

Table ronde I

Les Écoles d'ingénieurs et les autoroutes de l'information

Les autoroutes de l'information - problèmes et perspectives

C'est un défi particulièrement difficile à relever que de vouloir en un exposé aussi bref aborder un sujet d'une telle ampleur. Dès lors, une bonne partie du temps, et en tout cas l'essentiel de l'introduction, servira à délimiter le sujet et à évoquer des thèmes qui ne pourront pas être abordés.

L'expression « autoroute de l'information » est apparue aux États-Unis il y a quelques années, et tout particulièrement dans le cadre de la campagne électorale de l'actuel président Clinton. A une période où les perspectives économiques s'assombrissaient et où les grands programmes militaires et spatiaux perdaient de leur pertinence, les autoroutes de l'information pouvaient devenir un thème mobilisateur, au même titre que dans le passé la guerre des étoiles ou l'envoi du premier homme sur la Lune.

Si l'on y regarde d'un peu plus près, on peut considérer que derrière l'expression d'autoroute de l'information se cachent deux domaines très distincts, mais en étroite interaction. Le premier, qui est la clé de l'ensemble, concerne la réalisation technique d'un immense réseau maillé de télécommunications concernant à terme le monde entier. Dans cette perspective les problèmes actuels et futurs des autoroutes de l'information sont tout simplement ceux des télécommunications. Le chercheur, l'ingénieur ou l'industriel des télécommunications se préoccupent de tous les problèmes posés par l'acheminement le plus rapide possible d'informations de toutes sortes, sans prioritairement s'intéresser aux usages que l'on en fait ou au contenu de cette information.

La seconde perspective est toute différente : elle essaye d'imaginer tous les services que peuvent rendre ces réseaux et l'impact de leur développement sur la vie en société, par exemple sur le travail, l'enseignement ou les loisirs. Si l'on regarde le programme de notre table ronde, c'est plutôt cet aspect des choses qui est présent, ce qui me conduit à résolument choisir de limiter mon intervention à l'aspect plus technique.

Mais cette tâche n'est pas aussi simple qu'il ne paraît au premier abord. Il y a en effet une interaction de plus en plus grande entre ce que l'on peut appeler la demande et la réponse technologique appropriée. La déréglementation du domaine des télécommunications ne fait qu'amplifier ce phénomène et la période n'est plus celle où l'utilisateur devait se contenter de l'offre de service faite par des entreprises de télécommunications profitant d'une situation de monopole de droit ou de fait. Les opérateurs de télécommunication et les industriels concernés doivent en même temps penser à créer des services nouveaux pour répondre à des besoins non encore exprimés et répondre le plus rapidement possible à des demandes auxquelles ils n'avaient pas nécessairement pensé. C'est dans ce sens qu'il y a une corrélation constante entre les développements scientifiques et technologiques et les attentes de la société.

1. LE DÉVELOPPEMENT DES TÉLÉCOMMUNICATIONS ET LES ATTENTES DE LA SOCIÉTÉ

Malgré les troubles liés à la récession économique, le secteur des télécommunications est en pleine croissance et celle-ci ne semble pas devoir subir d'effet de freinage. On prévoit ainsi pour l'année 1996 qu'il pèserait environ 150 milliards d'écus contre 200 milliards pour le secteur automobile qui sera prochainement dépassé par celui des télécommunications. Cette croissance permanente et remarquable a été rendue possible par des développements technologiques considérables dans de très nombreux domaines que nous mentionnerons brièvement dans la suite. Mais par ailleurs, elle entraîne d'autres développements et il est clair que les mutations technologiques sont encore loin d'être terminées.

Tout ce développement ne peut être considéré comme s'alimentant par lui-même. S'il existe, c'est qu'il y a également une demande qui va sans cesse croissant. La relation entre l'offre et la demande est donc en matière de télécommunications particulièrement importante. L'utilisateur est de plus en plus exigeant sur la qualité des services rendus. Il devient très difficile d'utiliser des situations de monopole pour imposer aux utilisateurs une qualité médiocre alors qu'un concurrent pourra en fournir une bien meilleure. La qualité des services permet par ailleurs de conquérir des marchés aussi bien à court qu'à long terme. On constate par exemple une exigence accrue sur la qualité des transmissions téléphoniques et de plus en plus d'utilisateurs souhaiteraient que la qualité acoustique du téléphone soit du même type que celle des disques compacts.

Indépendamment de la qualité, les utilisateurs demandent des services de plus en plus complexes. Il s'agit tout à la fois des usagers de type individuel que des entreprises qui souhaitent pouvoir avoir des réseaux très sophistiqués à l'intérieur même de l'entreprise permettant par exemple le traitement instantané d'informations entre des sites pouvant être sur des continents différents ainsi que la réalisation de vidéo conférences

évitant des déplacements de personnes et atteignant un caractère de convivialité pratiquement similaire à celui d'une véritable réunion.

En face de cette demande, les opérateurs de télécommunications sont conduits à présenter à la fois des offres très adaptées à des services très spécifiques, mais également des services généraux. Une récente visite à l'exposition internationale des télécommunications a fait état de la multiplicité des services qui sont aujourd'hui proposés et qu'il est évidemment totalement impossible de décrire dans cet exposé. Certains de ces services sont déjà techniquement réalisables même s'ils ne sont pas encore commercialisés. Simplement à titre d'exemple on peut mentionner le lecteur de télécopie qui transforme immédiatement le texte en parole consultable par téléphone. D'autres services font encore partie des défis technologiques, même si l'on pressent que l'usage existerait certainement. On peut par exemple citer les systèmes de communication téléphonique avec traduction simultanée permettant à un Japonais et à un Français de communiquer entre eux chacun dans sa langue et si possible en temps réel.

Un autre aspect de la demande de la société concerne les questions d'utilisation et d'ergonomie. Il n'est en effet pas possible pour la clientèle d'accepter des modes d'utilisation et des interfaces entièrement différents pour les multiples services et dès lors il faut réaliser des systèmes dont l'usage soit naturel et facile à comprendre dans tous types de situations.

Ceci complique sensiblement la tâche des ingénieurs de conception qui doivent à la fois manipuler le complexe et le rendre simple. Enfin la demande de la société s'étend de plus en plus vers des services mobiles et universels et pouvant aussi posséder un caractère interactif. Le téléphone mobile n'est qu'un exemple parmi d'autres et l'utilisateur doit pouvoir à la fois être touché à tout moment mais également pouvoir réagir en orientant la communication dans une autre direction si, momentanément, il ne souhaite pas être atteint.

Enfin, il convient de noter que tous ces services ont un coût dont l'évaluation ainsi que le processus de facturation sont des problèmes loin d'être simples à résoudre. Les utilisateurs de plus en plus nombreux du courrier électronique dans le monde universitaire ont l'impression d'avoir un service universel et gratuit. Ils oublient cependant que celui-ci est pris en compte par d'autres organismes et il n'est pas impossible qu'un jour l'augmentation du trafic conduise à entrevoir une certaine limitation par l'usage d'un coût plus dissuasif.

L'ampleur de la demande, sa diversité, le caractère concurrentiel de l'offre et bien d'autres paramètres sociologiques conduisent les entreprises de télécommunications, qu'elles soient des opérateurs ou des fabricants de matériels, à relever des défis tech-

nologiques de plus en plus ardues qui reposent sur des domaines scientifiques et techniques très variés que nous allons brièvement évoquer.

2. LES TECHNOLOGIES DE BASE EN TÉLÉCOMMUNICATIONS

Toute liste peut apparaître trop limitative ou restreindre la complexité de la réalité, mais on peut toutefois indiquer que les grands domaines jouant un rôle essentiel dans le développement des autoroutes de l'information sont :

- l'optoélectronique,
- la microélectronique,
- le traitement du signal et de l'information,
- l'informatique et le logiciel.

Enfin, il ne faut pas oublier les problèmes de propagation, essentiellement électromagnétique, dont l'optique n'est qu'un cas particulier.

Sans vouloir faire jouer un trop grand rôle à ma spécialité personnelle, on peut noter dès le départ que ce sont les techniques de traitement du signal qui ont pu ouvrir la voie à la révolution des télécommunications fondées de plus en plus sur la transmission d'informations numériques. Un système moderne de communications doit en permanence pouvoir passer d'un signal continu à un signal numérique et réciproquement.

Les ondes électromagnétiques se propageant dans l'atmosphère ou dans une fibre optique sont décrites par des équations à temps continu, mais le débit d'information à transmettre se mesure en bits par seconde.

Toute l'opération repose sur le célèbre théorème d'échantillonnage, souvent dénommé théorème de Shannon mais qui, en fait, remonte à Cauchy, et montre comment passer d'un signal à temps continu à une suite de nombres et réciproquement. Ce théorème est évidemment enseigné dans toutes les Écoles formant des ingénieurs dans le domaine des communications. Pour transmettre correctement la parole dans le système téléphonique on utilise un débit normalisé de 64 kilobits par seconde. Pour la transmission de l'image animée il faut un débit d'environ 200 Mbits/sec, qui peut être réduit presque d'un facteur 10 par un codage approprié de l'image. Les réseaux actuels sont capables d'acheminer des informations avec un débit d'environ 2 Gbits/sec et les systèmes du futur devront faire de 10 à 100 fois mieux.

Cette course à l'augmentation du débit n'a été rendue possible que grâce aux progrès spectaculaires de la microélectronique et à l'usage généralisé de l'optique et des composants optoélectroniques.

La complexité des systèmes, même d'usage très courant comme le téléphone portable, nécessite de faire appel à des technologies de microélectronique très perfectionnées et complexes. La performance potentielle d'un circuit électronique se mesure en nombre de transistors qu'il peut comprendre. L'appel à des technologies microniques et submicroniques (de quelques microns à 0,3 micron) a permis de passer de 10^4 à 10^8 transistors entre 1972 et 1992 et la courbe du logarithme du nombre de transistors croît linéairement avec le temps, sans qu'on ait encore atteint les limites qui seront imposées par la mécanique quantique. Cette course ininterrompue vers l'augmentation des capacités nécessite des investissements considérables qui ne sont réalisables que par des industries à caractère multinational.

Mais ces millions de transistors comme ces milliards de bits par seconde nécessitent d'être traités par de puissants moyens informatiques, et les réseaux de télécommunications sont devenus de gigantesques systèmes programmables. Ainsi les télécommunications représentent actuellement près du tiers du marché du logiciel. A titre d'exemple on peut indiquer que la taille des logiciels de commutation n'a cessé de croître, passant dans les dernières quinze années d'environ $0,5$ à $3 \cdot 10^6$ lignes de programme. Ceci entraîne des efforts de recherche sans cesse accrus dans des domaines tels que la fiabilité ou la sécurité. Il devient en effet essentiel de détecter des fautes le plus tôt possible et donc d'élaborer des programmes de tests et de validation utilisant les méthodes les plus raffinées de l'informatique.

Pour terminer ce bref panorama, revenons au traitement du signal qui a été évoqué au début de ce paragraphe. Parmi les techniques qui ont le plus d'impact dans le domaine des télécommunications on peut mentionner celles concernant les systèmes adaptatifs et celles concernant la compression. Dans un environnement en permanente évolution on ne peut utiliser valablement un système à paramètres constants. Ceci est particulièrement évident dans le cas des communications entre mobiles où le canal de transmission évolue en fonction du déplacement du récepteur ou de l'émetteur qui n'est pas connu à l'avance et peut donc être considéré comme aléatoire.

Il faut donc concevoir des systèmes d'émission ou de réception qui s'adaptent aux fluctuations du canal de transmission, et ceci sans intervention humaine ni coupure de la communication. C'est un vaste champ de recherches, nécessitant de faire appel à des méthodes théoriques très sophistiquées.

La compression de l'information utilise systématiquement la redondance ap-

paraissant tout autant en transmission de parole que d'image. On conçoit par exemple aisément qu'une image comprenant des mouvements assez lents n'a pas besoin d'être transmise en permanence et l'on peut se limiter à transmettre les modifications entre deux images successives.

La compression des signaux permet de réduire sensiblement le débit d'information pour une perte de qualité qui doit pouvoir être considérée comme acceptable. Il y a d'ailleurs un lien évident avec l'adaptation, car la compression devra demain être adaptative et varier selon la nature et les changements imprévisibles des signaux à transmettre.

Après ce rapide survol des principales technologies conditionnant le développement des autoroutes de l'information, nous allons examiner avec un peu plus de détails deux cas particuliers qui risquent de s'imposer dans un scénario du futur.

3. PERSPECTIVES POUR LE FUTUR

L'évolution des télécommunications fait apparaître simultanément une diversification de plus en plus grande des services offerts en même temps qu'une forte tendance à leur intégration. Ceci a conduit au développement de ce qu'on appelle les réseaux numériques à intégration de services (RNIS). On pourra ainsi dans le futur passer insensiblement de la notion de réseaux multiservices à celle de réseaux multimédias qui assurent aussi bien la transmission des sons et des données que celle des images. Les systèmes dits à techniques temporelles asynchrones (TTA ou en version anglaise ATM) pourront couvrir des besoins de communication aussi bien à faible qu'à haut débit.

Une autre tendance de l'évolution à venir est la croissance rapide des radio-communications avec les mobiles qui feront prochainement intervenir des radio-systèmes cellulaires grâce en particulier à des réseaux spécifiques de télécommunications par satellites. Dans les années antérieures, on était conduit à considérer les liaisons par satellites comme de simples moyens de transmissions jouant un rôle parallèle aux faisceaux hertziens ou aux câbles sous-marins. On voit peu à peu un nouveau rôle que pourront jouer les satellites qui deviendront de véritables nœuds de réseaux supraterrrestres. On verra donc apparaître des systèmes de télécommunications personnels universels (TPU) dans lesquels la notion de terminal sera associée à celle d'une personne donnée, quel que soit le lieu où elle se trouve et le terminal qu'elle utilise. Ces perspectives, qui sont parfois assez futuristes, ne pourront se réaliser que par des progrès technologiques importants reposant sur le concept de réseaux tout optique et de commutation temporelle asynchrone.

La généralisation de l'optique comme système de transmission se réalise peu à peu

et la France, par exemple, possède déjà environ 17.000 kilomètres de câbles optiques en service sur son territoire. Quant aux longueurs de câbles optiques déjà installés entre les continents, elles s'expriment en millions de kilomètres. La transmission peut ainsi s'effectuer avec des débits numériques de 2,5 Gbits/s, ce qui correspond environ à 30.000 voies téléphoniques en parallèle sur une seule fibre pour des liaisons à grandes distances. Mais des essais de transmissions à 10 Gbits/s ont déjà eu lieu et des liaisons expérimentales de laboratoire ont été réalisées en 1993 sur des distances de neuf mille kilomètres dans le cadre de projets de futures liaisons sous-marines. Ceci a complètement modifié l'équilibre entre transmissions sous-marines et par satellites. Il y a quelques années les circuits par satellites étaient beaucoup plus nombreux que ceux par câble.

La situation est maintenant totalement inversée et, comme indiqué ci-dessus, les satellites sont associés à un usage très différent. Ils ne servent plus à transmettre de gros débits au travers des océans, ce que la fibre fait mieux, mais à rendre des services plus individualisés pour des connexions point à point, en particulier pour le radiotéléphone ou pour certaines régions isolées et éloignées des grands centres urbains.

Peut-on faire des prévisions sur l'avenir du développement de la fibre optique ? Comme pour la microélectronique, on constate approximativement un phénomène de doublement annuel de la capacité, et l'on ne voit pas encore de raison évidente de saturation pour la prochaine décennie. On peut tenter d'en expliquer les raisons.

La principale limitation des fibres optiques provient des pertes de transmission, que l'on retrouve d'ailleurs dans tous les systèmes de propagation d'ondes. Du côté des hautes fréquences, ces pertes proviennent de la diffusion Rayleigh alors que les pertes en basses fréquences sont liées aux mouvements moléculaires et atomiques conduisant à des absorptions dans l'infrarouge. Il y a également les impuretés dont l'effet peut être majeur, comme en particulier l'existence d'ions OH. On sait maintenant faire des fibres où cet effet a pratiquement disparu, en tout cas dans la fenêtre spectrale voisine de 1500 nanomètres qui est la plus utilisée. Ceci nécessite des processus industriels où la pureté soit contrôlée mieux qu'une partie par milliard, et leurs réalisations nécessitent des prouesses technologiques. C'est d'ailleurs l'impossibilité d'atteindre de telles puretés qui a retardé la mise en œuvre des fibres optiques.

Pour combattre les pertes par absorption il faut réamplifier le signal. Ainsi la généralisation de la fibre optique a été rendue possible par des progrès importants dans le domaine de l'amplification optique elle-même qui évite de convertir un signal optique en signal électrique et réciproquement au niveau des répéteurs. Cette amplification dans des fibres dopées à l'erbium est maintenant maîtrisée industriellement et utilisée dans les câbles sous-marins. La distance typique entre deux amplifications est de l'ordre

d'une centaine de kilomètres et l'on voit aisément le nombre de ces amplifications en ce qui concerne la traversée de l'océan Pacifique. L'énergie électrique nécessaire pour cette amplification est évidemment apportée depuis la terre le long du câble. On peut même envisager pour un horizon plus lointain la réalisation d'une véritable commutation optique dans les centres de transit.

Ces fibres sont en général en silice, et le silicium est donc un corps simple chimique qui joue un rôle fondamental dans l'ensemble des dispositifs de télécommunications. D'autres matériaux ont été proposés, mais malgré certains de leurs avantages, ils n'ont encore aucune chance de détrôner la silice.

A côté de l'absorption qui conduit à insérer dans une ligne de transmission des dispositifs d'amplification coûteux et nécessitant un apport d'énergie, il faut aussi noter le phénomène de dispersion qui contribue à limiter le débit. L'indice de réfraction dépendant de la longueur d'onde, les impulsions transportant le signal numérique ont tendance à se déformer, et donc à se chevaucher. Pour contrecarrer ce phénomène, on a tenté de réaliser des fibres à dispersion décalée dans lesquelles le minimum d'absorption et de dispersion coïncide à la longueur d'onde choisie, par exemple 1500 nm. Ce qui caractérise la fibre optique, c'est évidemment la prodigieuse largeur de bande qu'elle permet de mettre en œuvre et qui se mesure en terahertz. Mais il faut également noter un très faible taux d'erreurs de transmission, car la fibre est très peu sensible aux perturbations électromagnétiques ou d'autre nature affectant en particulier les faisceaux hertziens. La fibre a donc toute chance de se généraliser dans les réseaux de transmission à grandes distances nationaux ou internationaux. Ce support remplacera peu à peu les câbles coaxiaux et les faisceaux hertziens.

