEN155, a montré qu'il existait une véritable demande en la matière. Etant donné qu'il n'y a pas de choix technologique unique pour fournir cette qualité de service, un défi important pour GEANT sera de permettre de transposer MBS à des technologies à la fois matures et émergentes, et d'assurer l'interopérabilité d'ensemble.

De la même façon, le projet devra répondre au besoin de constitution de réseaux privés virtuels (VPN) assurant facilité et souplesse de mise en œuvre, performance et sécurité dans les échanges pan-européens.

Quant aux services expérimentaux, il semble qu'ils se partageront suivant leur nature entre un réseau dit de production (RN1), et une infrastructure spécifique dédiée (RN2).

A propos des liaisons internationales, en dehors des évolutions liées à la connexion avec les Etats-Unis, la nécessité d'une liaison directe entre TEN155 et APAN, consortium de réseaux de la Recherche Asie-Pacifique, se fait de plus en plus pressante.

Cette liaison permettrait d'assurer une coopération scientifique plus forte entre l'Europe et la région Asie-Pacifique, et éviterait que les Etats-Unis définissent seuls l'organisation des infrastructures internationales pour les réseaux informatiques dédiés à l'Education et la Recherche.

Fiche 9 – Aperçu général de la R&D sur Internet en Europe

La recherche sur Internet et le Web est très diffuse en Europe et concerne de nombreuses équipes, qui n'hésitent pas en particulier à contribuer aux travaux du WC3 et de l'IETF, mais, à considérer le nombre de publications et l'intensité de la communication, son centre de gravité est très nettement situé au nord du continent : les contributeurs les plus nombreux sont en Grande-Bretagne, en Allemagne et en Scandinavie.

Les thèmes portent principalement sur l'accès Internet à travers les mobiles, plus fondamentalement sur les apports du protocole IP dans le domaine des mobiles, sur l'accès haut-débit en boucle locale (ADSL, etc.), sur les aspects de sécurisation, sur l'évolution d'XML. La plupart de ces recherches sont très liées aux travaux de normalisation de l'IETF. On trouve également beaucoup de développements plus proches du marché, relatifs par exemple au commerce électronique ou aux portails intelligents.

En Grande-Bretagne, ce sont de nombreuses universités qui sont engagées dans les recherches sur Internet. On peut citer par exemple le département des technologies de l'information du CLRC qui participe depuis plusieurs années à des projets du 4^{ème} PCRD sur des outils de travail coopératif sur le Web et qui a lancé, avec un financement du gouvernement français, un site d'information bilingue, à l'intention de la presse, sur les sciences et technologies Internet (Alpha Galileo).

Le laboratoire allemand le plus actif dans le domaine semble être le GMD, avec pas moins de onze projets en cours sur des sujets aussi divers que les protocoles de sécurité, les hauts débits sur le câble et le satellite, la radio, la télévision sur demande sur Internet, les services multimédia, le commerce électronique, une plate-forme Web d'expérimentation ouverte, etc.. Le GMD et la société HITACHI viennent d'autre part de s'engager dans un projet commun de développement d'un nouveau protocole IP destiné aux plates-formes de services nouvelle génération.

Les pays scandinaves ne sont pas moins riches en initiatives sur Internet, y compris le Danemark où l'université d'Aarhus est la plus active (services Web). En Suède, le SICS a engagé plusieurs collaborations industrielles, notamment avec ERICSSON sur les services temps réel sur Internet et sur des architectures de routeurs IP haut débit pour la communication multipoint et temps réel, avec HP pour le prototypage de nouvelles activités utilisant IPv6 sur une plate-forme ad hoc, avec TELIA sur une distribution vidéo à large échelle. Des recherches y sont également engagées sur les communications audio et vidéo temps réel, la téléphonie sur Internet, les modems rapides, la communication de groupe. Le laboratoire CCS de l'Institut royal de technologie de Stockholm est plus particulièrement concerné par des recherches sur l'encapsulation d'IP pour les mobiles.

VTT, le principal laboratoire finlandais, consacre une grande partie de ses efforts, pour le domaine qui nous concerne, aux réseaux de communication mobiles et aux technologies radio et microonde. A ce titre, il mène divers projets sur l'accès à Internet par les mobiles (protocoles WAP), les protocoles, le routage et les services temps réel sur IP, la mobilité des utilisateurs dans les réseaux IP.

