

**DIFFUSION GENERALE**

**OCDE/GD(94)105**

**COMITÉ DE LA POLITIQUE DE L'INFORMATION, DE L'INFORMATIQUE  
ET DES COMMUNICATIONS**

**PROGRAMMES R-D NATIONAUX CONCERNANT LES NOUVEAUX RÉSEAUX  
INFORMATIQUES ET DE COMMUNICATION ET LEURS APPLICATIONS**

**ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES**

**Paris 1994**

**DOCUMENT COMPLET DISPONIBLE SUR OLIS DANS SON FORMAT D'ORIGINE**

## Avant-propos

Dans le cadre du Programme des travaux 1992-1993, le Comité de la politique de l'information, de l'informatique et des communications (PIIC) a conduit une étude sur les tendances des développements de réseaux informatiques et de communication évolués et des applications dans les trois régions faisant partie de l'OCDE : l'Europe, l'Amérique du Nord et le Pacifique. Il traite en particulier des politiques des pouvoirs publics et des initiatives correspondantes dans le domaine des réseaux informatiques et de communication à hautes performances et de leurs applications.

Le présent rapport décrit les résultats des visites in situ et passe en revue les grands programmes de R-D nationaux de développement des réseaux informatiques et de communication évolués et de leurs applications. Il présente une analyse comparative de l'état de l'art et des tendances de l'informatique et des communications à hautes performances observées dans les pays concernés reflétant la situation à compter de la fin de l'exercice 1993.

En outre, il présente un certain nombre de recommandations ainsi qu'une liste sélective définissant des sujets de recherche afin de permettre un contrôle plus continu des développements de l'informatique et des communications à hautes performances et de ses éléments moteurs.

Au cours des réunions, tenus respectivement les 18-19 et 20-22 octobre 1993, le Groupe d'experts sur les implications économiques des technologies de l'information et le Comité de la politique de l'information, de l'informatique et des communications ont discuté ce rapport et recommandé sa mise en diffusion générale. Le Comité considèrera la question de sa mise à jour et de la poursuite des travaux en 1995.

**Copyright OCDE, 1994**

**Les demandes de reproduction ou de traduction totales ou partielles doivent être adressées à :  
M. le Chef du Service des Publications, OCDE, 2 rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.**

## Table de matières

Page

<b>SECTION 1. RÉSUMÉ DU RAPPORT ET CONCLUSIONS</b> .....	7
Chapitre 1. Objectifs du Projet et Réalisation de l'Etude .....	7
1.1 Contexte du projet .....	7
1.2 Pertinence de la stratégie HPCC pour les pays de l'OCDE .....	8
1.3 Réalisation de l'étude et sites visités .....	8
Chapitre 2. HPCC : Ce que c'est et pourquoi c'est nécessaire ? .....	9
2.1 Information : une ressource stratégique dans le nouveau contexte économique .....	9
2.2 Les applications HPCC et leur potentiel économique .....	10
2.3 Le rôle stratégique des HPCC .....	14
2.4 Les contraintes économiques et technologiques .....	15
Chapitre 3. Résultats de l'Etude et Conclusions .....	17
3.1 Les nouvelles infrastructures de l'information .....	17
3.2 Des super-ordinateurs aux réseaux HPCC .....	17
3.3 Les communications à hautes performances .....	18
3.4 Une comparaison internationale des tendances nouvelles .....	19
3.4.1 Japon .....	19
3.4.2 Etats-Unis .....	20
3.4.3 Europe .....	21
3.5 Les enjeux économiques et technologiques .....	24
3.5.1 Enjeux économiques .....	24
3.5.2 Enjeux technologiques .....	25
3.6 Les stratégies des pouvoirs publics et les programmes HPCC .....	26
3.6.1 Etats-Unis .....	27
3.6.2 Japon .....	27
3.6.3 Europe .....	28
3.6.4 Observations comparatives de conclusion .....	29
3.7 Conclusions et implications sur des études HPCC ultérieures .....	31
3.7.1 Liaisons entre les nouveaux bancs d'essai HPCC .....	32
3.7.2 Directives de recherche pour des études HPCC ultérieures .....	33
Chapitre 4. Un Projet de Calendrier International de la Recherche HPCC .....	35
4.1 Le rapport coût/performances des réseaux .....	36
4.2 Les tendances technologiques : coût et fonctionnalités .....	36
4.3 La dimension économique de la demande en nouvelles applications .....	36
4.4 Les impacts économiques des applications .....	37