Par contre, l'emploi des fibres optiques pour le réseau de distribution et jusque chez l'abonné fait l'objet de nombreuses discussions mettant en jeu des problèmes de coût qui sont loin d'être négligeables et aucune décision définitive ne semble encore avoir été réellement prise.

On peut donc considérer que l'on a atteint un point où le coût de la transmission est devenu négligeable et c'est donc du côté de la gestion du flux d'informations numériques transmis que se posent les problèmes d'avenir. Ceci conduit donc à dire quelques mots sur la commutation et tout particulièrement sa version temporelle.

La commutation temporelle asynchrone (ATM) est une technique de transfert en mode paquets permettant d'exécuter à la fois des tâches de multiplexage et de commutation. Elle est fondée sur l'utilisation de paquets de longueur fixe appelés cellules. L'avantage essentiel de l'ATM est de permettre d'allouer à l'utilisateur une capacité de débit de transmission adaptée à chaque instant à ses besoins. Cette souplesse lui permet

d'exploiter la liaison aussi bien pour des services de type téléphonique ou de transfert de documents à moyen débit que pour des services à très haut débit comme la diffusion de la télévision à haute définition. On peut penser que dans la prochaine décennie cette technique se sera imposée avec le démarrage du réseau numérique à intégration de service à large bande (RNIS large bande). Cette technique a été élaborée à partir de travaux effectués au CNET de Lannion dans la décennie 80. Mais il a fallu convaincre qu'elle était capable de supporter de très hauts débits, ce qui se fit un peu plus tard et elle est maintenant adoptée comme un standard international.

En conclusion, si le terme autoroute de l'information est souvent plus un slogan à connotation socio-économique, la technologie des télécommunications sous ses multiples facettes est bien ce qui a pu rendre ce rêve possible. Il l'est non seulement aujourd'hui, mais encore plus demain avec tous les progrès déjà vérifiés en laboratoire et prêts à passer au stade industriel. La technique permet d'entrer résolument dans l'ère des communications. Mais le contenu de ce que l'on communiquera sera-t-il à la hauteur d'un véritable progrès de civilisation ? C'est sans doute ce défi qui sera le plus difficile à relever.

Francophonie et inforoute - Refer ou la francoroute

Les technologies et les industries de l'information et de la communication se développent aujourd'hui avec une rapidité sans cesse accélérée. L'alliance du numérique et de l'informatique change la nature des choses. Tous les champs de l'activité humaine sont concernés : de la vie personnelle et familiale à l'éducation, la science, l'économie, la langue et la culture.

Les industries qui en découlent : micro-informatique, logiciels, télécommunication, etc. sont en voie de devenir des vecteurs essentiels de l'économie mondiale.

Nous sommes entrés dans une société nouvelle, la société mondiale de l'information où disparaissent les contraintes de l'espace et du temps, où tout peut être donné virtuellement par l'image et le son.

Dans cette société, le travail des hommes et des femmes s'est considérablement transformé. Pour plus de 60 % d'entre eux, il se rapporte au traitement des informations et des connaissances.

La Francophonie, à quelque continent qu'elle appartienne, doit en prendre acte et s'inscrire dans ce mouvement.

Il est vrai aussi que ce développement d'un monde de l'information informatisée n'est pas sans dangers. Il faut bien constater que, sur Internet, le grand réseau mondial, qui est en voie de devenir la première Inforoute, l'anglais est le canal international privilégié de la communication, 92 % des données et des informations sont données en langue anglaise, le français n'y occupe pas plus de 4 ou 5 %.

Ce que nous devons bien appeler le raz-de-marée anglo-américain de l'information

menace sérieusement, si nous n'y prenons garde, notre Communauté francophone et pourrait considérablement réduire, à l'avenir, notre capacité à travailler et à communiquer en français et dans nos langues nationales, puisque la seule langue reconnue et, à toutes fins utiles, utilisable, serait l'anglais.

Il s'agit donc, avant tout, d'assurer la vitalité du français et, d'une façon générale, de la Francophonie dans les bouleversements en cours où se construit une nouvelle société. Il s'agit, de la même manière, d'assurer le maintien et la visibilité des autres grandes langues de l'espace francophone.

Dans tout ceci, il y a certes des questions techniques à régler, nous le verrons. Mais avant tout, c'est la puissance de notre Communauté, de sa créativité, de sa force de proposition, en un mot de l'offre francophone qu'il s'agit d'affirmer. Tout dépend de notre détermination à assurer la présence du français, à l'utiliser comme une grande langue de la science, de l'économie, du commerce, de la vie quotidienne des peuples. Il s'agit aussi de croire en nous-mêmes, en la qualité de ce que nous faisons et exprimons dans notre langue partagée.

En matière d'Internet plus précisément, la Francophonie doit, nous semble-t-il, assurer prioritairement la connectivité de tous les pays membres de l'entente francophone, permettre le respect du multilinguisme et en particulier de la circulation du français et de ses langues partenaires, créer entre francophones un espace social et convivial d'information utilisant le français.

ASSURER LA CONNECTIVITÉ ET LE TRANSPORT DANS TOUS LES PAYS FRANCOPHONES

En premier lieu, dans un esprit de partage, la Francophonie se doit d'affirmer sa volonté d'associer étroitement les pays du Sud par un maillage le plus serré possible de l'espace francophone en matière de structures d'information et d'élargissement de l'accès aux réseaux.

Il faudra, c'est certain, des investissements massifs, pour doter le Sud de réseaux disposant des même capacités de débit que les réseaux du Nord.

Mais la surenchère de la « bande passante » des réseaux physiques nous fait oublier qu'aujourd'hui la quasi-totalité du Sud francophone a la possibilité d'emprunter « l'Inforoute ». Les réseaux de transmission de données existent, bien qu'encore peu rapides, leur nombre et leur performance sont en évolution.

Certes, ces réseaux devront progressivement devenir de plus en plus performants,

c'est-à-dire plus rapides et mieux sécurisés, qu'il s'agisse d'un câblage de fibre optique ou de l'utilisation du satellite, mais dans un premier temps, il faut s'appuyer sur l'infrastructure existante en effectuant les ajustements nécessaires pour optimiser la circulation des informations et en faciliter l'accès.

Il faudra également - et les organes de la Francophonie ont fait sur ce point des recommandations nécessaires - que le coût des communications et des interrogations au Sud, en Afrique en particulier, ne vienne pas freiner excessivement leur développement et que des mesures soient prises, au contraire, pour les favoriser. Il s'agit d'offrir des coûts d'accès compatibles avec les économies des pays de la Francophonie en favorisant le forfait, voire la quasi-gratuité des connexions.

Toutefois, l'utilisation immédiate et pragmatique de la connectivité sur les réseaux à faible débit des pays les mieux avancés n'est acceptable que si parallèlement est entreprise une politique offensive afin d'accroître le débit et la qualité des infrastructures des réseaux de télécommunications. Les francophones doivent en effet disposer rapidement d'un réseau suffisamment performant et maillé pour satisfaire les exigences de la Francophonie.

L'ACCÈS AU RÉSEAU

Dans un premier temps, dans le cadre des réseaux physiques existants, l'offre francophone doit s'articuler autour d'infoports installés dans chacun des pays francophones, interconnectés et maillés en réseaux.

Ces « infoports » permettront le routage des communications, mais aussi le stockage de l'information. Points d'accès aux réseaux internationaux, ouverts et accessibles au plus grand nombre, à partir de terminaux publics ou privés, lieux d'accueil de l'information produite localement et sites miroirs des autres infoports, ils constitueront le lieu privilégié de la formation aux nouvelles technologies de l'information.

Les usagers accéderont localement aux infoports avec un micro-ordinateur, un modem et une ligne téléphonique. Du fait de la rareté des lignes disponibles au Sud, des kiosques publics seront ouverts dans des lieux identifiés : bibliothèques des universités et centres de recherche, centres de documentation, centres SYFED, centres culturels, chambres consulaires qui seront les lieux d'entrée sur Internet.

DISPOSER DES LOGICIELS ET INTERFACES EN FRANÇAIS

Les logiciels disponibles sur Internet sont aujourd'hui en anglais. Toute convivialité s'exprime donc dans cette langue. Internet tire ses origines des Etats-Unis, et sa

conception, son infrastructure, ses protocoles et normes portent la marque d'un manque d'attention aux besoins des autres langues. Les francophones, pour s'affirmer sur les autoroutes de l'information, doivent disposer d'outils en langue française.

L'interface d'un logiciel ne se résume pas à l'ensemble de ses menus, commandes et boutons visibles à l'utilisateur. C'est aussi sa capacité à présenter des informations, en particulier textuelles, en respectant les caractères propres à chaque langue.

Prendre en compte, sur Internet, les langues accentuées est un des défis que doit relever la Francophonie. Seule la langue anglaise a l'assurance aujourd'hui d'y circuler correctement. Bien que certains logiciels permettent l'usage de caractères diacritiques et que la norme ISO 8859-1 dite Latin-1 soit disponible, rien ne garantit la restitution de ces caractères à la réception. Il s'agit donc, dans un premier temps, de mener des recherches dans ce domaine, de participer activement aux différents comités de normalisation en faisant peser la Francophonie et le multilinguisme, son prolongement naturel.

De nombreuses actions volontaristes existent, il faut les identifier et les encourager. Les universités françaises et québécoises ont déjà francisé de nombreuses interfaces, la difficulté réside dans la mise à jour de ces francisations lorsque de nouveaux produits font leur apparition. Des organismes de recherche français ont développé leurs propres produits de messagerie. Dans le cadre de l'utilisation par des francophones des nouveaux réseaux de communication, il convient de distribuer rapidement des produits en langue française mis à jour régulièrement dont l'acquisition est gratuite soit par envoi de disquettes, soit par téléchargement sur des serveurs.

Dans un futur relativement proche, les communications deviendront nomades. Des terminaux spécifiques et faciles à transporter seront, à l'instar de la téléphonie portable, les nouveaux compagnons des citoyens des mondes virtuels. La Francophonie doit dès maintenant mobiliser des équipes de recherche et des industriels pour être présente.

Pour ce faire, il faut favoriser les alliances entre les producteurs de logiciels adaptés au français et à ses langues partenaires. De la prise en main par les francophones - industriels et chercheurs - de la conception et de la francisation d'interfaces conviviales, dépend pour une large part la réussite de l'inforoute francophone, la « francoroute ».

LES CONTENUS FRANCOPHONES

Une fois assurée la circulation du français et des langues partenaires, il faudra aussi disposer de contenus riches et diversifiés à véhiculer.

L'offre francophone en ce domaine doit être enrichie, organisée, facilitée. Il s'agit de mettre en œuvre une action coopérative en matière de contenu, de proposer une politique éditoriale électronique structurée qui répond pour une bonne part aux demandes des utilisateurs et prenant les devants pour proposer des contenus inédits.

Dans ce cadre, un appui particulier doit être apporté au Sud pour qu'il structure, numérise ces richesses de données. Ce programme spécifique PROSUD doit être une priorité de tous les opérateurs de la Francophonie.

NAVIGATION

Quel que soit l'effort fait, les contenus francophones resteront en position minoritaire par rapport aux contenus anglophones. Pour éviter la dispersion, pour faciliter l'utilisation, il nous faut disposer en francophonie sur Internet d'un outil de navigation, d'une clé qui mette à disposition de l'utilisateur tous les contenus francophones.

Les serveurs francophones sont en effet noyés dans l'océan de sites. Ils ne sont actuellement aucunement archivés ni répertoriés de façon à les mettre en valeur et à souligner ainsi la présence de la langue française et de la Francophonie.

Le foisonnement d'informations a nécessité la création d'outils d'indexation et de repérage qui aide les lecteurs à retrouver les sites et les textes qui répondent à leurs besoins le plus rapidement possible. Certains répertoires sont créés automatiquement par des agents de recherche intelligents alors que d'autres sont créés par des intervenants humains. Ils sont conçus pour repérer et répertorier toutes les ressources disponibles sur le réseau Internet mais sans égard à la langue dans laquelle ces ressources sont rédigées. Aucun outil de recherche ne permet encore de retrouver directement les informations rédigées uniquement en français, d'autant plus que le repérage automatique des informations écrites en langue française pose des difficultés particulières dues surtout à la présence des caractères accentués et des signes diacritiques.

Les guides de nouveautés constituent un autre type de services qui annoncent aux usagers de l'Internet la parution de nouveaux sites Web ou la création d'un nouveau produit. Ce type de service peut être en français comme « Franceweb » en France et « Branchez-vous », le dernier à voir le jour au Québec. Mais les annonces ainsi diffusées portent sur tous les sites sans égard à leur langue d'expression et ne sont pas indexées en catalogue thématique mais en numéro et date de publication, ce qui enlève toute possibilité de consultation à partir de référence autre que leur date de parution.

Il devient donc primordial de mettre en place un outil de repérage, d'indexation et de présentation des ressources disponibles en français sur le réseau Internet. Cette in-

dexation devra se faire de façon dynamique, étant donné qu'il naît des centaines de sites par jour. Nous nous proposons de créer cet outil et de l'appeler « MULTI F CONTACT » (Multilatéral et Francophone Contact).

En cours d'automatisation, « MULTI F CONTACT » permet dès maintenant d'accéder à l'information en français en Francophonie par listes et cartes thématiques ou géographiques et en langage naturel.

APPARTENANCE

Mais rien ne sera possible, si les centres francophones qui le souhaitent ne peuvent disposer sur Internet d'une adresse qui les identifie comme francophones. Ces adresses et leur catalogue identifieront sur Internet le noyau dur de la présence francophone sur l'inforoute.

ANIMATION

Le pari sera perdu ou gagné selon que les francophones choisiront de travailler ou non en français sur l'inforoute. Les dispositions précédentes auront, dans ce domaine, bien entendu, un effet positif. Mais pour réussir, la francoroute a besoin d'animation, d'une dynamique venant de la base. Il s'agit d'enclencher un mouvement associatif partant des acteurs eux-mêmes (chercheurs, entreprises,...) ; ce sont eux qui lanceront sur l'inforoute les contenus francophones.

A cet effet, une association « F.RUTE » sera constituée qui rassemblera et qui réunira périodiquement tous ceux qui souhaitent s'engager dans l'aventure de la francoroute, l'inforoute francophone. En complément, deux structures de concertation et de validation verront le jour : un collège des opérateurs et un collège scientifique.

L'action se développera à la base avec le soutien donné aux groupes d'intérêts et groupes d'intervention, délocalisés et décentralisés, de producteurs de logiciels, d'interfaces, de contenus et d'animation par les opérateurs de la Francophonie (ACCT, AUPELF-UREF, TV5).

C'est dans cette optique que l'AUPELF-UREF a conçu le projet REFER (Réseau électronique francophone) qui, au-delà de l'enseignement supérieur et de la recherche, constitue une réponse stratégique au problème que pose à la Francophonie sa présence sur les inforoutes.

Des informations sur le système de formation grâce au Web

HISTORIQUE

Vers septembre 1994, l'École des Mines fut approchée par le Comité d'études sur la formation d'ingénieurs (CEFI) pour créer un service d'information sur le Web concernant les Diplômes d'études approfondies (DEA) français de l'ingénierie, des formations d'un an qui aboutissent au niveau Bac + 5. Cette première opération fut menée en moins de deux mois, et suivie du chargement d'informations sur d'autres cycles de niveau Bac + 5, les DESS et les Écoles d'ingénieurs.¹

Nous avons ensuite installé sur le Web une base de données (dénommée CANASTA ou FORMATEL) qui répertorie de façon détaillée 43.000 stages de formation professionnelle, dont 10 % environ sont conventionnés, cette base étant maintenue sous l'égide de l'État français et de la Région Ile-de-France.²

La Direction de l'Évaluation et de la prospective du ministère de l'Éducation nationale souhaita ensuite créer un service Web en s'appuyant sur l'École des Mines. Des informations très complètes et illustrées sur l'état du système scolaire français et la géographie de l'École furent installées.³

En liaison avec la Direction générale des enseignements supérieurs, nous avons transporté sur le Web le contenu d'un CD-ROM concernant le système de formation français.⁴

Par ailleurs, l'École des Mines héberge un service d'aiguillage vers des services administratifs sur le Web, désigné par « Adminet ».⁵

Nous sommes en train de porter la base sur les Écoles et sur les Mastères de la

Conférence des Grandes Écoles, organisme associatif français qui regroupe 165 écoles de niveau Bac + 5 (environ 130 Écoles d'ingénieurs et 35 Écoles de commerce), et qui gère les « mastères ».⁶

Nous hébergeons aussi quelques informations pour le compte de la Fédération européenne des associations nationales d'ingénieurs (FEANI).⁷

L'ORIGINE DES DONNÉES ET LA PROBLÉMATIQUE DE LA BASE DE DONNÉES À ACCÈS GRATUIT

Le CEFI édite depuis fort longtemps des catalogues des formations supérieures : il recense environ 250 DEA scientifiques ou techniques (plus de 500 dans la prochaine édition, sur 1100 formations de DEA en France), environ 200 DESS et 250 écoles d'ingénieurs. Ces guides ou catalogues sont diffusés par le CEFI à des prix qui vont d'environ 100 F pour un guide « grand public » à plusieurs milliers de francs pour un catalogue professionnel. Le CEFI diffuse aussi des disquettes pour MAC au format Hypercard, et envisage la diffusion de CD-ROM sur l'enseignement supérieur français (de tels CD-ROMs se diffusent déjà très couramment aux États-Unis).