En ce qui concerne la recherche industrielle, il ne peut être question ici d'évoquer toutes les initiatives des PME dans le domaine. Pour rester sur quelques grands groupes connus, évoquons par exemple les recherches d'IBM (Zürich) sur le commerce électronique, en particulier sur la sécurité et la cryptographie, mais aussi sur la connectivité entre terminaux divers, sur un DAB destiné au Web et sur les protocoles adaptés à ces solutions. Fort de son succès avec le kit CDi-Internet, la société PHILIPS a développé un système d'accès au Web sur la télévision. Elle a également engagé des recherches sur l'intégration centre d'appel-commerce électronique et sur un moteur de recherche amélioré. Outre les projets signalés plus haut, la société ERICSSON travaille par exemple sur des services Web et sur la sécurité du courrier électronique. La société NOKIA, spécialiste des télécommunications mobiles, a développé des services basés sur le protocole WAP, mais aussi une solution de téléphonie sur IP déjà en service commercial, ainsi qu'un service « IP Mobility » qui étend les possibilités du réseau local sans fil haut débit à la téléphonie avec des caractéristiques de sécurité accrues. De manière générale, cette société fonde sa stratégie future sur un concept de « société mobile sur le protocole IP ».

Fiche 10 – Présentation du projet RNRT VTHD

Description Générale

Le projet VTHD a pour objectif de développer et d'expérimenter, au sein du groupe France Télécom et avec des partenaires du monde de la recherche et de l'industrie, les technologies de l'Internet de Nouvelle Génération. France Télécom est un acteur majeur d'initiative Internet II française et européenne afin :

- d'expérimenter les applications du futur et les réseaux IP de seconde génération ;
- de coopérer avec les acteurs moteurs de l'Internet.

Il s'agit donc de déployer une plate-forme d'expérimentation IP à haut débit afin de développer les briques technologiques qui seront nécessaires au déploiement des réseaux Internet et Intranet de deuxième génération et la validation de services associés. La viabilité des solutions sera évaluée dans le contexte de services en temps réel interactifs et d'applications avancées de données. Le projet VTHD vise à contribuer significativement à une action de fédération des efforts pour un Internet de nouvelle génération.

Objectifs

La croissance soutenue que connaît le réseau Internet depuis plusieurs années et sa transformation en infrastructure commerciale ont fait passer Internet du statut de réseau de données universitaire à celui d'infrastructure de communication globale.

Cette évolution soulève de nombreux problèmes techniques, parmi lesquels notamment une croissance exponentielle du trafic transporté par les réseaux IP (due à l'explosion du nombre de réseaux et d'utilisateurs, à l'augmentation de la durée de connexion et au développement de nouveaux usages).

Il apparaît dès lors pertinent d'évaluer les technologies applicatives et de réseaux porteuses de l'Internet en associant qualité de service et capacité en bande passante.

Dans ce contexte, le projet VTHD poursuit cinq objectifs majeurs qui illustrent la démarche adoptée :

- déployer une plate-forme d'expérimentation de couverture nationale, à très haut débit suivant une architecture de réseau "court circuit" IP/WDM et démontrer sa capacité à associer montée en bande passante et raffinement du modèle de service ;
- valider ou adapter les protocoles Internet de contrôle de flux et de congestion à l'environnement d'un réseau très haut débit ;

- expérimenter les outils IP d'ingénierie de bande passante et de trafic permettant de gérer une infrastructure de transport IP en plate-forme multiservice ;
- valider le caractère multiservice de la plate-forme déployée par la mise en place de services de communication présentant des exigences variées en terme de contraintes de qualité de service et de besoins en bande passante
- faciliter l'expérimentation de nouveaux services rendus viables par la disponibilité en bande passante ;
- apporter une contribution significative à une action spécifique de fédération des efforts pour l'Internet de nouvelle génération.

Le projet fait l'objet de deux actions complémentaires :

- *Déploiement d'un réseau IP à très haut débit de couverture géographique étendue :*

La plate-forme d'expérimentation en cours de déploiement par France Télécom s'appuie sur un réseau dorsal à $n \times 2,5$ Gbit/s (n est le nombre de longueurs d'onde multiplexées dans la fibre et pourra atteindre 16). Le réseau dorsal comporte initialement 7 points de présence permettant l'interconnexion de sites localisés en région parisienne, à Rennes, à Grenoble, à Toulouse et sur la technopôle de Sophia Antipolis. Des extensions sont en cours d'examen. Ce réseau permettra de valider les dernières technologies liées à la montée en débit (multiplexage en longueur d'onde, brasseurs optiques, téra-routeurs). Par ailleurs France Télécom mettra en œuvre courant 2 000 des services de réseau privé virtuel, de classes de service différenciées de multicast, support indispensable à la coexistence d'applications multimédia interactives et de services de données haut débit. Le support d'Ipv6 est également à l'étude.