4.4.1	La productivité . . . . .	37
4.4.2	L'organisation industrielle -- L'accès à l'information et la concurrence . . . . .	37
4.5	La connectivité internationale . . . . .	38
4.6	Questions de stratégie sociale et politique . . . . .	38
4.6.1	La liberté d'expression . . . . .	38
4.6.2	La vie privée . . . . .	38
4.6.3	La sécurité . . . . .	39
4.6.4	La propriété intellectuelle . . . . .	39
4.6.5	L'accès . . . . .	39
4.6.6	L'archivage . . . . .	40
<b>SECTION 2.</b>	<b>RAPPORT D'ENSEMBLE SUR HPCC . . . . .</b>	<b>41</b>
Chapître 5.	Analyse des différents projets nationaux relatifs à l'Etat de l'Art des Développement et des Applications HPCCI . . . . .	41
5.1	Tendances de l'évolution de l'informatique à haute performance . . . . .	41
5.1.1	Introduction . . . . .	41
5.1.2	Historique technique . . . . .	41
5.1.3	Les Grands Défis . . . . .	42
5.1.4	Le Programme HPCC aux Etats-Unis . . . . .	43
5.1.5	HPCC en Europe . . . . .	44
5.1.6	L'informatique à hautes performances (HPC) dans les régions de l'Asie du Pacifique . . . . .	45
5.1.7	Les implications des programmes HPCC . . . . .	47
5.2	Tendances des communications à hautes performances, des interconnexions entre les ordinateurs et leurs applications . . . . .	47
5.2.1	Communications à haute performance . . . . .	47
5.3	Comparaison internationale des tendances nouvelles . . . . .	49
5.3.1	Japon . . . . .	49
5.3.2	Etats-Unis . . . . .	50
5.3.3	Europe . . . . .	51
Chapître 6.	Rapports par Pays et par Région des Visites des Sites HPCC et Rapports concernant les Programmes Nationaux R-D relatifs à HPCC . . . . .	55
6.1	L'informatique et les communications à hautes performances au Japon . . . . .	55
6.1.1	Introduction . . . . .	55
6.1.2	Politiques gouvernementales . . . . .	56
6.1.2.1	Ministère des Postes et des Télécommunications (MPT) . . . . .	56
6.1.2.2	Ministère du Commerce International et de l'Industrie (MITI) . . . . .	58
6.1.2.3	Ministère de l'Education, des Sciences et de la Culture (MESC) . . . . .	60