Or le système actuel du Web ne permet pas aux serveurs de demander une rémunération de l'information. Il était donc bien légitime que le CEFI puisse craindre que la présence d'un nouveau média d'informations gratuites ne supplante les médias payants, et que de ce fait les revenus du CEFI diminuent. Or, plusieurs considérations ont conduit les responsables du CEFI à réaliser néanmoins l'expérience, et probablement à la pérenniser :

1) En 1994, l'ambassade de France aux États-Unis s'inquiétait du manque d'informations sur le système scolaire français sur le réseau Internet. À la suite d'une concertation entre la Direction générale des enseignements supérieurs et le ministère des Affaires étrangères, il fut alors décidé de réaliser diverses expériences d'information sur le Web. En particulier, un service universitaire de Lyon fut chargé de rassembler des informations sur les Écoles d'ingénieurs et de les mettre sur disquettes et sur Web, et le ministère de l'Éducation nationale sous-traita à une société de services la création d'un serveur Web avec l'étiquette ministérielle qui comporte notamment la liste des DEA.⁸ Toutefois, ces informations ne comportent aucune description des programmes des formations concernées. Le CEFI, qui possédait des informations bien plus complètes dans le domaine des formations pour ingénieurs, fut donc encouragé de les mettre sur Internet.

2) La disponibilité d'informations sur le Web peut servir de catalyseur pour inciter le public à acheter les guides complets. Le CEFI a donc souhaité que seulement une partie

des informations soit installée. En particulier, les informations nominatives sont généralement occultées, afin d'être en conformité avec les avis de la Commission nationale informatique et libertés (CNIL). Comme l'utilisateur final sait que l'édition papier est plus complète que l'édition électronique, mais comme il ne connaît pas précisément la « différence » entre les deux, il est souvent tenté d'acheter l'édition papier.

3) Une question fréquente des fournisseurs d'information comme le CEFI concerne le coût, pour l'utilisateur final du réseau Internet, d'imprimer l'ensemble des pages d'information qui sont sur le serveur. A l'évidence, si ce coût est inférieur à l'acquisition du « catalogue papier », et comme le délai est moindre, l'utilisateur final privilégiera la solution réseau. Or, force est de constater que le coût de fabrication du guide papier à partir d'Internet est encore élevé ; il faut en effet tenir compte du temps de configuration de l'automate, de récupération automatique des pages du Web, des délais de reprise en cas de problèmes réseau, du coût de l'impression laser.

La problématique de la base CANASTA est différente. Cette base fut créée il y a plus de 5 ans pour informer les jeunes chômeurs sur les stages de formation « conventionnés » disponibles. La maintenance de la base a été confiée par l'Etat et la Région Ile-de-France à une société privée, qui a étendu le domaine de saisie à l'ensemble des stages offerts par des organismes privés ou publics, conventionnés ou non. Depuis 5 ans déjà, cette base est disponible au grand public par Minitel sous le code 3617 PLPA (coût : environ 120 F/heure) et aux professionnels de la formation sous le code 3614 avec mot de passe (accès gratuit). Il pouvait sembler que le Web gratuit ferait concurrence au Minitel payant. Pourtant, c'est avec une rare unanimité que les responsables de la base, Pouvoirs publics ou société privée, ont souhaité mener l'expérimentation sur le Web. L'une des raisons est que les recettes du 3617 ne couvrent qu'environ 20 % du coût d'entretien de la base. Une autre raison est certainement la recherche de notoriété des gestionnaires pour leur produit. Seul le prestataire informatique du serveur Minitel a manifesté une réticence, car il craignait de voir son client lui échapper.

Dans le cas des données provenant de ministères (DEP et DGES), la gratuité est de rigueur. Donc l'implantation des données sur un serveur Web pourrait ne sembler poser que des problèmes techniques. De fait, nous avons rencontré une grande ouverture d'esprit de la part des fonctionnaires responsables. Toutefois, les ministères sont très sourcilleux sur une certaine « propriété intellectuelle » de leurs données, et souhaitent contrôler très étroitement leur mise sur le Web, en y imprégnant leur image. D'autre part, certaines données jouissent de statuts particuliers, comme par exemple les textes législatifs et réglementaires : tout le monde a le droit de « recopier » le Journal officiel, mais il n'est pas clair juridiquement si sa recopie systématique à partir d'une base informatisée en vue de fabriquer des pages Web nécessite ou non une autorisation préalable (difficile à obtenir en pratique). Nous avons ainsi cherché en vain à obtenir de

services publics français la fourniture de fichiers informatisés existants, qui établissent la correspondance entre différents systèmes de nomenclature des actions de formation (FORMACODE, code ROME, code de la nomenclature interministérielle de 1994).

Une mention toute particulière concerne ADMINET. C'est l'œuvre personnelle d'un haut fonctionnaire, M. Christian Scherer, qui maintient lui-même des batteries de pointeurs vers tous les nouveaux services publics qui naissent sur le Web. En outre, pour les organismes publics qui ne sont pas encore présents sur le Web (comme l'INSEE, la Poste, etc.), M. Scherer trouve des pointeurs vers des pages Web privées relatives à ces services. ADMINET jouit d'un taux de consultation considérable, puisque environ 10.000 pages sont regardées dans les jours de pointe, ce qui le classe parmi les dix services Web les plus examinés. ADMINET a été déterminant pour faire connaître nos produits Web sur la formation.

L'ERGONOMIE DE CONSULTATION

On accède à l'information utile de la plupart des bases selon différents principes :

1) Pour les « petites » bases, il y a des pages d'index : par région géographique, par ville, par type d'organismes, par domaine de formation, voire par tutelles des Écoles d'ingénieurs ou même par mode d'admission (niveau, concours ou examens).

2) On peut aussi taper un mot (ou une fraction de mot) dans une zone de saisie, ce qui crée dynamiquement une page d'index si ce mot est présent dans un dictionnaire (qui a été généré automatiquement au préalable).

3) Dans certains cas (DEA, DESS, Écoles), une carte cliquable est disponible.

4) La base sur les stages de formation est traditionnellement accessible sur Minitel par le choix de un ou plusieurs critères parmi une dizaine de critères disponibles : domaine, conventionnement, département géographique, diplôme en fin de stage, niveau, ... Nous avons reproduit ce mode d'interrogation sur le Web en utilisant des formulaires. Évidemment, la saisie d'une question qui nécessite typiquement de consulter une dizaine de pages Minitel nécessite une seule page Web, ce qui est bien plus satisfaisant. Néanmoins, nous avons remarqué que les utilisateurs naviguent aussi souvent par saisie de mots que par formulaires ; de fait, la base incorpore une arborescence des domaines de formation à 3 niveaux intermédiaires, mais le suivi des trois étapes de choix tel qu'il se fait habituellement sur Minitel ne garantit pas que l'on arrive à l'information utile : si quelqu'un cherche un stage sur le multimédia, doit-il suivre le chemin « Communication - Télévision - Traitement de l'image », ou bien le chemin « Informatique - Techniques de pointe - Image et son », ou encore un autre ?

5) Dans le cadre de l'interrogation de la base des DEA, nous disposions d'une dizaine de mots-clés décrivant chaque DEA, fournis par le responsable de chaque DEA mais n'appartenant pas à un dictionnaire préétabli de mots-clés. Ceci nous a permis d'établir un dispositif original de navigation par proximité sur les mots-clés. Par exemple, on observe le DEA intitulé « Science des aliments » ; celui-ci comporte notamment le mot-clé cliquable « Biochimie des aliments ». En le sélectionnant, l'utilisateur non seulement tombe sur le DEA « Biotechnologies et industries alimentaires » qui a par hasard le même mot-clé, mais on lui donne également une liste de mots-clés voisins parmi lesquels « Physiologie et biochimie végétales ». En cliquant sur ce dernier mot-clé, on arrive au DEA « Bases de la production végétale », et ainsi de suite.

Si la présentation des pages d'information textuelles elles-mêmes n'a pas posé de vraie difficulté, il en va différemment des images et des pages d'accueil des services.

Il y a un an, lorsque nous avons démarré ces travaux, les clients du Web étaient habituellement équipés de MOSAIC qui ne savait pas afficher le format JPEG. De ce fait, le format GIF a été utilisé pour la conversion du CD-ROM de l'Enseignement supérieur, pénalisant les photos d'un facteur 2,5 en moyenne par rapport à JPEG, et causant des délais de transmission inacceptables sur le réseau. Comme désormais JPEG est disponible grâce à l'outil NETSCAPE, nous n'utilisons plus désormais que des images JPEG pour les photos (GIF pour les graphiques) dont la taille doit si possible être inférieure à 5 K Octets. D'autre part, nous avons réalisé avec la DEP une expérience malheureuse de scanning de quelques centaines de graphiques, mais la qualité des images sur les PC de basse définition des clients était tellement déplorable que le ministère a préféré les refabriquer directement grâce à un tableur, en limitant à 2 couleurs pour avoir une taille réduite. A cet égard, nous attendons avec impatience la technologie « JAVA » de SUN qui permettra de générer les images chez le client.

Les fournisseurs étaient généralement très exigeants sur les pages d'accueil de leurs services, et ont tenu à les réaliser eux-mêmes. La dualité des langages français-anglais nécessitait généralement plusieurs itérations pour arriver à une présentation satisfaisante. Nous avons conseillé aux fournisseurs d'information d'ouvrir des boîtes aux lettres sur Internet, afin que leurs pages d'accueil fournissent un lien direct de messagerie ou voie de retour permettant aux utilisateurs de faire des commentaires.

Le service de la DEP permet notamment le téléchargement d'une disquette de type PC qui contient des données statistiques. Ce type de disquette est traditionnellement expédié chaque année à tous les chefs d'établissements scolaires français. Désormais, le grand public a également accès par Internet à ces données.

LA TRANSFORMATION DES DONNÉES EN PAGES WEB

Les données peuvent se trouver initialement :

- soit sous forme d'une base de données organisée (CANASTA/FORMATTEL est ainsi composée de 5 tables principales totalisant 30 Méga Octets d'information utile),
- soit sous forme de traitement de textes : les ouvrages du CEFI étaient en partie sous Frame Maker, d'autres documents furent récupérés sous Word de Microsoft ; dans ce cas il fallait les transformer par des filtres en fichiers balisés afin de constituer automatiquement une vraie base de données,
- soit sous forme papier ou même sonore ; ainsi, les 700 images du CD-ROM de la DGES ont pu être récupérées automatiquement, mais comme il n'était pas raisonnable de faire entendre les bandes sonores par la Web pour des raisons pratiques de débit, il a fallu saisir les paroles en texte ASCII puis créer un véritable scénario, ce qui nous a amenés incidemment à développer un petit langage qui permet de formaliser l'expression de l'enchaînement des pages de texte et d'images.

Lorsque la base de données est finalement disponible, la transformation en fichiers HTML (format des documents sur le Web) est totalement automatisée, y compris la création des liens hypertextuels. L'ensemble de ces transformations est décrit grâce au langage PERL ou au langage AWK : ce sont des langages interprétés, extensions du langage C ; de plus, PERL 5.0 est orienté objet. Nous avons aussi testé l'utilisation du TOPIC DEVELOPMENT KIT de VERITY INC. pour la recherche documentaire.

L'automatisation des transformations permet de rejeter toute erreur factuelle sur le producteur de la base, et permet un rechargement rapide d'une base. D'autre part, nous avons le choix entre le procédé habituel dans les serveurs Minitel français d'adosser le service à des requêtes SQL transmises à une base de données et la création statique de pages HTML complètes, y compris pour les index : nous avons choisi généralement cette dernière méthode, dont l'inconvénient est de multiplier par un facteur 5 à 10 la taille des bases sur disque, mais qui permet d'accélérer le traitement des requêtes, d'économiser le coût des licences de SGBD relationnels, et par là même de transporter facilement une base sur PC ou MAC pour une consultation locale avec la même ergonomie.

Par ailleurs, nous souhaitons que la description d'une action de formation comporte un pointeur vers le serveur Web de l'organisme (lorsque celui-ci existe). Nous avons donc constitué un fichier qui comporte actuellement quelques centaines d'entrées, avec les URL des universités, écoles, organismes divers, et qui donne aussi la correspondance entre les noms des organismes dans les différentes bases que nous gérons (par exemple,

le code « X » dans une base correspond à « POLYTECHNIQUE MASSY » dans une autre, et « EP » dans une troisième). Ceci permet dans certains cas de créer des liens hypertextuels entre différentes bases : ainsi, à partir d'une école de la base des écoles on peut accéder à ses DEA ou DESS dont les pages Web sont créées indépendamment à partir d'autres bases. Nous n'avons toutefois pas établi pour l'instant de lien entre des bases de différents fournisseurs, car l'acceptation de ces liens de la part des fournisseurs d'information s'avère délicate : on ne va pas directement de la page « actions de formation continue de l'École des Ponts » à la page « DEA de l'École des Ponts ».

LA RANÇON DU SUCCÈS ?

Les taux de fréquentation de nos différents services⁹ augmentent exponentiellement, de même que le trafic d'Internet. Les bases et documents du CEFI sont consultés pour un peu plus de la moitié par un public français, pour le reste par des étrangers dont la plupart nord-américains. La base sur les stages et les documents de la DEP ont un public essentiellement français, quoique les nombreux graphiques et pages sur l'état de l'École soient disponibles en français et en anglais.

L'augmentation du taux de fréquentation a été obtenue sans aucune publicité particulière ni communication à la presse. Deux moteurs de diffusion ont été déterminants :

- ADMINET et l'UREC, qui sont des pages d'hyperliens mises à jour manuellement,
- des moteurs d'indexation automatique anglo-saxons, aussi appelés « robots » ou « knowbots » ou « surfers », parmi lesquels InfoSeek, Lycos ou WebCrawler.

Par ailleurs, il se crée progressivement une attitude dans la profession des services Web d'échanger les pointeurs : en échange du service que vous rend autrui de vous référencer par un pointeur, ce dernier espère de votre part (même s'il ne vous le demande pas explicitement) que vous établirez un pointeur en retour vers le sien. Ce genre de mécanismes joue en faveur de la fréquentation tant d'ADMINET que des bases du CEFI, car bien des écoles ou universités référencées établissent des pointeurs en retour. Ceci pose d'ailleurs un problème technique, car beaucoup de pages ont des noms (URL) générés automatiquement par les filtres de création, dont la pérennité n'est pas garantie : pour éviter que des pointeurs ne tombent dans le vide ou au mauvais endroit lors de la régénération des bases, il faudra adopter dans l'avenir des dispositifs de nommage symbolique et surtout les faire connaître aux référenceurs (ce qui pose le problème bien connu que le protocole actuel du Web ne vous permet pas de connaître les URL des pages qui pointent vers une de vos propres pages).

La mise à jour des bases directement à partir du Web est un enjeu majeur pour l'avenir. Il se trouve que la base CANASTA/FORMATEL a une bonne expérience dans ce domaine du fait de ses 5 ans de présence sur Minitel (et 1400 heures par mois d'accès). Les organismes de formation peuvent obtenir un mot de passe qui les autorise à taper gratuitement sur Minitel les informations à introduire dans la base, la validation étant néanmoins faite manuellement par les responsables de la base. Il s'avère que les centres de formation privés sont généralement très disposés à faire cet effort, mais que les centres publics (et notamment les grandes écoles d'ingénieurs, les universités ou l'AFPA) sont généralement moins alertes sur cette forme de communication. Sans vouloir tirer de conclusion générale, on peut supposer que le marketing des services publics puisse encore faire des progrès ! En attendant un tel dispositif de mise à jour directe, la nouvelle campagne de mise à jour de la base des DEA va s'appuyer sur 4 associations d'universitaires par grandes disciplines, qui obtiennent les informations par voie « papier » de leurs adhérents, et les saisissent elles-mêmes.

Beaucoup d'utilisateurs nous envoient des messages. Ceux-ci sont désormais transmis en parallèle au fournisseur de l'information et au responsable du serveur à l'École des mines.

On peut distinguer 3 catégories de messages :

- les messages d'étudiants cherchant des renseignements : il s'agit généralement d'étrangers qui posent les questions les plus inattendues comme le niveau des bourses, ou bien comment chercher un logement à Paris. Nous essayons de leur répondre systématiquement, même brièvement, quitte à leur envoyer une adresse utile où ils peuvent se renseigner ;
- les demandes de modification d'informations présentes sur le Web. Ce sont généralement des modifications de détail. Souvent, on nous demande d'introduire un nouveau pointeur ou de modifier un pointeur existant. On ne nous a encore jamais demandé de supprimer une information quelconque, même pas une information nominative ;
- les messages de sympathie et les propositions de collaboration, toujours bienvenus.

Plusieurs organismes (dont la FEANI, Fédération européenne d'associations nationales d'ingénieurs) réfléchissent à l'opportunité de mettre sur Internet des listes d'ingénieurs ou de diplômés. Différentes tentatives ont déjà réalisées dans ce sens en France. Toutefois, le contrôle de la CNIL sur ce genre de bases est redoutable, ce qui délaie ce genre d'expérience qui pourtant serait techniquement très facile à réaliser.

Avec le temps, bien sûr, l'ambition des fournisseurs d'information augmente. Ainsi, ADMINET se constitue depuis peu une bibliothèque de textes administratifs relatifs à l'éducation (en texte intégral). Nous avons réalisé sur le Web un petit système expert sur les rémunérations des stagiaires de formation, mais le conseil régional Ile-de-France nous a demandé de surseoir à sa mise en service car il n'a (évidemment !) pas la preuve de son bon fonctionnement, et la responsabilité juridique en cas de plaintes n'est pas claire. La base CANASTA/FORMATTEL sera enrichie d'ici fin 1996 d'une quantité de textes décrivant des métiers, avec une navigation de proximité d'un métier à un autre ainsi que des métiers aux formations et réciproquement. Nous avons également l'ambition de participer à des projets européens dans ce domaine, ce qui nécessite une bonne segmentation des usagers et des profits qu'ils en tirent (par exemple : organisation de stages d'étudiants, simplification de procédures d'inscription dans les universités, programmes d'échanges gradués...).