Par les techniques mises en œuvre cette plate-forme se compare aux projets américains les plus avancés en la matière.

- *Fédération des efforts pour un Internet de nouvelle génération :*

Le projet s'appuie sur un premier noyau de partenaires associés dans le dossier VTHD, labellisé le 7 Juillet 1999 par le Réseau National de la Recherche en Télécommunications (RNRT). Ce dossier est porté par France Télécom, l'Institut National de Recherche en informatique et Automatique (INRIA) à travers ses centres de Rennes, Rocquencourt et Sophia Antipolis, les écoles du Groupement des Ecoles de Télécommunications (ENST-Bretagne, ENST, INT) et l'Institut Eurécom localisé à Sophia Antipolis.

Les applications de nouvelle génération déployées sur le réseau tirent parti des interfaces Gigabit ethernet utilisées pour le raccordement des sites. Elles se répartissent en deux groupes. Le premier rassemble des applications multimédia interactives dans les domaines de l'enseignement à distance et de la télé médecine. Sur ce dernier point, l'Hôpital Européen Georges Pompidou est partenaire associé à l'INRIA. Le deuxième groupe d'applications cherche à tirer profit des capacités en bande passante de la plate-forme pour mettre en œuvre des systèmes de calcul distribué et de cache distribué performants.

Par ailleurs, France Télécom utilisera le réseau pour tester en interne de nouveaux services tirant en particulier parti du haut débit. Une première expérimentation de diffusion de télévision numérique terrestre est prévue en partenariat avec TDF. D'autre part des applications à usage interne, visiophonie au sein d'une communauté d'intérêts et sauvegarde de grandes bases de données, seront mises en œuvre.

Perspectives d'évolution

Le montage d'une proposition s'appuyant sur le projet VTHD, dans le cadre du 5^{ème} PCRD de la CEE, devrait permettre de donner une dimension européenne à cette initiative pour un Internet de Nouvelle Génération.

Par ailleurs, des discussions sont en cours pour ouvrir cette initiative à de nouveaux partenaires, ce qui permettra d'étendre le champ des applications expérimentées.

Une ouverture vers le monde industriel est envisagée qui ne pourra que profiter des avantages liés aux spécificités d'un tel réseau ; cette ouverture pouvant se faire soit dans le cadre du projet VTHD, soit directement en partenariat.

Fiche 11 – Un scénario pour les réseaux de demain

Gestion des flux et de la qualité de service dans les réseaux Internet de demain

On distingue trois types de réseaux dans les architectures Internet d'aujourd'hui : les réseaux d'accès, les réseaux de bordure, et les réseaux de cœur :

- les réseaux de cœur : des téraoctets commutés aussi simplement que possible. Le cœur des réseaux sera constitué pour l'essentiel de liaisons en fibres optiques . On envisage alors d'utiliser des protocoles simples, améliorés par des techniques d'étiquetage. Le réseau comporterait ainsi des liaisons IPv4 directement posées sur la fibre optique, en multiplexage en longueur d'onde, avec des techniques de marquage du type MPLS. Des fonctions de routage optique seront introduites pour accélérer le transport des paquets sans avoir à revenir en électronique.

Dans le cœur de réseau, ATM et IPv6 ont des faiblesses : ATM, en effet, ne dispose pas d'un espace d'adressage suffisant dans les entêtes pour permettre de remplacer IPv4, et IPv6 est trop complexe et ralentit la commutation dans les térarouteurs. Cependant, quelques progrès dans ces deux technologies, ou quelques années de loi de moore pourraient remettre ce diagnostic en question.

- les réseaux de bordure : de l'intelligence dans les routeurs, pour gérer la qualité de service et agréger les flux. Les protocoles DiffServ permettent dès aujourd'hui de définir des classes de service dans un réseau. Les équipements de bordure pourraient ainsi utiliser le protocole IPv6 pour gérer finement ces classes de service, et agréger les flux en vue de les injecter dans le cœur de réseau selon une route préétablie.
- les réseaux d'accès : optimisation des débits et protocoles ad-hoc adaptés à l'usage. Les réseaux d'accès du futur sont au moins de 2 sortes : des accès fixes (cuivre à plusieurs dizaines de Mbps) et des accès mobiles

Pour l'accès, on constate une différenciation entre plusieurs types d'opérateurs : des opérateurs d'accès par paire de cuivre (téléphone, Numéris, XDSL) ; des opérateurs d'accès pour site important (fibre optique, liaison louée) ; des opérateurs d'accès mobile (GSM, GPRS, UMTS) ; des opérateurs d'accès alternatif via des liaisons hertziennes fixes ou des satellites ; des opérateurs d'accès par câble.