	<i>Page</i>
6.1.3 Programmes et projets de R-D .....	61
6.1.3.1 Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT) .....	61
6.1.3.2 Le programme "Real World Computing" (MITI) .....	63
6.1.3.3 Structure du programme RWC .....	64
6.1.3.4 Projet relatif à la cinquième générations des systèmes informatiques (MITI) .....	65
6.1.3.5 Le nouveau programme relatif au développement du réseau de recherche universitaire .....	69
6.2 L'informatique à hautes performances et les communications aux Etats-Unis .....	70
6.2.1 Introduction : les bases et l'object du projet de l'OCDE .....	70
6.2.2 Les visites chez Bellcore .....	71
6.2.3 Les laboratoires AT&T Bell (Division de la Recherche sur les Sciences Informatiques) .....	73
6.2.4 Conclusions .....	74
6.2.5 Conférence HPCC .....	74
6.2.6 Cinq bancs d'essai GIGABIT .....	77
6.2.7 Cornell University .....	84
6.2.8 Visite du centre de théorie et du laboratoire de visualisation .....	85
6.2.9 Conclusions .....	85
6.3 Réseau Canadien pour l'Avancement de la Recherche, de l'Industrie et de l'Enseignement (CANARIE) .....	85
6.3.1 Introduction .....	85
6.3.2 Plan de mise en oeuvre et d'investissement .....	86
6.3.3 Développement .....	86
6.3.4 Applications et participants potentiels .....	86
6.4 Sites HPCC visité en Allemagne et au CERN à Genève en octobre 1992 .....	86
6.4.1 TUBKOM (Université des sciences techniques de Berlin) .....	89
6.4.2 Deutsches Forshungnetz (DFN) .....	92
6.4.3 BERKOM .....	93
6.4.4 Siemens AG .....	98
6.4.5 Centre informatique de l'université de Stuttgart RUS .....	100
6.4.6 Institut des applications informatiques (ICA) à l'unversité de Stuttgart .....	101
6.4.7 PAGEIN .....	105
6.4.8 CERN .....	105
6.5 Programmes publics et stratégies des TI et des superordinateurs .....	107
6.5.1 Programme HPCC gouvernemental allemand .....	107
6.6 Les superordinateurs en Finlande .....	109
6.6.1 Centre de calcul informatique .....	109
6.6.2 Centre de calcul scientifique : le méta-ordinateur .....	109
6.6.3 Domaines d'application .....	110
6.6.4 Expériences industrielles .....	110
6.6.5 Ouverture pour l'avenir .....	111

6.7	SuperJANET au Royaume-Uni et ses applications pilotes .....	111
6.7.1	Le Conseil Budgétaire approuve le projet .....	111
6.7.2	Applications et structure du réseau .....	112
6.7.3	SuperJANET -- un banc d'essai des interconnexions réseaux évoluées .....	113
6.7.4	Résumé du projet SuperJANET .....	113
6.7.5	Applications -- pilote de SuperJANET .....	115
6.7.6	Enseignement .....	115
6.7.7	Services de l'information .....	117
6.7.8	Consultation á distance .....	118
6.7.9	Accès à des systèmes à distance .....	118
6.7.10	Communications de groupe .....	118
<b>ANNEXE :</b>	<b>MEMBRES DE L'EQUIPE DES EXPERTS DU PIIC/OCDE POUR HPCC .....</b>	<b>120</b>
Notes .....		121

# **PROGRAMMES R-D NATIONAUX CONCERNANT LES NOUVEAUX RÉSEAUX INFORMATIQUES ET DE COMMUNICATION ET LEURS APPLICATIONS**

## **SECTION 1. RESUME DU RAPPORT ET CONCLUSIONS**

### **Chapitre 1. Objectifs du Projet et Réalisation de l'Étude**

#### **1.1 Contexte du projet**

Ce projet est la suite directe des récents travaux concernant la politique de l'information, de l'informatique et des communications relative aux réseaux liés aux technologies de l'information (TI) (travaux publiés dans PIIC N° 30 : "Information Networks and New Technology" (Réseaux d'Information et Nouvelles Technologies). Afin de poursuivre ces travaux, des délégués auprès du Comité du PIIC ont proposé d'étudier l'évolution des principales activités de R-D menées à l'échelon national dans le domaine des systèmes et réseaux informatiques et de communication évolués, auxquels il est souvent fait référence sous la désignation "réseaux informatiques et de communication à hautes performances" (high performance computer and communications -- HPCC networks). Ce domaine comprend les systèmes informatiques à haut débit évolués, les transmissions de données par réseaux commutés, l'information distribuée et les bases de données, d'une part, et, les nouvelles technologies associées utilisées par ces systèmes et leurs applications, d'autre part. Le Comité a souscrit à cette proposition en intégrant la réalisation de ces travaux dans le programme 1992-93 sous le titre "Programmes R-D nationaux concernant les Nouveaux Réseaux Informatiques et de Communication et leurs Applications".