NOTES

1 URL <http://cr.ensmp.fr/ccfi/>

2 URL <http://cr.ensmp.fr/stages/>

3 URL <http://cr.ensmp.fr/dep>

4 URL <http://cr.ensmp.fr/mesr/>

5 URL <http://cr.ensmp.fr/scherer/adminet/>

6 Curieusement, en France la quasi-totalité des diplômes d'enseignement supérieur, même ceux attribués par un organisme d'enseignement privé, ont un statut de diplôme public géré par un ministère. Les « mastères » dérogent à cette règle puisqu'ils sont gérés par un organisme privé associatif, même lorsqu'ils sont attribués par un organisme de formation public¹

7 URL <http://cr.ensmp.fr/feam/>

8 URL <http://dgrt.mesr.fr/> et <http://dgrt.mesr.fr/SIF3/dspt.html>

9 Voir à ce sujet <http://cr.ensmp.fr/stages/wusage/>, <http://cr.ensmp.fr/ccfi/wusage/>, <http://cr.ensmp.fr/dep/wusage/>

Les courbes et chiffres donnés n'incluent pas les consultations « internes » provenant des fournisseurs d'information et de l'École des Mines. Ils comprennent par contre les accès des robots de recherche (environ 20 % du trafic total). L'ensemble des accès (mais non compris ceux à ADMINET) représente environ 60 000 pages chargées par environ 3.000 utilisateurs différents en novembre 1995

Oumar Sock^{*}, Alex Corenthin^{}**

** Directeur École Supérieure Polytechnique, Dakar (Sénégal)*

*** Chef du Département Génie Informatique*

Un réseau de communication électronique pour la recherche et l'éducation au Sénégal

INTRODUCTION

Les réseaux informatiques connaissent depuis quelques années une formidable expansion à travers l'ensemble des pays industrialisés. Le réseau INTERNET avec ses différents services (GOPHER, WWW, etc.) et plus de 20 millions d'utilisateurs en est, aujourd'hui, le meilleur exemple.

Les pays en développement, quant à eux, ne bénéficient que marginalement de cette explosion des réseaux. Cela est dû au faible niveau technologique de ces pays, mais aussi au sentiment partagé par de nombreux responsables que les réseaux informatiques reposent sur une technologie lourde et sont générateurs de dépenses élevées en télécommunications.

Au Sénégal, le développement des réseaux informatiques est récent et repose essentiellement sur des organismes de recherche (institutionnels ou non gouvernementaux) qui les utilisent principalement pour des besoins de communication avec leurs différents centres et partenaires.

L'ouverture des services offerts par ces réseaux à des utilisateurs extérieurs à ces organismes est en nette expansion, essentiellement par la maîtrise technologique résultant de l'inscription dans les programmes d'enseignement des techniques et technologies liées aux réseaux d'information électronique et par les connexions aux réseaux existants. Le Réseau intertropical d'ordinateurs de l'ORSTOM représente l'un des premiers maillons de l'INTERNET en Afrique de l'Ouest et plus particulièrement au Sénégal. On citera également le réseau Fidonet qui dispose au Sénégal de points d'accès situés le plus souvent dans des ONG (ENDA,...).

Les partenaires de l'ORSTOM au Sénégal (centres de recherche et organismes universitaires) ont très tôt été associés à l'extension du RIO. Grâce à l'utilisation des supports de télécommunications (RTC et X25) existant dans notre pays, et à des coûts de raccordement abordables, les organismes de recherche sénégalais ont pu bénéficier des services de ce réseau de communication électronique. Le Centre de recherche océanographique de Dakar-Thiaroye a été le premier institut à disposer d'un réseau local Ethernet et d'un serveur RIO sur SENPAC.

Les autorités gouvernementales ont pris conscience très tôt de la nécessité de promouvoir la création de réseaux de communication électronique par la mise en place de maillons essentiels au développement de l'information scientifique et technique :

- Le Réseau national d'information scientifique et technique (RNIST).
- Le Réseau d'information des institutions académiques africaines (RINAF) dont le nœud régional pour l'Afrique de l'Ouest est le CNDST (Centre national de documentation scientifique et technique)

Les premiers objectifs d'un réseau recherche-éducation doivent être de mettre à profit le développement de l'INTERNET et des réseaux informatiques pour :

- permettre la circulation de l'information scientifique et technique,
- favoriser le partenariat entre les laboratoires du Nord et du Sud,
- encourager l'émergence et la structuration de la communauté scientifique africaine.

Dans le domaine de la recherche et de l'éducation, le réseau informatique permet non seulement l'accès à l'information en un temps record (nouveau dans son domaine de travail, contacts avec des chercheurs du même domaine, etc.), mais constitue également une autre façon de conduire la recherche en permettant une confrontation continue d'idées venant d'horizons divers.

Nous nous proposons dans ce document de décrire l'état de la situation des réseaux au Sénégal, en montrant l'apport de l'École supérieure polytechnique, et de proposer des solutions qui pourront conduire à l'installation d'un serveur du domaine « SN », condition nécessaire pour la mise en place d'un réseau national fiable, opérationnel au niveau international en s'appuyant sur l'utilisation des supports de télécommunications (RTC et X25) existant dans notre pays. Aujourd'hui, les Universités de Dakar, de Saint-Louis, les Écoles d'ingénieurs (ESP, ENEA) et autres organismes (agences de presse, ONG, etc.) sont rattachés uniquement à la messagerie électronique.

SITUATION DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE POLYTECHNIQUE

Pour continuer le développement du réseau et assurer sa pérennité, l'ORSTOM a initié une convention de coopération technologique avec son partenaire universitaire principal, le département Génie informatique de l'École supérieure polytechnique depuis 1991 afin de lui transmettre son savoir-faire.

Premier institut d'enseignement et de recherche technologique du Sénégal, l'École supérieure polytechnique, née de la fusion de l'École nationale supérieure universitaire de technologie (ENSUT), de l'École polytechnique de Thiès (EPT) et de l'École normale supérieure d'enseignement technique et professionnel (ENSETP), reprend l'essentiel des missions confiées à ces établissements.

Il abrite le département Génie informatique chargé de la formation des techniciens supérieurs et des ingénieurs en informatique, et constitue de ce fait le centre de ressources par excellence pour jouer un rôle de promoteur et de bâtisseur du domaine Sénégal.

Cette collaboration a conduit à la déclaration commune du domaine SN auprès des autorités de gestion d'INTERNET et a permis de déclarer comme gestionnaire du domaine le département Génie informatique de l'ESP.

Le gestionnaire de domaine a pour fonctions principales de mettre en place le serveur de noms (DNS) du domaine et d'effectuer l'attribution des numéros IP (reconnaissance des sous-domaines auprès d'INTERNET).

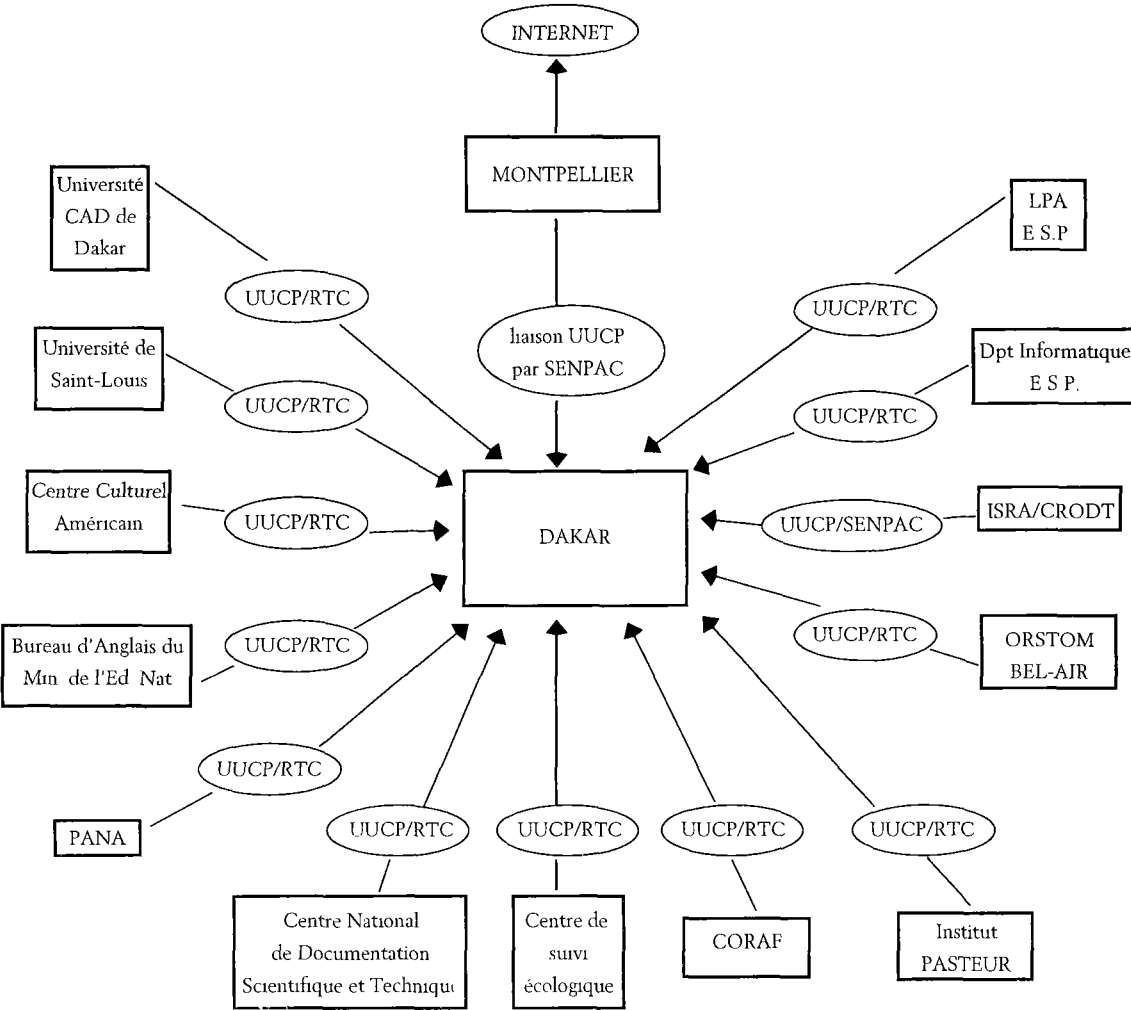
L'École supérieure polytechnique est donc actuellement la mieux placée pour vulgariser et propager l'utilisation des réseaux informatiques de par ses missions de formation technologique des techniciens et des ingénieurs pour l'industrie et des formateurs pour notre système éducatif, l'objectif étant de leur permettre d'acquérir le savoir-faire nécessaire pour :

- maîtriser la gestion d'un nœud INTERNET,
- gérer les adresses d'un sous-domaine du Sénégal,
- diffuser les services de l'INTERNET auprès de la communauté scientifique et universitaire sénégalaise.

A plus long terme, le Sénégal devrait pouvoir disposer d'un réseau totalement maîtrisé et géré par un organisme qui aura pour rôle de promouvoir et de faciliter l'utilisation des réseaux de communication électronique.

ORGANISATION GÉNÉRALE DU RÉSEAU SÉNÉGALAIS

L'accès à INTERNET au Sénégal se fait suivant une topologie en étoile. Le nœud principal des accès sur le réseau RIO est la machine Dakar installée au centre ORSTOM de Dakar-Fann. La même structure est conservée pour le réseau REFER de l'AUF-PELF-UREF installé au sein de l'Université Cheikh Anta Diop raccordant les principaux nœuds SYFED du Sénégal.



Les moyens de communications des serveurs installés sont :

- des circuits virtuels sur le réseau à commutation de paquets SENPAC, à 9600 kb/s
- des accès banalisés sur lignes RTC (V22, V22bis, V34).

Pour le réseau RIO, six connexions journalières sont établies avec Montpellier (6 h, 9 h, 11 h, 13 h, 15 h et 17 h), le serveur du réseau REFER au Sénégal bénéficiant d'une connexion permanente avec le nœud installé à Paris. Les nœuds secondaires peuvent se connecter aux serveurs 24h/24.

TECHNIQUES ET PROTOCOLES UTILISÉS AU SÉNÉGAL

Les serveurs au Sénégal utilisent le RTC (Réseau téléphonique commuté) et le réseau public SENPAC.

Le protocole mis en œuvre est le protocole UUCP (Unix to Unix CoPy). UUCP qui utilise le mécanisme « store and forward ». Le principal avantage de cette solution est son faible coût. C'est aussi une solution très fiable, supportant l'exécution de commandes à distance et compatible avec le protocole TCP/IP.

Les coûts de raccordement d'un nœud s'articulent autour de plusieurs éléments :

- La création d'un nœud constitué d'un PC/AT ou d'un Macintosh avec modem revient à environ 3 millions de Francs CFA.
- La mise en place d'un serveur (station UNIX) rattaché à un réseau local nécessite des investissements plus lourds de l'ordre de 6 à 12 millions de Francs CFA.
- L'installation d'une ligne téléphonique dédiée par la société nationale des télécommunications revient approximativement à 150.000 Francs CFA (1500 FF).
- L'abonnement pour une ligne du réseau transmission de données par paquets (SENPAC) est relativement plus coûteux, 650.000 Francs CFA par an pour une ligne X25 à 9600 bauds.

LES SERVICES DISPONIBLES AU SÉNÉGAL

La messagerie électronique

C'est le service de base du réseau. La messagerie électronique permet de correspondre

avec tous les utilisateurs des réseaux internationaux : INTERNET, EARN, Bitnet, Fidonet, etc. Au total elle relie plusieurs millions de correspondants dans les secteurs de la recherche, de l'enseignement supérieur et des industries de pointe.

Les réseaux longues distances utilisent en général les normes RFC822 qui n'incluent a priori que des caractères purement ASCII. Il n'est donc pas possible d'envoyer des caractères accentués à ses correspondants. Pour pallier cet inconvénient, des interfaces utilisatrices sont disponibles sur les micro-ordinateurs connectés au REFER et au RIO.

L'AUP ELF et l'ORSTOM ont mis à la disposition des utilisateurs des logiciels appelés respectivement XRef et XRio. Ce sont pour les utilisateurs non informaticiens :

- des outils simples et fiables,
- gérant les caractères accentués,
- disposant de l'annuaire des correspondants en ligne
- et capables d'assurer des transferts de fichiers binaires.

Les forums

Le forum électronique est un outil de débat scientifique. Chaque forum est placé sous la responsabilité d'un animateur. Il en demande l'ouverture et est à même de répondre à toutes les questions concernant le sujet, les participants et la nature des contributions attendues. Les forums sont gérés au niveau des nœuds principaux et accessibles à tous les utilisateurs intéressés par un thème (santé, océanographie, projets scientifiques de la CEE,...).

Le transfert de fichiers et d'images

La transmission de documents consiste en l'envoi de :

- rapports ou articles, préparés avec un logiciel de traitement de texte, contenant divers polices et corps de caractères, des indications de styles, de justification, des tableaux, graphiques,...
- fichiers binaires qui peuvent être des images, du son, des exécutables, etc.

Ces informations sont transmises sur le réseau, via les différentes interfaces sous forme compressée et encodée.

Les infoserveurs

Un infoserveur est un système de bases de données dont la consultation s'effectue en temps différé.

Ce service a été mis en place sur le réseau RIO pour les publications de cet organisme. Le réseau REFER étant le principal serveur documentaire du Sénégal, il offre un accès aux bases de données documentaires francophones par ses points d'accès SYFED.

PERSPECTIVES DE LA CONNECTIVITÉ INTERNET AU SÉNÉGAL

La SONATEL met en place actuellement un service de raccordement à INTERNET. Dans la perspective de cette offre, ce document plaide pour la tarification préférentielle du domaine de la recherche et de l'éducation sénégalaises.

Il présente une estimation du volume de données transitant par le RIO. Ce réseau n'est pas le seul de son genre au Sénégal, c'est néanmoins l'un des plus importants dans le secteur recherche/éducation. Aussi les chiffres présentés ci-dessous doivent être pris comme une limite inférieure du trafic INTERNET généré par le domaine de la recherche et de l'éducation.

Il présente également les raisons pour lesquelles il faut favoriser la connexion INTERNET au sein des structures sénégalaises de recherche et d'éducation.

VOLUME DE DONNÉES TRANSITANT PAR LES SERVEURS

Trafic « Email »

Les données transitant actuellement par les serveurs sont principalement issues de la messagerie électronique. Les utilisateurs de la messagerie se répartissent entre 52 nœuds (estimation août 1995). Ce dernier chiffre est en progression de 126 % sur un an.

Trafic dû à la création de serveurs WWW

L'ORSTOM a créé un serveur WWW sur Dakar dès novembre 1994 (URL <http://www.orstom.sn>) et l'ESP a installé le sien en avril 1995 (URL <http://www.esp.sn>). La mise en service on-line à travers IP/X25 étant trop onéreuse, on a choisi de créer un site miroir sur un serveur en France : c'est le site Web de Bondy (URL <http://www.orstom.fr>) sur lequel on reverse systématiquement les données du Web de Dakar. Lorsqu'une solution de type full-IP abordable sera disponible, le serveur miroir sera supprimé.

Il est communément admis que le trafic généré par l'interrogation de serveurs WWW représente environ entre 75 et 80 % du trafic IP dans INTERNET, contre 10 à 15 % pour le courrier électronique. En tenant compte de ces estimations, et en sachant actuellement que 25 Mo de courrier sont échangés mensuellement, on peut évaluer à plus de 150 Mo le volume de données mensuel dû à l'interrogation de serveurs WWW par les utilisateurs recherche/éducation au Sénégal.

ÉVOLUTION DES ACCÈS INTERNET

En ce qui concerne le « Email », l'évolution des modes de gestion permet aujourd'hui de créer un nombre illimité de « boîtes aux lettres » par site. Cela se traduit actuellement par une très forte augmentation du nombre d'utilisateurs dans les Universités et les Écoles supérieures (le nombre d'utilisateurs est multiplié par un facteur de 5 à 10). Ces nouveaux utilisateurs prennent conscience des possibilités de la messagerie électronique, et vont générer progressivement un volume de données proportionnel à leur nombre. En terme de nombre de nœuds raccordés, une croissance au moins similaire à celle de l'année passée est à prévoir si aucun service INTERNET n'est proposé par ailleurs au Sénégal. Le trafic prévu fin 95 est de l'ordre de 20.000 messages/mois pour le « Email » (40 Mo environ).