Pour le transport, on constate l'apparition de deux types d'offre : des offres spécialisées pour le transport rapide de tel ou tel type de données (exemple : Intervu, aux Etats-Unis, qui se spécialise sur le transport de flux multimédias de streaming à qualité garantie) et des offres d'opérateurs plus généraux qui proposent plusieurs types de "flux" sur lesquels ils s'engagent contractuellement en termes de qualité. UUNet, par exemple, annonce trois types de services : un service "best effort" classique, un service à délai et gigue garantie et un service pour applications critiques.

Quant aux débits et aux technologies, on distingue trois niveaux : le cœur de réseau qui monte d'ici l'an 2001 au pétaoctet (mille téraoctets - annonce Interoute sur l'Europe) ; les réseaux de bordure, avec des débits qui permettent l'utilisation d'outils de gestion plus fine de la bande passante et de la topologie (ATM ou SDH) ; les réseaux d'accès dont les débits disponibles sont significativement accrus grâce aux technologies xDSL pour les réseaux fixes en cuivre et aux technologies GPRS puis UMTS pour les réseaux mobiles.

Enfin, il ne faut pas oublier les technologies par satellites, avec deux offres différentes : des offres point à point déployables très rapidement, et des offres point - multipoint qui permettent de faciliter la diffusion de l'information dans le réseau. Cette seconde offre n'est pas encore opérationnelle

commerciallement (pour la diffusion d'information sur Internet) mais devrait voir le jour d'ici quelques années.

Fiche 12 - L'usage d'Internet aux Etats-Unis : l'exemple d'AOL

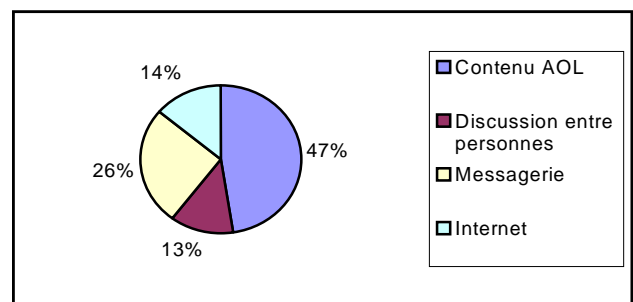
Pour illustrer les usages d'Internet aux Etats-Unis, l'exemple d'AOL est clairement significatif. AOL dispose en effet de 40 millions d'utilisateurs, essentiellement aux Etats-Unis, qui acceptent de payer leur accès à Internet plutôt que d'aller chez un Internet service provider gratuit. On trouvera ci-après différents tableaux et graphiques qui décrivent en détail le profil d'utilisation des abonnés d'AOL.

Le constat est le suivant :

- ◆ Les abonnés à AOL ont un profil d'utilisation très différent de celui que naturellement Internauts, chercheurs, cadres supérieurs ou étudiants pourraient imaginer. AOL cible les familles "moyennes" de 4 personnes, pour un usage familial.
- ◆ Le service offert par AOL semble répondre à 80% des besoins de sa clientèle, les 20% restant étant apportés par le Web.
- ◆ Dans la grande bibliothèque AOL, aucun "thème" ne dépasse 20% d'usage. La répartition des thèmes regardés est très proche de celle des activités quotidiennes.
- ◆ On constate enfin que messagerie et forums représentent à eux seuls près de la moitié des usages d'Internet pour les abonnés d'AOL, qui utilisent d'abord Internet comme un outil de communication interpersonnelle plutôt que comme un moyen d'accès à des services en ligne.

AOL Grand public en 1999 (source Morgan Stanley)

	Nb heures / mois (millions)	%
Contenu AOL	182	48%
Discussion entre personnes	49	13%
Messagerie	99	26%
Internet	53	14%
Total	383	100%



	Nb heures / mois (millions)		%
Personal Finance	10,7		21%
Games	10,1		20%
Today's news	7,7		15%
Shopping	4,7		9%
Lifestyle	3,4		7%
Entertainment	3,3		7%
Digital City	2,9		6%
Sports	2,8		6%
Kids only	2,4		5%
Computing	1,9		4%