Les réseaux informatiques et de communication à hautes performances figurent parmi les priorités de l'agenda politique d'un grand nombre de pays Membres. Plusieurs gouvernements locaux lancent des expérimentations sur les systèmes informatiques et de communication à hautes performances. Ces bancs d'essai sont conçus en vue d'identifier la demande qui se fait jour pour de nouvelles applications et de nouveaux besoins technologiques lesquels pourraient influencer sur la demande en technologies de l'information (segments matériel et logiciel) et avoir des retombées économiques et sociales. Les changements organisationnels éventuels, les intégrations et autres exemples d'activités de restructuration résultant des interconnexions technologiques et fonctionnelles à venir, sont totalement pris en compte dans la conception de ces bancs d'essai. Ces projets, axés essentiellement sur les applications nouvelles et émergentes, ont pour objectif l'étude de la relation entre l'utilisateur de base et les développements TI dans un contexte socio-économique changeant. Ils ne sont pas limités aux besoins de groupes d'intérêt TI spécifiques, dont les exploitants de télécommunications et les constructeurs TI.

Il est probable que de telles expérimentations, si elles aboutissent et si elles sont menées de manière à permettre d'éventuelles interconnexions entre les îlots de banc d'essai, serviront de prototypes ou bien de précurseurs à une infrastructure informatique et de communication à hautes performances globale (les artères de l'information).

Le Comité de la politique de l'information, de l'informatique et des communications de l'OCDE, en coopération avec la Fondation nationale pour la science (National Science Foundation -- NSF) aux Etats-Unis, les ministères du Commerce International et de l'Industrie (MITI) et des Postes et des Télécommunications (MPT) au Japon ainsi que la Commission de la Communauté Européenne ont lancé la phase préliminaire d'un programme de recherche multinational afin de passer en revue et d'analyser ces expérimentations.

## 1.2 Pertinence de la stratégie HPCC pour les pays de l'OCDE

Les réseaux à hautes performances tels qu'ils sont décrits, ne sont pas de la science fiction. Aujourd'hui, des réseaux expérimentaux sont déjà exploités et leur utilisation se répand rapidement dans de nombreux pays de l'OCDE et de régions du centre de l'Europe de l'Est (Internet). Alors que l'objet initial de ces expérimentations était une nouvelle infrastructure destinée à la recherche et l'éducation, elles promettent maintenant d'être aussi un terrain fertile pour des innovations dans d'autres secteurs économiques, pouvant aboutir à de nouvelles applications, à la création d'une nouvelle demande, de nouvelles entreprises, de nouvelles perspectives d'emploi et des modes de participation publique et privée.

Il est important, pour tous les pays qu'ils aient ou non, à l'échelon national, des capacités de recherche et/ou de production dans le domaine HPCC d'avoir plus de visibilité sur les développements actuels.

Cette revue des développements HPCC est utile à tous les pays Membres de plusieurs manières :

- Chaque expérimentation est basée sur un ensemble d'hypothèses et d'objectifs technologiques, sociaux et économiques. Une meilleure connaissance de ces hypothèses et des visées économiques et sociales des autres programmes nationaux pourrait aider les pouvoirs publics à prévoir eux aussi des programmes locaux et à se situer par rapport à des recherches similaires menées par ailleurs ;
- Plus de clarté sur l'évolution d'une infrastructure de l'information globale à haut débit aidera également les gouvernements nationaux non impliqués dans ces expérimentations, à anticiper et planifier leur rôle futur ainsi qu'à mieux cerner leurs préoccupations et leurs besoins nationaux dans le cadre de forums internationaux, y compris l'OCDE ; et
- Ces expérimentations faites à l'échelon national peuvent être des laboratoires importants quant aux enseignements à tirer sur les dimensions économiques, sociales et politiques des transmissions de données à haut débit. L'OCDE peut jouer un rôle clef en identifiant et en compilant des données précieuses et des analyses basées sur ces expérimentations.