Plusieurs autres serveurs WWW sont en travaux dans le domaine de la recherche et de l'éducation. C'est le cas des serveurs de l'AUPELF-UREF, de l'ESP et de l'UCAD. L'ESP a par ailleurs été chargée de réaliser un serveur WWW consacré au tourisme au Sénégal. Un serveur Web est également envisageable, à terme, par institut ou école.

De nombreux projets en termes de serveurs WAIS et Gopher existent par ailleurs. Il s'agit de rendre accessible par INTERNET l'ensemble des bases bibliographiques du domaine recherche-éducation sénégalais, via des serveurs WAIS. Citons par exemple l'installation du serveur WAIS de l'ORSTOM, qui permettra d'accéder à la base Horisen (3500 références). Un autre serveur est en cours de développement à l'AUPELF-UREF, en collaboration avec l'UCAD. Il permettra d'accéder à la base bibliographique des ouvrages disponibles à la bibliothèque de l'UCAD ainsi qu'à l'ensemble des travaux réalisés dans les Écoles supérieures (thèses, doctorats...)

IMPORTANCE ET ENJEUX DE L'ACCÈS INTERNET POUR LA RECHERCHE ET L'ÉDUCATION

Malgré l'accroissement des services commerciaux et l'apparition du « cyberbusiness », l'INTERNET reste le réseau de communication de référence pour le domaine de la recherche et de l'éducation. Selon la revue « Internet Society NEWS », 61 % des utilisateurs sont affiliés à ce domaine, représentant 46 % des machines (édition Vol 2. N° 4 Winter 94).

Pour un laboratoire universitaire ou une École supérieure, si le raccordement était il y a quelques années un avantage, le non-raccordement est devenu aujourd'hui un handicap majeur freinant développement et évolution.

L'accès est en effet vital pour au moins 3 raisons :

- Il rompt l'isolement en permettant de communiquer avec ses homologues de la Communauté internationale.
- La philosophie de l'INTERNET reste le partage et la gratuité de l'information, du moins dans sa partie recherche/éducation.
- La publication d'informations sur INTERNET est libre.

Les conséquences pour une équipe de recherche (par exemple) sont multiples. Cette équipe peut collaborer avec des homologues nationaux ou étrangers, elle peut accéder et retirer l'information pertinente (interrogation de bases de données, transfert de fichiers) mise à sa disposition par des milliers de serveurs. Elle peut participer à des forums internationaux de discussion, participer à l'actualité scientifique en organisant ou en s'inscrivant facilement à des symposiums, colloques ou autres manifestations. Elle peut publier ses résultats immédiatement auprès de la communauté scientifique. Elle peut récupérer gratuitement des logiciels adaptés à ses besoins.

Ces avantages sont en fait les conditions « sine qua non » d'un secteur recherche/éducation fort et dynamique. Cela vaut davantage encore au Sénégal, où la communauté recherche/éducation souffre de plus d'isolement et de manque de moyens que dans les pays du Nord.

NÉCESSITÉ D'UN TARIF PRÉFÉRENTIEL POUR LE DOMAINE RECHERCHE/ÉDUCATION

Le raccordement à INTERNET constitue donc un enjeu primordial pour l'avenir de la recherche et l'éducation au Sénégal.

Aider le domaine recherche/éducation en lui proposant un tarif préférentiel, c'est certes lui donner la chance de se redynamiser et de jouer un nouveau rôle, mais c'est aussi favoriser l'émergence parmi les étudiants et les élèves d'une nouvelle génération au fait des réalités économiques et technologiques.

D'autre part, certains services peuvent atteindre un intérêt national immédiat et évident, tel qu'un serveur WWW sur le tourisme au Sénégal. Les retombées d'un tel service, en favorisant l'accroissement du tourisme, s'étendent à tout le pays.

Fermer l'INTERNET par des prix élevés, c'est occulter le fantastique potentiel de formation et d'éducation de l'INTERNET au seul profit de son aspect commercial. Seuls des entreprises privées ou des organismes internationaux se raccorderaient depuis le Sénégal, c'est-à-dire ceux qui *a priori* n'en ont pas l'urgence. Le paradoxe serait alors que les entreprises à but lucratif tirent bénéfice de leur connexion tandis que les Universités seraient alors dans l'incapacité de mettre en place des services gratuits.

Plus concrètement, quelle forme pourrait prendre l'aide au développement que serait une tarification préférentielle ?

Un forfait à l'année suivant un tarif spécifique, ou un forfait d'heures gratuites, sont deux exemples de solutions envisageables. Il est nécessaire, parallèlement à ce choix, de définir de manière explicite ses bénéficiaires : Universités et Écoles supérieures reconnues par l'État par exemple.

FACTEURS ESSENTIELS À L'ÉMERGENCE DU RÉSEAU

L'introduction de ces nouvelles technologies au niveau de la recherche et de l'éducation et plus particulièrement au sein des institutions chargées de les diffuser au sein de nos pays, nécessite le redéploiement des efforts de coopération vers un renforcement de la coopération technologique dans les domaines émergents de l'Information scientifique et technique (IST), parmi lesquels nous pouvons citer :

- le multimédia
- les télécommunications
- la veille technologique

Elle passe également par l'INFORMATION et la SENSIBILISATION des utilisateurs aux possibilités offertes par les réseaux de communications à travers la mise en place d'un réseau de sensibilisation national (couverture géographique).

La FORMATION des TECHNICIENS à travers l'intégration des formations réseaux dans le cadre des formations existantes et des filières nouvelles est aussi un facteur important dans la pérennisation de l'utilisation et de la maîtrise de ces nouvelles technologies.

La FORMATION des FORMATEURS permettrait d'intégrer à cette stratégie les méthodologies liées à la maintenance de premier niveau des sites à travers l'animation de sessions de formation aux nouvelles technologies.

CONCLUSION

La mise en place du réseau national recherche/éducation au Sénégal passera par la définition d'un réseau national coopératif intégrant des passerelles entre les initiatives existantes à travers un serveur national SN, prenant en compte la maîtrise des coûts de communication et constituant un centre de veille technologique.

Pour cela deux comités ont été créés au Sénégal :

- le comité technique piloté par l'ORSTOM et l'ESP a été chargé d'élaborer les canevas techniques et juridiques de la mise en place d'une telle structure (à l'exemple du réseau RENATER en France).
- le comité technique piloté par l'AUPELF (REFER) élabore un canevas de mise en place de bases de données nationales.

Les objectifs assignés à une telle structure seront :

- d'atteindre le degré de CONNECTIVITÉ MAXIMALE offrant le maximum de confort aux utilisateurs
- de PRODUIRE des bases de données pour le Sénégal et les diffuser par ces nouvelles techniques
- et de PARTICIPER à l'effort de développement national à travers l'information scientifique et technique.

Une réelle expansion d'un réseau recherche/éducation passe également par l'installation au sein des universités et des établissements de recherche sénégalais de moyens matériels, difficiles à acquérir dans la situation financière actuelle de notre pays, permettant de mettre à la disposition du plus grand nombre d'utilisateurs ces outils modernes de communication et de recherche documentaire.

Administration d'un réseau informatique dans un contexte d'enseignement et de recherches : expériences, précautions

RÉSUMÉ

Dans le cadre des VI^{es} Journées Internationales de Technologie, il nous a paru intéressant de partager l'expérience d'administration et de gestion d'un réseau local informatique fonctionnant sous UNIX, dans une École d'ingénieurs.

Le projet PAESRUC a mis en place un réseau fédérateur de campus, à base de technologie ETHERNET, offrant des accès performants (10 Mb/s) dans tous les départements scientifiques. Le réseau est basé sur la mise en œuvre de stations de travail scientifiques sous UNIX, à usage des personnels scientifiques et des étudiants dans le cadre des filières de formations avancées. Par une gestion globalisée des moyens répartis (espace disque, cpu, imprimante), les utilisateurs ont une vision transparente de la localisation des ressources d'où une gestion souple et évolutive du parc.

Dans notre exposé, il s'agit de répondre à quelques préoccupations importantes :

- En quoi le réseau a-t-il facilité l'administration ?
- En quoi le réseau a-t-il compliqué/facilité l'enseignement ?
- La technique est-elle suffisante et que coûte le réseau ?

Une approche de conclusion insistera sur les réflexions qui ont été menées pour la mise en place d'un tel outil (qualité des installations, fonctionnalités répondant aux exigences du libre-service, formation des utilisateurs,...), mais aussi l'impact sur les activités de recherche de l'ouverture du réseau au monde INTERNET.

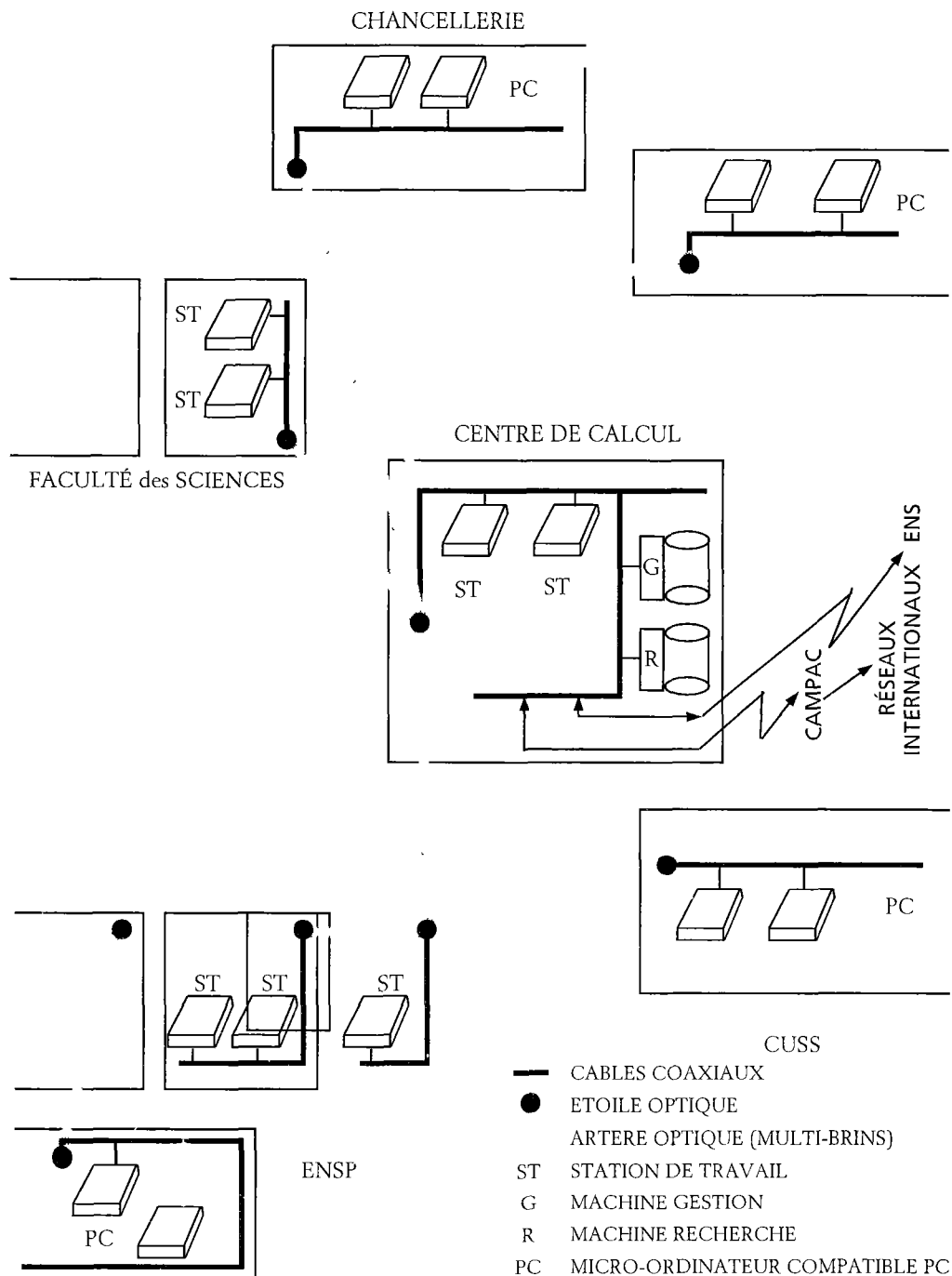


Schéma : Organisation générale des Ressources

1. INTRODUCTION

L'essor rapide de la micro-informatique au début des années 80 s'est traduit, à l'École nationale supérieure polytechnique (ENSP), par une multiplication des postes de travail autonomes. Mais la perspective d'un ordinateur par bureau et le cloisonnement qu'induirait cette nouvelle donne ont mis en évidence la nécessité de partager les ressources, logicielles et matérielles, et d'améliorer la communication entre les différents départements utilisateurs.

La solution apportée dès le début de 1990 a consisté en l'intégration des équipements informatiques au sein d'un réseau local. Le rôle assigné au réseau local est double :

- assurer la communication entre les différents postes de travail, en mode conversationnel (travail collectif sur un même fichier, messagerie locale) ou en mode transfert (échanges de données entre postes),
- rationaliser l'utilisation d'équipements périphériques (disque dur de grande capacité, imprimante laser, ...) par leur partage entre les différents utilisateurs.

Tout en décrivant les réseaux informatiques existants au sein de l'ENSP, nous présenterons les retombées de l'utilisation d'un réseau informatique dans l'enseignement et la recherche sans distinguer les problèmes que ceci engendre.

2. UN SYSTÈME RÉSEAU À VISÉE ÉDUCATIVE

2. 1. Les composantes de base du système support

De base Ethernet, le réseau est agencé autour de deux ordinateurs de grande puissance situés au Centre de calcul et à l'École nationale supérieure polytechnique (ENSP). Des postes de travail sont répartis dans chacun des établissements connectés et permettent d'accéder à distance aux ressources des serveurs, en particulier à tous les logiciels de base. Le schéma mis en annexe donne un aperçu du réseau. Ainsi qu'on peut le constater sur ce schéma, la solution implémentée présupposait une adéquation entre les répartitions fonctionnelle et physique des départements. L'ossature (backbone) principale du réseau est à base de fibre optique, de même que l'ossature propre à l'ENSP. Les branches dédiées aux départements et à l'administration sont en câble coaxial, puisque situées à l'intérieur des bâtiments et donc à l'abri des intempéries. L'acquisition de stations de travail SUN présente plusieurs avantages. Tout d'abord leur interface graphique permet d'atteindre des résolutions graphiques de 1000 x 1000, la qualité et les dimensions de leur écran, leur capacité à évoluer tant au niveau processeur central ou mémoire qu'au niveau coprocesseur arithmétique ou graphique permet d'atteindre

des vitesses de traitement difficilement égalables sur micro-ordinateurs, ce qui fait d'elles des outils particulièrement adaptés à toute application de XAO.

2. 2. La problématique des réseaux informatiques

L'évolution des systèmes informatiques vers des configurations réparties est la conséquence des développements technologiques tels que l'apparition des micro-ordinateurs (et plus récemment des stations de travail) et des systèmes de télécommunication de plus en plus performants.

Le terme « systèmes informatiques répartis ou distribués » ne possède pas une définition simple et universellement acceptée. Il est utilisé couramment pour désigner des outils informatiques constitués d'unités de traitement ou de sauvegarde de programmes coopérant dans la réalisation d'une tâche commune ou dans le partage de ressources communes [corn81]. Ainsi, un réseau informatique peut être vu comme un ensemble de systèmes classiques, reliés par un système de communication auquel est ajouté un ensemble d'interfaces permettant une connexion à distance entre eux, sans pourtant modifier la structure fondamentale de chaque système.

La mise en place du dispositif décrit au §2.1. ne va pas sans poser quelques difficultés dans un environnement de formation.

2.3. Problèmes de l'enseignement traditionnel

Les supports didactiques utilisés dans les activités d'enseignement sont encore dans la plupart des Écoles de formation d'ingénieurs de type classique : tableau noir, rétro-projecteur, etc. Il est donc tout à fait normal que l'utilisation de ces supports corresponde à une méthode d'enseignement directive. Le problème dans cette approche traditionnelle est justement cet aspect directif (hérité du temps de Socrate) car ceci allie fortement l'efficacité de l'enseignement à la didactique de l'enseignant.

Plus généralement, pour l'enseignement de domaines techniques ce problème devient important car les thèmes associés exigent, dans la plupart des cas, une bonne interaction bidirectionnelle enseignant-élève, à cause de la complexité et de l'interdépendance de ces thèmes.

Dans un environnement X comme le nôtre, il a fallu dès le début penser à une politique de gestion commune du matériel souvent difficile à faire comprendre ou à mettre en œuvre, à la qualité des installations (utilisation du câblage fibre optique) ainsi qu'aux fonctionnalités répondant aux exigences du libre service.

2.4. Exemple de difficulté dans un environnement hétérogène

L'environnement informatique à l'ENSP est constitué de stations de travail SUN, de terminaux X (TX) et de micro-ordinateurs disposant de logiciels qui leur permettent une accessibilité complète aux ressources du serveur Polytech. Ces TX et micro-ordinateurs fonctionnent par l'intermédiaire de l'application X qui est XDM (X Display Manager). Le serveur X fonctionne en permanence sur le serveur Polytech et est donc prêt à chaque fois que les utilisateurs mettent en fonctionnement leur TX. Les exécutions du serveur X posent à première vue un certain nombre de problèmes et de confusion à l'utilisateur qui ne voit pas s'exécuter ses fichiers de démarrage. Pire encore, toutes les variables d'environnement initialisées dans ces fichiers ne sont pas prises en compte dans la session X en cours. En réalité aucune de ces variables n'est prise en compte avant le début de l'exécution de l'application X.

Pour pallier ce désagrément, l'administrateur système doit initialiser ces variables d'environnement dans le fichier `.xinitrc`. Mieux encore, ces variables peuvent se trouver dans le fichier `.xsession` et `.xinitrc` faisant appel à ce dernier par la ligne `$HOME/.xsession`. Ceci a l'avantage de maintenir une séparation entre le fichier de démarrage et l'application X qui commence la session de travail.

3. UNE VUE DES RÉSEAUX EXISTANTS À L'ENSP

Jusqu'ici les seuls pays africains ayant une connectivité INTERNET étaient l'Afrique du Sud, l'Égypte et la Tunisie. Toutefois, plusieurs Etats africains possèdent une connectivité à d'autres types de réseaux (Fidonet, Healthnet, UUCP), ce qui leur permet une accessibilité limitée à l'INTERNET.

Jusqu'à présent au Cameroun, on connaissait les dispositifs médiatiques traditionnels - presse, radio, télévision - bâtis sur le modèle de l'étoile. Un centre y parle à des récepteurs isolés, qui constituent une communauté passive. On connaissait aussi le réseau téléphonique, avec lequel on ne communique que de un à un. Ce qui est nouveau dans l'interconnexion des micros, c'est la possibilité offerte à tous de parler avec tous. C'est un réseau, mais du point de vue conceptuel, cela fonctionne comme un espace. Un espace varié et mouvant, que chacun contribue à construire, et sur lequel chacun peut trouver sa place. [levy95] pense qu'avec ces réseaux, du type d'INTERNET, on assiste à une construction coopérative d'un contexte commun. Ce qui est nouveau ici, c'est de pouvoir s'adresser librement, sans intermédiaire, à un vaste public international, sans que quiconque ne décide à votre place de ce qui est important et de ce qui ne l'est pas.

Le réseau Healthnet est un projet initié par SatelLife, une ONG américaine, pour la mise en place d'un réseau satellite d'échange d'informations médicales à moindre coût

dans les pays sous-développés en général. Il est mis en place à l'École nationale supérieure polytechnique (ENSP) de Yaoundé depuis avril 1993 et permet d'envoyer et de recevoir des messages par liaison satellite. Les principaux services fournis sont le courrier électronique entre utilisateurs et la consultation de banques de données. En facilitant les consultations gratuites pour le compte des étudiants de la Faculté de médecine, en permettant le télé-enseignement par l'unité d'Epidémiologie clinique, Healthnet contribue par ce biais à l'éclosion de la recherche médicale au Cameroun. Forte des compétences en informatique et en électronique dont elle dispose, l'ENSP abrite et administre le serveur de ce réseau.

A la différence des autres types de réseaux, les réseaux UUCP (Unix to Unix CoPy) ne sont pas centralisés. Les connexions UUCP permettent à des systèmes d'accéder directement au réseau INTERNET en faisant transiter l'information venant de l'INTERNET par un ordinateur connecté à celui-ci. Cette information peut ensuite aller vers le système visé lors d'un appel UUCP. La connexion entre les deux systèmes n'utilise donc pas un processus d'assignation spéciale. Il suffit que les deux systèmes utilisent UUCP et s'accordent pour s'appeler. Le Réseau intertropical d'ordinateurs (RIO) est un réseau UUCP mis en place par l'organisme français ORSTOM et permettant l'accès à l'INTERNET uniquement pour le courrier électronique (fig 2).

Fonctionnant autour d'une architecture matérielle comprenant une station de travail Sun Sparc, une liaison asynchrone à 9600 bps, une liaison synchrone à 2400 bps, deux modems et trois interfaces Ethernet, le réseau RIO est le seul à utiliser le protocole UUCP sur des lignes X25 alimentées par le réseau à commutation de paquets du Cameroun (CAMPAC). Outre le courrier électronique déjà opérationnel, d'autres outils de l'INTERNET tel le tranfert de fichier distant (FTP), la consultation de NEWS sont envisagés.

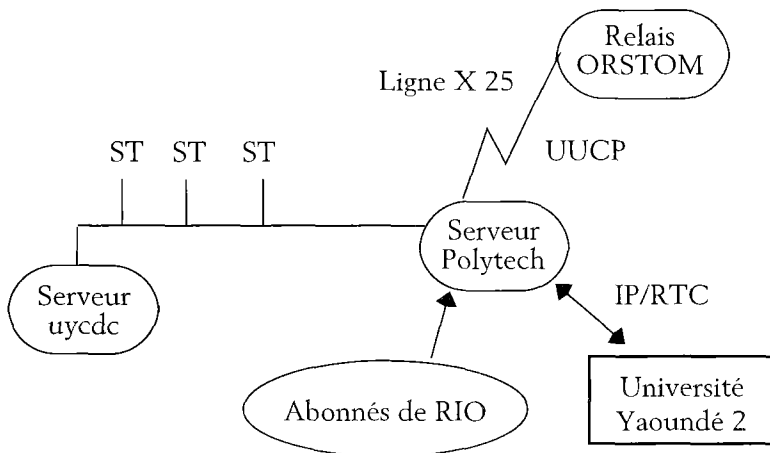


Fig. 2 : Une vue fonctionnelle du réseau

4. GESTION D'UN RÉSEAU INFORMATIQUE DÉDIÉ À L'ENSEIGNEMENT

Ces différents réseaux brièvement présentés au paragraphe précédent constituent un moyen de partage de ressources communes (matériels, logiciels, données, etc.) entre plusieurs systèmes informatiques. Ils constituent également un médium efficace de communication. Leur utilisation s'est développée à l'ENSP ces deux dernières années.

L'impact du réseau sur la vie de l'université en général peut se résumer en trois grands éléments, à savoir : la communication entre individus, la promotion de nouvelles activités d'enseignement et de recherche, et enfin le bannissement des frontières transnationales par l'INTERNET.

Dans ce qui suit, nous citerons les retombées de l'utilisation du réseau dans l'enseignement sans distinguer les bénéfices des problèmes de gestion d'un parc qui peuvent en résulter.

☑ Le réseau a favorisé l'éclosion de la recherche et du développement par le partage de ressources (équipement de grande puissance de calcul). Cette contribution se trouve dans des domaines aussi variés que la santé, la recherche fondamentale et appliquée.

☑ Le réseau a facilité l'administration par la suppression des problèmes de virus. En effet, l'utilisation de station de travail sans disque (TX) entraîne la disparition des supports amovibles que sont les disquettes qui sont des agents transporteurs de virus. Cette administration est aussi facilitée par le contrôle d'accès et donc la gestion du flux d'étudiants de même que la mise en place de salles dédiées entraîne un gain en souplesse.

☑ Le réseau a facilité l'enseignement par l'apparition de nouveaux outils que sont :

- le courrier électronique
- les manuels en ligne unifiés pour UNIX
- le travail de groupe dans le cadre des projets d'étudiants
- les espaces dédiés aux enseignants pour la mise à disposition de corrigés et énoncés d'exercices de Travaux pratiques.

Toutefois, comme nous l'avons déjà souligné, les infrastructures disponibles apportent quelques complications au regard des problèmes de l'enseignement traditionnel.

Du côté des enseignants, l'utilisation du réseau informatique à des fins pédagogiques suppose :

- ☒ une plus grande rigueur dans l'élaboration des exercices de Travaux pratiques ;
- ☒ une connaissance minimale du fonctionnement du réseau ;
- ☒ une dépendance vis-à-vis du serveur.

Du côté des étudiants, elle suppose la maîtrise de la procédure d'accès et de changement de mot de passe, ainsi qu'une connaissance minimale du réseau.

La technique est-elle suffisante ?

Pour répondre à cette question nous allons faire un certain nombre de constatations :

- ☒ un produit mal adapté à l'enseignement peut entraîner des surcoûts non contrôlés (argent dépensé en vain) ou non chiffrables (en personne) ;
- ☒ les constructeurs et éditeurs de logiciels n'ont, en général, aucune idée des problèmes que rencontrent les administrateurs confrontés aux problèmes spécifiques de l'enseignement ;
- ☒ il est vain de mettre en place des outils sophistiqués d'administration si les utilisateurs n'ont pas une formation préalable ;
- ☒ plus la masse d'utilisateurs est importante, plus l'aspect psychologique de leur « prise en main » a d'importance.

Ces insuffisances de la technique peuvent être solutionnées par la formation des utilisateurs dès la première séance, par la mise en place de manuels en ligne sur le serveur ainsi que la protection contre la création de comptes banalisés.

5. CONCLUSIONS

Les réseaux locaux informatiques ont connu un développement considérable ces dix dernières années. La dimension internationale des échanges interuniversitaires impose que cette technologie soit intégrée dans la formation des ingénieurs de l'an 2000. Le développement de réseaux de campus capables d'interconnecter tous les postes de travail est un des grands objectifs d'une école d'ingénieurs.

Si l'enthousiasme suscité est réel, les premières expériences sont empreintes d'une certaine lenteur dans leur mise en œuvre que ne saurait expliquer, seule, la complexité du nouvel outil qu'est le réseau local. Les obstacles rencontrés montrent que l'intégration de l'informatique répartie dans le quotidien de la formation, réussie au niveau du département d'Informatique, s'avère plus problématique quand celui-ci entreprend de l'étendre à tout l'environnement de l'ENSP.

Références bibliographiques

- [RENAUD 92] P. RENAUD et H. CHEVILLOTTE : Création d'un réseau de communication électronique entre les pays membres de la CORAF, in CARI, Yaoundé, Cameroun, octobre 1992.
- [CHRIST 95] CHRISTIAN Pélissier : UNIX : Utilisation, administration système et réseau, seconde édition, HERMES, 1995.
- [CORNAF 81] CORNAFION : Systèmes informatiques répartis, concepts et techniques, Dunod, 1981.
- [LEVY 95] P. LEVY : L'intelligence collective - Pour une anthropologie du cyberspace, in SVM n° 128, juin 1995
- [IRISA 95] Rapports internes IRISA, Rennes, 1995.

CHAMA : le réseau interuniversitaire marocain

1. PETIT HISTORIQUE

Depuis plus de dix ans, la communauté scientifique marocaine pense à mettre en place une structure de communication qui la mettrait en rapport avec ses homologues aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du Maroc.

Une première tentative à la fin des années 80 visait à mettre en place une liaison avec EARN (European Academic and Research Network). Malheureusement, le manque de moyens financiers des institutions universitaires a fait avorter le projet. Il faut dire qu'à l'époque, un système de communication de données semblait un luxe hors de portée et d'une utilité douteuse pour beaucoup de gens, y compris les enseignants et les chercheurs.

Au début des années 90, Internet s'est définitivement imposé comme la maquette préfigurant ce que seront les autoroutes de l'information de l'avenir. La quasi-totalité des réseaux interuniversitaires s'appuient dessus que ce soit en Europe, aux Etats-Unis ou ailleurs dans le monde. La plupart des réseaux externes à Internet s'y intègrent ou disparaissent. Ainsi, on peut citer le cas d'EARN qui est aujourd'hui totalement intégré à Internet.

Les raisons de ce succès sont multiples :

- indépendance totale vis-à-vis des constructeurs et des éditeurs de logiciels mais aussi des pays ou des ONG ;
- gestion collégiale basée essentiellement sur la bonne volonté des utilisateurs ;

- ensemble de services de base simples et normalisés.

Les défauts d'Internet sont quasiment les mêmes que ses qualités mais vus sous un autre angle :

- une certaine anarchie règne sur le réseau ;
- personne ne peut assurer le bon fonctionnement de l'ensemble ;
- le réseau sera saturé de par sa structuration dans quelques années.

C'est ainsi qu'en 1992, l'École Mohammadia d'Ingénieurs s'est mise à travailler sur la possibilité de connexion à Internet, au moins au niveau de la messagerie électronique.

2. NAISSANCE DE CHAMA

CHAMA est un acronyme pour CHAbakat MAghrib, qui signifie réseau marocain en arabe, mais c'est également un prénom féminin.

Le premier objectif de CHAMA a été de développer une structure au niveau de l'Université marocaine ayant les ressources matérielles et humaines à même de mettre en place un embryon de réseau qui devrait se développer de lui-même par la suite.

En effet, si la recherche dans le domaine des communications de données est relativement développée à l'EMI, le côté purement pratique des connexions, du paramétrage des logiciels, etc. était totalement inconnu. De plus, la volonté de se connecter à Internet étant acquise, comment faire, qui contacter, étaient à l'époque des questions que tous se posaient.

Les relations existant entre l'EMI et l'INRIA ont permis un premier transfert de savoir-faire et d'informations. Ainsi, un service messagerie électronique a été mis en place à partir de juin 1993 grâce à une passerelle avec l'INRIA puis avec une relation de partenariat officiel avec « EUNET », et plus particulièrement sa branche française « EUNET France ».

Physiquement, la liaison était assurée par une simple ligne téléphonique, utilisée deux fois par jour pour communiquer les messages en attente dans les deux sens (Maroc-France et France-Maroc). Ce moyen relativement onéreux était le plus efficace et immédiatement disponible.

Point extrêmement important : en décembre 1993, l'EMI déclare le domaine marocain au niveau d'Internet (le domaine.ma) ce qui permet d'avoir à partir de ce moment-là des adresses purement marocaines pour les échanges de messages.

3. LE DÉVELOPPEMENT DE CHAMA

En janvier 1994 commencent donc les premières connexions d'établissements universitaires avec l'EMI. Ces connexions permettent des échanges de messages entre ces établissements mais également d'envoyer et de recevoir, via la connexion de l'EMI, des messages vers et à partir de l'étranger.

Au même moment, les premiers contacts avec les autres pays du Maghreb sont pris, ce qui permet de faire circuler informations et expérience d'une manière régionale.

Au niveau de l'École Mohammadia d'Ingénieurs, les outils standards d'Internet ont immédiatement été développés de façon à habituer les utilisateurs du Centre de calcul à ces outils quand bien même ils ne seraient pas disponibles sur un réseau international.

C'est ainsi qu'un serveur ftp anonyme contenant logiciels et documentation a été mis en place pour permettre la mise à disposition de tous les éléments de travail indispensables.

Un serveur Web fonctionne également. Il met à la disposition des étudiants et des enseignants des pages d'information sur l'École et ses activités. Certaines bases de données sont accessibles à partir de ce serveur, ainsi une base des chercheurs marocains à l'étranger et une autre à propos des programmes d'enseignement des différents établissements de l'enseignement supérieur sont également disponibles. Les résumés de l'ensemble des projets réalisés à l'École ainsi que des thèses soutenues sont également en ligne.

Une partie de ce serveur est ouverte aux étudiants pour qu'ils puissent eux aussi présenter les informations dont ils disposent à l'ensemble de la communauté universitaire et l'utiliser pour leurs activités extra-éducatives.

Dès sa naissance, CHAMA s'est énormément appuyé sur la volonté des enseignants-chercheurs à le développer et à le gérer au quotidien. Les liaisons se sont donc établies petit à petit, en fonction de l'intérêt de groupes de personnes particulièrement motivées.

On en est ainsi arrivé à une dizaine d'établissements connectés et plus de 200 mes-

sages par jour qui transitaient par l'EMI. Cependant, cette structure simpliste a commencé à s'essouffler.

En effet, de la même manière qu'une motivation peut naître au sein d'une entité, elle peut également disparaître. La pérennité de la communication entre universitaires était donc tributaire de la disponibilité d'une poignée de volontaires. Le développement de CHAMA était donc remis en question, et surtout, il a été impossible de dégager les fonds nécessaires pour remplacer la ligne téléphonique par une liaison spécialisée qui aurait permis d'accéder aux autres services que la messagerie au niveau d'Internet.

Au même moment, un certain nombre d'institutions en dehors de l'Université marocaine ont commencé à s'intéresser de près à Internet et à ses possibilités. Il a donc été décidé d'attaquer le problème sous un autre angle : pousser à la mise en place d'une structure commerciale globale d'Internet au Maroc dont pourraient profiter les universitaires pour se connecter à un prix raisonnable, et parallèlement, faire un battage médiatique autour d'Internet pour qu'un maximum d'institutions et de personnes sachent de quoi il retourne et expriment le vœu de s'y connecter.

4. LES JOURNÉES INTERNET AU MAROC

C'est ainsi qu'en octobre 1994 ont été organisées les premières journées Internet au Maroc dont l'objectif essentiel était de présenter Internet au plus grand nombre et de sensibiliser l'opinion nationale à ce phénomène. Ces journées ont connu une large couverture médiatique et la présence de plus de 200 participants.

Au terme de ces journées, il a été décidé de mettre en place un comité de suivi qui assurerait une continuité à la manifestation. Ce comité, formé essentiellement d'universitaires, a ainsi entamé un certain nombre d'activités telles que la tenue de conférences dans un certain nombre de villes au Maroc et la mise en place des deuxièmes journées Internet au Maroc en novembre 1995.

Les deuxièmes journées, comme les premières, ont été un franc succès (près de 200 participants dont la moitié universitaires, plus de 400 demandes de participation n'ont pu être satisfaites). Il a été décidé de faire de ces deuxièmes journées des ateliers pratiques avec initiation à la manipulation des logiciels d'accès à Internet.

Au terme de ces deuxièmes journées, une association à but non lucratif pour la promotion d'Internet ainsi que pour la formation et l'information aux réseaux de transmission de données a été créée. Cette association se nomme Moroccan Internet Society.

Les premiers effets de ces journées ont été de pousser l'ONPT (les PTT nationaux marocains) à mettre en place aussi rapidement que possible un service Internet national. Ainsi, les responsables de CHAMA ont-ils été mis à contribution pour aider à la définition d'un projet d'implantation d'Internet au Maroc ainsi que pour mettre à la disposition de l'ONPT leur expérience et leur savoir-faire en la matière.

L'ONPT a donc inauguré son service Internet au lendemain des deuxièmes journées Internet au Maroc, service dont les tarifs sont tout à fait abordables. Les moyens d'accès physique à un coût raisonnable sont donc enfin disponibles et utilisables par tous, et en particulier par les universitaires.

5. L'AVENIR

Au niveau universitaire, il faut obtenir maintenant une priorité pour les connexions ainsi que des tarifs préférentiels de manière à démocratiser au maximum cet outil indispensable pour la recherche. Il est également indispensable d'établir des liaisons permanentes entre les différents établissements pour développer la communication nationale autant qu'internationale.

Du point de vue « contenu », il faut absolument développer les bases de données nationales de manière à pouvoir accéder à un maximum d'informations localement. Dans ce sens, les premières expériences sont très encourageantes.

Mais d'une manière générale, il est nécessaire de restructurer CHAMA de manière à le transformer du prestataire de service qu'il était, en organe de réflexion sur le développement de la communication interuniversitaire de manière à organiser et à structurer les échanges entre les établissements universitaires au Maroc.

C'est cette réflexion qu'est en train de mener l'École Mohammadia d'Ingénieurs, en effet, après avoir été un précurseur et avoir montré le chemin d'Internet, elle doit exploiter cet outil au mieux.

Formation, coopération et assistance technique à distance médiatisées¹

RÉSUMÉ

Les Écoles d'ingénieurs ne doivent ménager aucun effort afin de s'impliquer activement dans le développement et l'intégration des technologies novatrices de formation. Ce concept fédérateur représente la symbiose de l'Enseignement assisté par ordinateur (EAO), de la Conception assistée par ordinateur (CAO) et de la Formation à distance (FAD). La mise en œuvre des outils hypermédias interactifs et l'application des stratégies pédagogiques appropriées telles que l'apprentissage constructiviste guidé par la simulation et l'exploration permettent d'atteindre des objectifs mesurables du point de vue de l'amélioration du processus d'apprentissage. Le développement rapide des moyens de télécommunications favorise le partage des ressources entre les institutions de formation et de recherche d'une part, et les industries ou employeurs de l'autre. Cette association s'impose d'elle-même à cause du virage anticipé vers la formation continue, *à la carte* ou *juste à temps* en milieu de travail. Dans cette communication, nous allons, dans un premier temps, exposer le concept de formation et d'assistance technique à distance. Nous allons ensuite mettre en évidence l'indispensable participation, dans un projet commun de recherche-action-formation, de tous les acteurs concernés, notamment les enseignants-chercheurs, les apprenants et les employeurs. Nous présenterons également tous les avantages liés à l'utilisation des environnements flexibles de formation assistée par ordinateur. Ces environnements sont évolutifs de par leur architecture et adaptatifs parce qu'ils tiennent compte des styles cognitifs des usagers. Ce dernier élément justifie la nécessaire contribution de tous les partenaires à tous les niveaux allant de l'identification des besoins à l'administration du système en passant par sa conception, son développement et son implantation. Cette approche doit favoriser l'émergence de produits culturellement adaptés aux besoins des utilisateurs. Un survol de l'apport des concepts empruntés aux sciences humaines et naturelles dans le développement des nouveaux produits d'apprentissage interactifs sera effectué afin

de supporter la dimension culturelle de cette technologie de la formation. Tout ceci nous conduit vers de nouvelles façons d'apprendre, d'enseigner et de travailler et contribue à l'émergence d'un nouveau concept d'écoles sans frontières. Un projet de formation et d'assistance technique à distance dans le domaine de l'énergie soumis à l'Institut d'énergie des pays ayant en commun l'usage du français (IEPF) sera présenté en appui à cette communication.

INTRODUCTION

Dans le contexte complexe de globalisation de l'économie mondiale dont les caractéristiques principales sont fondées sur l'innovation, le savoir et le savoir-faire, les institutions de formation doivent promouvoir une formation de qualité à l'intention d'élèves d'origines et de cultures diverses. Une École d'ingénieurs futuriste doit s'engager à servir, sans discrimination, aussi bien son environnement géographique immédiat que les besoins en matière de formation et de développement d'autres zones qui deviendront les partenaires stratégiques de demain. La relation employeur-employé du futur ne sera plus un employeur/plusieurs employés ; le même employé devra servir plusieurs employeurs qui œuvrent parfois dans des domaines connexes, complémentaires ou totalement disjoints. La pluridisciplinarité ou la capacité du travailleur à accéder à d'autres ressources sera certainement considérée comme un critère de compétence. De plus, comme c'est déjà la tendance dans les institutions de formation, le lieu de travail deviendra progressivement une aire ouverte au monde (Ljutic, 1991 ; Gerber, 1990 ; Kaye, 1986 ; REPARTIR, 1990). Le développement rapide des technologies de télécommunication et leur libéralisation dans plusieurs pays promettent cette transformation.

La diversité grandissante des connaissances rend l'approche traditionnelle de l'enseignement difficile à supporter par une seule institution en termes de coûts et d'expertises requises. Il n'est donc pas possible d'offrir une formation initiale à *la carte* comprenant de nombreux programmes spécialisés. Il faudrait alors penser à former des diplômés capables de s'adapter dans des milieux de travail où la capacité d'apprendre rapidement par soi-même constitue de loin la première qualité attendue par un employeur.

Le développement des technologies de l'information nous offre de nouvelles perspectives afin de changer nos façons d'enseigner (Wenger, 1987 ; Depover, 1987 ; Barfurth, 1991), d'apprendre (Chomienne, 1987) et de travailler (Puterbaugh, 1989). Ces technologies ont déjà un impact indéniable sur la structuration du contenu des enseignements dispensés par les institutions de formation.

Le concept de l'humain en situation d'*apprentissage continu* étant de plus en plus

accepté par toutes les sociétés du monde, la mise en place de programmes de formation à distance conjoints constitue l'une des avenues à explorer. La participation effective de tous : les apprenants, les industries, les entreprises, les écoles et les gouvernements dans un processus de recherche-action est indispensable pour atteindre les exigences du nouvel ordre de la formation. A cet effet, il faudrait établir un modèle de partenariat actif entre institutions nationales et institutions étrangères. Le réseau ainsi constitué servirait d'épine dorsale nécessaire pour une collaboration effective validée par la mise en place de programmes académiques et de recherche conjoints.

Une telle collaboration et une coopération effective sont possibles dans la mesure où :

1) Les institutions de formation, surtout celles des pays industrialisés, concrétisent leur appellation d'*écoles sans frontières* en proposant des programmes qui, grâce à des protocoles d'entente inter-établissements, permettent la mobilité des élèves et des formateurs ainsi que le partage des ressources tant académiques que didactiques.

2) Les secteurs industriels du Nord, par un mécanisme de partenariat stratégique et, conscients des enjeux de la nouvelle ère technologique, contribuent à la formation dans les pays les moins nantis. Ces pays ne seraient plus considérés comme des consommateurs ou des fournisseurs de matières premières mais plutôt comme des collaborateurs potentiels dans le marché de l'industrie de la connaissance qui représente maintenant la base de tout développement.

1. CONCEPT DE FORMATION ET D'ASSISTANCE TECHNIQUE À DISTANCE

1. 1 Le concept de la formation à distance

La formation à distance s'applique dans un contexte où les apprenants et les formateurs effectuent des tâches respectives, séparément, tout en restant en contact selon divers moyens (Meunier, 1991). L'idée d'intégrer les ressources disponibles sur les réseaux informatiques dans le processus change de manière substantielle la définition traditionnelle qui considère deux pôles : celui des formateurs et celui des apprenants. Les mécanismes modernes utilisant les ressources informatiques mettent en œuvre un système de formation à distance ouvert qui crée une dynamique évolutive du groupe en situation d'apprentissage. Le ou les formateurs deviennent alors des animateurs, des modérateurs, ou des facilitateurs qui, tout en participant activement à la résolution des problèmes, gèrent subtilement le mécanisme pour s'assurer de la présence des sept principes de base qui garantissent le succès d'un programme de formation à distance (Dalceggio, 1990) :

1) l'activité et la dynamique des apprenants ; 2) l'intégration de la pratique et de

l'expérimentation ; 3) les feed-back ou rétroaction ; 4) l'identification des objectifs à atteindre ; 5) l'utilisation des principes pédagogiques de l'apprentissage graduel ; 6) la prise en compte des aspects cognitifs et affectifs qui, du reste, sont étroitement liés ; 7) l'utilisation des approches multisensorielles interactives.

Considérant le cas de la formation de techniciens et d'ingénieurs, qui sont déjà familiarisés avec l'outil informatique, et considérant le développement fulgurant des ressources télématiques, la viabilité d'un programme de formation et d'assistance technique médiatisée à distance n'est plus à démontrer. Le succès du concept repose essentiellement sur les principes de partage des ressources et la coopération-participative des individus. La figure 1 donne une image globale de ce concept.

1.2 L'assistance technique et la formation

1.2.1 Le passé et le présent

Il ne sera pas question dans cette communication de faire le procès de l'assistance technique telle que pratiquée jusque-là au niveau de l'éducation et de la formation. Nous allons tout simplement rappeler que le principe fondamental était, à l'origine, basé sur les vestiges de la colonisation. L'assistance technique, symbolisée par l'aide apportée aux pays moins nantis par les pays industrialisés, était unidirectionnelle du Nord vers le Sud. Elle se caractérisait par la substitution du personnel local par des expatriés qui étaient parfois des spécialistes du domaine ou en étaient à leurs premières armes. Une infime partie du personnel local a pu recevoir des formations dans les métropoles. Ces formations, bien que souvent d'un haut niveau de qualité, ne peuvent être transférées dans les pays en développement pour des raisons que nous n'évoquerons pas dans cette communication faute d'espace. Une autre caractéristique non moins importante est celle de l'aide en équipements qui, liée par des considérations politiques, ne répond pas, la plupart du temps, à de nombreux facteurs locaux.

1.2.2 Le futur

Un bassin de compétences et de connaissances existe maintenant au Sud. Une collaboration bidirectionnelle est plus que nécessaire pour répondre aux besoins de tous et ainsi gagner le pari du *village global* que nous promettent les moyens de télécommunications. La suite de cette communication nous en dira un peu plus sur cette perspective futuriste.

1.3 Le système électronique de support à la performance

Le concept de Formation et d'assistance technique à distance médiatisées (FATDM) se

définit de la façon suivante : un environnement électronique fédérateur disponible et facilement accessible par chaque utilisateur pendant l'exécution de sa tâche (Puterbaugh, 1989). Cet outil est configuré pour permettre l'accès à l'espace cybernétique. Le concept combine diverses technologies, incluant la formation par ordinateur, l'intelligence artificielle, les systèmes à base de connaissances, les hypertextes et les hypermédias, des outils conventionnels de base de données ainsi que diverses technologies de communication. Toutes ces ressources sont intégrées par le biais de stations de travail très conviviales centrées sur l'utilisateur. Ces plates-formes décentralisées, grâce à leur haut niveau d'interactivité, permettraient un dialogue avec l'utilisateur et favoriseraient une expression des besoins et une aide à la structuration des requêtes (Vidal, 1989). En plus de servir de support à la performance des usagers, les postes de travail sont des outils de formation sur le lieu de travail tel que prôné par les ténors des technologies de la formation (Gerber, 1990). Nous savons tous également, comme le dit Puterbaugh (1989), que seulement une partie des enseignements reçus est effectivement assimilée ; l'oubli constitue un facteur humain souvent lié au temps, il symbolise la faculté d'apprendre. L'approche de l'Intelligence artificielle distribuée (IAD) (Erceau et Ferber, 1991) couplée à la simulation contribue d'une manière significative à gérer le concept proposé. En outre, du point de vue pédagogique, de nombreux outils de développement et d'évaluation de logiciels de formation existent.

1.4 Une approche souple et évolutive pour la mise en place du système

Une approche flexible et évolutive doit être adoptée pour atteindre les objectifs d'apprentissage. Plusieurs raisons militent en faveur d'un tel choix. En effet, les nombreuses expériences de création de matériel de formation à distance montrent de façon générale que les projets réussis ont été ceux qui ont le plus respecté les besoins exprimés par les utilisateurs. Adopter *a priori* un ou des modèles d'enseignement dans des contextes culturels et géographiques très variés nous semble inapproprié. Une approche par étapes et l'établissement de procédures systématiques d'évaluation et de feed-back sont nécessaires pour atteindre effectivement le but du concept.

La mise au point d'une formule d'encadrement adéquate que requiert tout système de formation à distance fait l'objet d'une attention particulière lors du design. L'idée d'un « tuteur distribué » est la clé maîtresse de la problématique de formation d'un groupe séparé par une distance temporelle et spatiale. Le système de tutorat distribué est constitué, d'une part, par l'expert ou par le groupe d'experts humains du domaine et, d'autre part, par le système à base de connaissances intégré à l'environnement informatique local.

Les moyens technopédagogiques modernes (Merril, 1991) repoussent les limites de la formation.

L'analyse des échanges entre les utilisateurs permet une mise à jour des bases de connaissances pour pallier le caractère jugé immuable du contenu des cours généralement développés. Les messageries électroniques, les groupes de discussions, les ressources W3, les mécanismes de transfert de fichiers que nous offrent les réseaux, ainsi que les plates-formes informatiques dédiées, favorisent l'interactivité entre les utilisateurs d'une part et entre les utilisateurs et les « tuteurs » d'autre part. Les tuteurs dans ce cas sont symbolisés par les « maîtres de poste » et les « modérateurs » des groupes de discussions. L'utilisateur ne se contente plus uniquement de recevoir et d'assimiler un contenu et l'enseignant de le transmettre ; tous participent à une dynamique stimulée par une stratégie pédagogique évolutive du système de formation.

2. LA DIMENSION CULTURELLE

2.1 L'apport des concepts empruntés aux sciences humaines et naturelles

La *neuroscience* mobilise de nombreux chercheurs à l'heure actuelle. Les uns s'activent pour percer le mystère du cerveau et les autres pour poser les jalons vers la voie des ordinateurs du futur qui eux, toujours plus vite, seraient capables d'apprendre par les exemples ou par l'expérience. La base fondamentale de cette nouvelle branche repose sur le *connexionisme*. En effet, depuis fort longtemps, psychologues et biologistes pensent que l'apprentissage se réalise par des liens qui se forment au niveau des neurones biologiques suite à la réception de messages sensoriels (Pavlov, 1927). Grâce à la fusion des mathématiques, de l'informatique et de l'électronique, on a contribué à rendre effective l'exploitation du concept de connexionisme. Les *réseaux de neurones artificiels* offrent déjà de nombreuses applications industrielles très prometteuses.

Il n'est pas possible dans cette communication de développer toute la portée des changements que nous imposent les résultats des recherches qui sont déjà utilisés dans le domaine de l'intelligence artificielle. Il est également difficile de mesurer le rayonnement de leur avènement. Nous pouvons néanmoins constater, par l'examen des domaines couverts par cette science, le rétrécissement du fossé entre les sciences dites exactes et les sciences humaines. Les réseaux de neurones artificiels peuvent être maillés pour simuler le raisonnement humain ou le comportement des organisations telles que la coopération, la collaboration ou la compétition pour la résolution de problèmes.

Les algorithmes génétiques, quant à eux, composent une famille très intéressante d'algorithmes d'optimisation. Le concept repose sur le principe de l'évolution des espèces par le mécanisme de la sélection naturelle de Darwin. Cette intéressante analogie de la survie du plus fort est exploitée dans de nombreux domaines de l'ingénierie. Les quatre étapes de la mise en œuvre des algorithmes génétiques standards sont la sélection, la reproduction, l'évaluation et le *remplacement*. Une population initiale d'in-

dividus est générée dans un premier temps et le mécanisme d'évaluation permet d'affecter un coût à chacun d'eux. La sélection utilise le principe : « meilleur est le coût d'un individu, plus sa probabilité de sélection est grande ». Un individu représente une solution au problème. Dans un deuxième temps, un processus itératif passant séquentiellement par les quatre étapes permet à l'algorithme de converger vers la « bonne » solution. L'application d'opérateurs génétiques (*croisement et mutation*) sur les individus dans la phase dite de reproduction permet d'en générer de nouveaux.

2.2 Culture et environnement informatiques

Il est très ambitieux de traiter ce sujet dans un espace aussi réduit que celui de cette communication ; Bureau et de Saivre ont présenté de nombreux exemples dans leur ouvrage (1986). Notre but est tout simplement d'attirer l'attention, une fois de plus, sur le fait que la participation et la collaboration de tous sont plus que nécessaires pour atteindre les exigences d'environnements adaptatifs interactifs d'apprentissage et de travail futuristes. Ceux-ci doivent être rapides et devraient intégrer des interfaces homme-machines appropriées afin de satisfaire les besoins pédagogiques de convivialité et d'interactivité. Ils tiennent compte à la fois de l'ergonomie cognitive du système, des modes de représentation des objets et des concepts, des stratégies de résolution des problèmes ainsi que de l'utilisation des codes iconiques et pictographiques orientés vers le langage naturel. Ces paramètres, comme il est aisé d'en convenir, sont intimement liés à la culture.

Afin de combler les limites des ordinateurs actuels, ces exigences conduisent irrémédiablement à l'utilisation des techniques combinant la neurologique, l'intelligence artificielle et les systèmes à base de connaissances, la logique floue, etc. Les fondements scientifiques de ces techniques qui étaient il n'y a pas si longtemps controversés, se trouvent maintenant réhabilités par la force des choses.

3. LA PARTICIPATION

La mise en place d'un programme de formation à distance médiatisée ne peut se concevoir sans la participation effective de tous les acteurs concernés qui sont, en premier lieu, les élèves ou les apprenants. Viennent ensuite les employeurs, les enseignants-chercheurs, les entreprises du secteur public ou privé nationales et internationales et les gouvernements des pays concernés. Une démarche anthropopédagogique planifiée et vécue ou recherche-action-formation intégrale (Morin, 1992) qui favorise le maximum d'implication à tous les niveaux, devrait conduire à la formation ou au recyclage de techniciens et d'ingénieurs qualifiés prêts à affronter la mouvance socio-technologique perpétuelle. Cette approche, qui associe la stratégie pédagogique d'*apprendre en faisant* apparentée à l'enseignement par projet, est du reste appropriée dans le cadre de la formation des ingénieurs.

« Tout problème qui nécessite une participation humaine de plusieurs individus pour un changement a de grosses chances de nécessiter une recherche action co-opérative particulièrement dans les sphères de l'éducation, du travail social et de la gestion participative. » (Morin, 1992).

4. LE PARTAGE DES RESSOURCES ET DES COMPÉTENCES

Les ressources

Les ressources peuvent être de natures diverses ; la forme et le mode de délivrance revêtent une grande importance. Elles peuvent être constituées de : notes de cours, fascicules de travaux pratiques, catalogues, nomenclatures de composants, cartes, plans, dessins ou schémas, codes ou programmes informatiques, données climatiques, données financières sur les entreprises, publications, travaux, rapports de recherche, projets des étudiants, etc. En outre, des ententes peuvent être conclues afin de permettre l'accès à distance aux machines informatiques plus performantes ou à celles qui hébergent des programmes informatiques spécifiques.

Les compétences

Le moule scientifique est la base universelle qui permet à tous les participants de collaborer et de coopérer.

5. LE PROJET FATDM EN ÉNERGIE PROPOSÉ À L'IEPF

Motivation

En réponse à l'invitation de l'IEPF, le groupe VDAI, dont je faisais partie, a présenté, le 25 juin 1992, à l'ensemble des membres de l'Institut son concept de FATDM (Formation et assistance technique à distance médiatisées).

But et objectifs de l'étude de faisabilité

Le **but** de l'étude était de décrire précisément les conditions de mise en œuvre d'un programme de FAO et d'appui technique à distance par l'IEPF et de préparer les termes de référence du projet pilote qui constitue la seconde phase de l'implantation du programme.

Les **objectifs** de l'étude consistaient à valider les hypothèses suivantes :

- La FAO répond aux besoins et aux attentes de diverses catégories de clientèles des

organismes actuellement bénéficiaires des interventions de l'Institut.

- L'environnement technique des pays membres de la Francophonie peut recevoir les diverses technologies liées au projet .
- Les conditions techniques des systèmes de communications internationales des pays membres sont adaptées au système de messageries électroniques envisagé par le projet .
- Les aspects techniques suivants auront été précisés :
 - La méthode de design pédagogique est effectivement opérationnelle ;
 - Les partenaires pour la production de logiciels sont identifiée ;
 - Les fournisseurs potentiels d'équipements, leurs produits et leurs coûts sont répertoriés.

Contexte et stratégie pédagogique

Notre préoccupation dans le cadre de ce projet étant d'étudier le processus d'apprentissage, d'acquisition de connaissances, d'interaction et d'appropriation dans un environnement pédagogique informatisé, les stratégies et techniques pédagogiques ouvertes que nous allons favoriser sont l'exploration et la découverte guidée ainsi que la simulation. Le contexte de cette expérience, l'objet de l'exercice (formation d'un comité de gestion de l'énergie) et la caractéristique du public visé nous dictent sans équivoque un modèle participatif de formation (Morin, 1992).

Outils et ressources

Chaque participant aura à sa disposition un poste intégré de travail-formation doté d'un logiciel, un manuel de l'utilisateur et des guides d'activités. La mise en œuvre de la méthodologie permettra de recueillir une multitude d'informations sur la facilitation ou l'animation, l'environnement et les ressources, l'apprentissage, les plénières, les études de cas et les simulations.

Évaluation des résultats

L'évaluation de cette expérience sera basée sur une double triangulation :

- Plusieurs sources de données sont exploitées :

Les traces constituées par les dossiers informatisés créés pendant les sessions d'exploration découverte permettraient de reconstituer les profils d'apprentissage individuels et ceux des groupes.

L'observation participante, qui est une des activités les plus importantes de la recherche qualitative, permet de noter les comportements et les différentes interactions pendant les études de cas ou au cours des simulations.

Une évaluation du projet sera faite par chaque participant à partir d'une grille qui lui sera proposée ; cette activité permettra d'apprécier la qualité des produits et également de recueillir toutes les suggestions et remarques des utilisateurs.

- Les stratégies de formation sont variées :

Une pédagogie ouverte basée sur l'exploration et la découverte ainsi que la simulation.

6. LE COURS DE L'UNIVERSITÉ MCGILL SUR « LES SYSTÈMES EXPERTS ET CONCEPTION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR EN GÉNIE ÉLECTRIQUE »

Dans cette section, pour fixer les idées, nous présentons très brièvement la conduite du cours de système experts et de conception assistée par ordinateur à laquelle je participe en tant qu'assistant aux enseignements.

Le public apprenant : Etudiants de grade supérieur en génie électrique, informatique et biomédical inscrits à temps plein ou à temps partiel (travailleurs) ; groupe multiculturel d'anglophones et de francophones composé d'Asiatiques, de Français, d'Africains, etc.

Objectifs d'apprentissage:

En deux volets :

1. Acquisition de connaissances procédurales pour la résolution de problèmes de conception par la mise en œuvre de systèmes à base de connaissances.
2. Expérimentation de l'interaction sociale et des relations interpersonnelles dans les équipes ainsi formées.

Mode du cours : Cours bimodal : enseignements magistraux et assistance à distance par le réseau informatique.

Ressources pédagogiques : Notes de cours (document papier).

Ressources informatiques

- Disquettes contenant le manuel de l'utilisateur et le manuel de référence de la coquille de systèmes experts ;
- Numéro de courrier électronique de chaque étudiant, du professeur et de son assistant ;
- Informations sur le système *gopher*
 1. Syllabus du cours
 2. Notes de cours
 3. Guide de présentation des travaux
 4. Autres messages

Stratégies pédagogiques : Jeux de rôle, simulations et enseignements directifs.

Activités : a) Travaux informatiques individuels ; b) Projet de conception en génie électrique : simulation d'un projet en équipes pluridisciplinaires (ou plutôt spécialisées) composées de clients, d'utilisateurs, de programmeurs-analystes.

Evaluation : Les programmes informatiques soumis par les étudiants sont testés par l'assistant à l'enseignement ; l'étudiant peut, en différé, communiquer avec ce dernier soit par courrier électronique ou par IRC sur rendez-vous électronique. Le cahier de charges est présenté en plénière par chaque équipe. La copie finale est transmise au professeur et à l'assistant. L'équipe des programmeurs-analystes et les évaluateurs présentent en plénière le produit final simulé par ordinateur.

Observations sur l'utilisation du médium informatique

L'utilisation du courrier électronique permet aux étudiants de développer leur style de communication. Comme il doit écrire sa requête en peu de mots, l'étudiant doit faire l'effort afin de structurer sa pensée. Le mode asynchrone d'interaction permet d'assouplir les contraintes géographiques imposées aux élèves et aux enseignants par le système traditionnel. En effet, le professeur peut librement assister à des conférences à l'étranger ou participer à des enseignements ailleurs tout en gardant le contact avec ses étudiants. Ces derniers quant à eux peuvent travailler à temps partiel en parallèle ou effectuer des stages pratiques industriels à l'extérieur de la ville. Le professeur ou l'assistant peut prendre le temps de consulter ses ressources pédagogiques avant de donner une réponse concise et personnalisée à une requête parvenue par le courrier électronique. L'évaluation des travaux est plus rapide ; dans ce cas précis du cours de

Conception assistée par ordinateur, les codes informatiques transmis par courrier électronique sont directement testés dès leur réception. Du point de vue interaction sociale, nous voyons apparaître des leaders à travers les messages qui sont transmis. Il y a auto-crédation d'un mini-groupe de discussions sur le réseau. On peut également observer la naissance d'une approche d'apprentissage collectif. La mise en œuvre demande une bonne préparation pour donner les feed-backs immédiatement afin de garder le dynamisme du groupe.

7. PISTES DE RECHERCHE-ACTION-FORMATION

Plusieurs pistes de concertations sont possibles pour la mise en œuvre de la collaboration active que nous voulons voir naître. Citons-en brièvement quelques-unes ci-dessous.

Sciences de l'éducation et technologies de la formation

- Conceptions pédagogiques pour produire, utiliser, évaluer ou adapter des environnements pédagogiques favorisant l'interactivité tels que ceux relatifs aux didacticiels et à la mise en œuvre des ressources disponibles dans les réseaux informatiques.

Sciences sociales et humaines et linguistique

- Analyse des comportements de groupes délocalisés de diverses cultures en interaction en mode synchrone ou asynchrone.
- Conception des interfaces cognitifs usagers flexibles et adaptables qui respectent le modèle de l'apprenant (Clancey, 1986).
- La voix étant l'un des premiers médias de communication, les recherches sur l'interprétation du langage naturel et la traduction assistée par ordinateur offrent une perspective prometteuse pour les interfaces humain-ordinateur.

Génie électrique, informatique et mécanique

La maîtrise des technologies appliquées intégrant les télécommunications, l'informatique, l'électronique et l'automatique a permis l'émergence de nouveaux créneaux tels que la *robotique* et la *mécanotronique* qui favorisent les tâches de télé-maintenance, télé-contrôle, télé-enseignement, télé-médecine, télé-travail, etc. Le *Cybermonde* virtuel créé par le développement fulgurant des réseaux informatiques a favorisé l'avènement de l'instrumentation virtuelle. Cette approche permet de pallier

l'absence, dans les institutions de formation, d'appareils et d'instruments industriels trop onéreux à acquérir, en simulant des démonstrations ou des séances de travaux pratiques indispensables à toute formation technique.

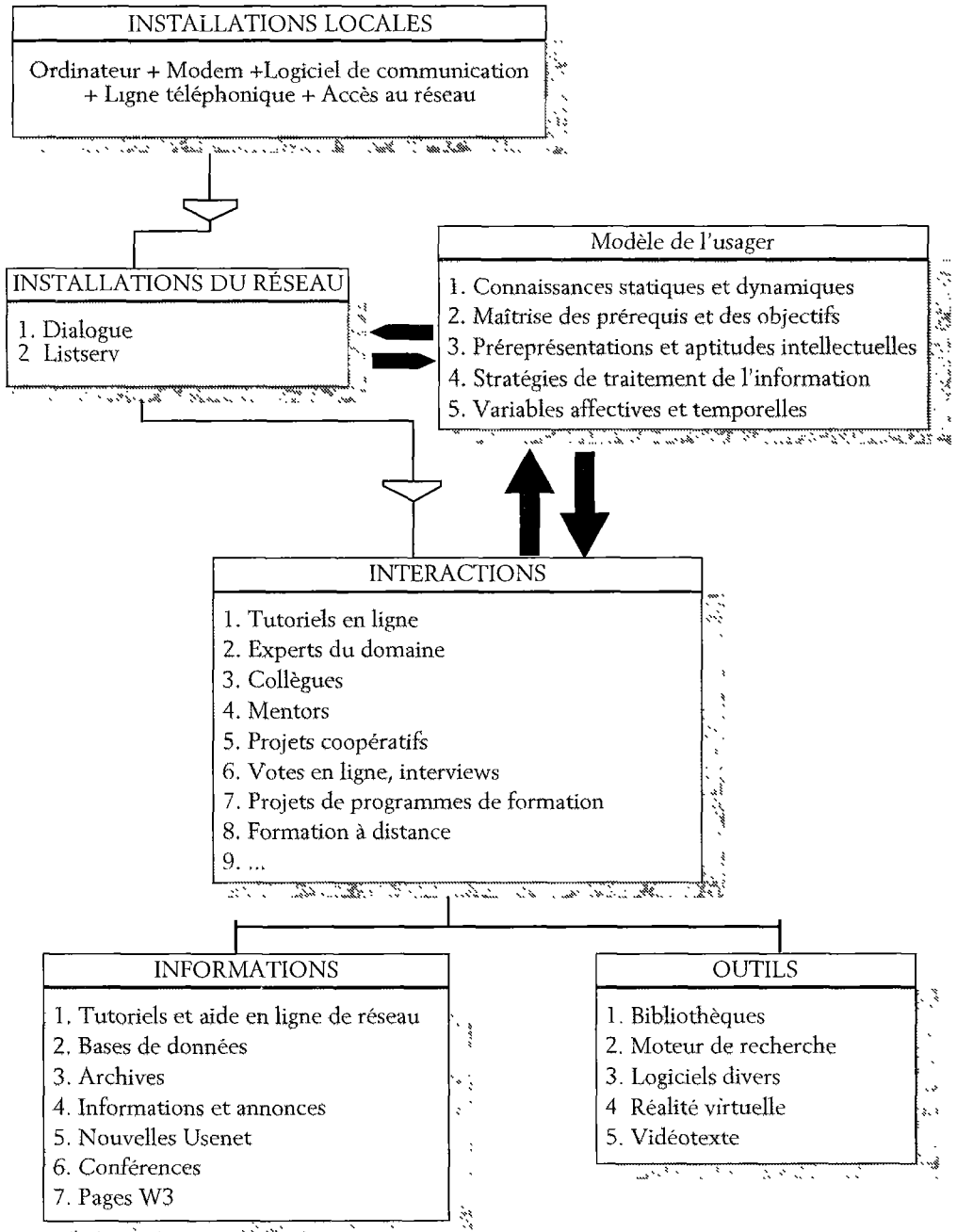
Pour répondre à l'émergence des nouvelles technologies de la formation, les programmes en génie électrique, informatique et mécanique dans les Écoles d'ingénieurs futuristes doivent mettre l'accent sur :

- Le développement de cours sur les interfaces de mesures et d'acquisition de données, sur les capteurs et les actionneurs. L'émergence des nouveaux genres de produits et d'équipements industriels accessibles à distance par les liens de télécommunication favorise en effet la télé-maintenance et le télé-contrôle (Beaulieu, 1995).
- L'informatique industrielle axée sur la programmation des interfaces de communication intégrant les systèmes experts, les réseaux neuronaux et la logique floue.
- Les systèmes auteurs appropriés pour la génération de ressources pédagogiques sur le W3 aideraient à la réalisation d'environnements interactifs de qualité (Nkambou, 1995).

8. CONCLUSION

L'émergence rapide des nouvelles technologies remet en question aussi bien les méthodes d'enseignement que les contenus des cours dispensés dans les Écoles d'ingénieurs et de techniciens. Pour relever le défi, la collaboration et le partage des ressources sont plus que nécessaires. Aucune institution ne peut acquérir tous les équipements et tous les instruments industriels requis pour former ses élèves. Les enseignants, quant à eux, ne peuvent isolément supporter aussi bien l'énorme quantité de matières à enseigner que le rythme du développement technologique qui requiert des mises à jour fréquentes des notes de cours. Un des objectifs généraux sera de former des techniciens et des ingénieurs ayant une « vue d'ensemble », capables d'apprendre par eux-mêmes tout le long de leur carrière. Il faudrait dans ce cas innover dans le domaine de la formation continue sur le lieu de travail.

Figure 1



Références bibliographiques

- ADAMS D. et CARLSON H. (1991). Cooperative learning and educational media ; collaborating with technology and education. Educational technology publication.
- BARFURTH, M.A., WINER, L. R. (1991). Des outils de recherche qualitative dans les environnements pédagogiques informatisés in *La technologie éducative à la croisée des disciplines*, CIPTE, 1991.
- BEAULIEU, Alain (1995). Maintenance d'avion à distance, Direction informatique, octobre 1995, p. 3.
- BUREAU, R. et De SAIVRE, D. (1986). Apprentissage et cultures : les manières d'apprendre (colloque Cerisy), Karthala.
- CHOMIENNE, M. (1987). L'enracinement des applications pédagogiques de l'ordinateur : une étude de cas dans la région de Montréal, Thèse de M. Chomienne, Université Concordia.
- CLANCEY, W. J. (1986). Qualitative student models. Traub, J. E. (Ed) *Annual Reviews of Computer Science*, vol. n° 1, pp. 381-450. Annual Review, Inc., Palo Alto, California.
- DALCEGGIO, Pierre (1990). La formation à distance, Service Pédagogique, Université de Montréal.
- DEPOVER C. (1987). L'ordinateur média d'enseignement. Bruxelles, de Boek, Université.
- ERCEAU J. et FERBER J. (1991). L'intelligence artificielle distribuée ; *La Recherche* n° 233, juin 1991, vol. 22, pp. 750-758.
- GERBER, B. (1990). Goodbye classrooms (redux) ; Training, Jan 1990.
- Groupe REPARTIR (1990). L'école de demain et les nouvelles technologies de l'information, Québec.
- KAYE, T. (1986). La télématique comme outil de communication en formation à distance, le Bulletin de l'IDATE, printemps 1986.
- LINDSAY, P.H. et NORMAND, D.A. (1980). Traitement de l'information et com-

portement humain : une introduction à la psychologie, Éditions Études Vivantes Ltée.

LJUTIC, A. (1991). Promising the earth as classroom : Telecomputing in the schools, Presented at The Canadian Learned Societies ; Canadian Communication Association Annual Conference, Queen's University Kingston, May 31, 1991.

MERRILL, D. et autres (1991). Instructional Transaction Theory : an Introduction ; Educational Technology June 1991, pp. 7-11.

MEUNIER, C. (1991). Les médias et leur efficacité dans les systèmes de formation à distance au Québec : une proposition d'analyse fondée sur les systèmes symboliques et les modes de présentation. Rapport de recherche.

MORIN, A. (1992). Recherche-action intégrale et participation coopérative, volumes 1 et 2, André Morin, Université de Montréal.

NKAMBOU, R., GAUTHIER, G., MAJDA, E. (1995). Génération de ressources pédagogiques sur le WWW destinées à un système tutoriel intelligent : application à l'enseignement du code routier québécois, Troisième Journée internationale sur l'hypermédia et l'apprentissage, France.

O'SHEA, T. et SELF, J. (1983). Learning and teaching with computers. Harvester.

PAVLOV, I. (1927). Conditioned Reflexes : An Investigation of Physiological Activity of the Cerebral Cortex, tran. G.V. Anrep. London and New York : Oxford University Press.

PUTERBAUGH, G et al (1989). Performance Support Tools : a Step Beyond Training ; Performance & Instruction, Nov-Dec 1989.

VIDAL, M. (1989). Interactivité et enseignement : utilisation du vidéodisque dans un contexte multimédia. Actes du séminaire sur l'intégration de la micro-informatique à la formation technique et professionnelle. Québec, 18-29 septembre 1989, tome 2, pp. 105-114.

WENGER, E. (1987). Artificial Intelligence and tutoring systems ; computational and cognitive approaches to the communication of knowledge ; Morgan Kaufmann.

1. Cette recherche a bénéficié d'un financement de l'Agence canadienne de développement international (ACDI).