## 1.3 Réalisation de l'étude et sites visités

Dans cette perspective, le projet comprenait l'évaluation des grands programmes de R-D portant sur les réseaux HPCC et des réunions sur les sites travaillant réellement à de nouvelles applications HPCC dans les domaines de la recherche appliquée, de l'industrie et de l'éducation au Japon, aux États-Unis et en Europe. Cette étude fut dirigée par le Secrétariat avec l'aide d'une équipe de recherche interdisciplinaire composée de 12 experts nommés par les pays Membres. Une liste nominative des experts est donnée en annexe. Les entretiens de cette équipe de recherche se sont déroulés dans l'ordre indiqué sur les sites d'application suivants :

- Japon : (juillet 1992)
- Réunions avec des hauts fonctionnaires du MITI et du MPT à Tokyo ;
  - Laboratoires NTT à Yokosuka ;
  - Institute for Computational Fluid Dynamics (ICFD) à Tokyo ;
  - Electro-Technical Lab. à Tsukuba ;
  - National Centre for Science Information System (NACSIS) à Tokyo.
- Etats-Unis : (octobre 1992)
- Laboratoires Bell, Network Division (Division Réseaux) à Murray Hill, N.J. ;
  - Bellcore, Broadband Services Branch (Division des services à large bande) à Morristown, N.J. ;
  - Cornell Theory Centre, Cornell University à Ithaca, N.Y.
- Europe : (octobre 1992)
- BERKOM à Berlin ;
  - TUBKOM, université des sciences techniques de Berlin ;
  - RUS, Centre informatique de l'université de Stuttgart ;
  - ICA, Institute for Computer Applications, université de Stuttgart ;
  - CERN, European Laboratory for Particle Physics (Laboratoire européen de la physique des particules) à Genève.



## **Chapitre 2. HPCC : Ce que c'est et pourquoi c'est nécessaire ?**

### **2.1 Information : une ressource stratégique dans le nouveau contexte économique**

La situation dans laquelle se trouvent aujourd'hui les pays de l'OCDE est différente de celle dans laquelle furent élaborés et mis en place la plupart des équipements informatiques et de communication.

Les modèles de production et de consommation changent ; les techniques en flux tendus en ce qui concerne l'offre et la demande, mais aussi la tendance vers la personnalisation dans tous les secteurs sont des exemples de cette évolution. La concurrence internationale est de plus en plus vive et une plus grande diversification des produits et des services s'impose. Par ailleurs, de nouvelles demandes publique et sociale, particulièrement axées sur les préoccupations d'environnement et d'urbanisme, la qualité de vie, la pollution et l'engorgement de la circulation routière, les transports aériens et terrestres, et les tendances démographiques qui émergent (le vieillissement de la population, etc.), apparaissent.

Ces changements provoquent des besoins accrus de tous les agents économiques pour plus de connaissances dans les domaines de la recherche, de la production et de la distribution des biens et services. Cette nouvelle conjoncture économique impose l'utilisation par toutes les organisations, publiques et privées, et même par les individus, de l'information comme une ressource essentielle .

Assumer ces développement et leurs besoins en traitement de l'information crée une nouvelle demande TI, en tant qu'outils pour répondre à des besoins immédiats et mettre en oeuvre des solutions plus innovatrices dans un large éventail d'activités économiques, industrielles, scientifiques et sociales. Ces nouvelles applications induisent donc le développement de techniques informatiques plus puissantes, plus rapides et plus conviviales et des interconnexions améliorées à travers des réseaux de communication "commutés". Il est souvent fait référence à ces réseaux comme "réseaux informatiques et de communication à hautes performances" (HPCCN). De récents développements technologiques dans le domaine des composants système, notamment les traitements informatiques à haut débit, les communications et la commutation annoncent des progrès quantitatifs et qualitatifs dans le domaine des TI. Des techniques comme la transmission asynchrone et les systèmes de transmission par fibre optique promettent de résoudre des problèmes techniques anciens et de rendre de nouvelles applications viables sur le plan économique.

Par conséquent, les techniques HPCC vont au-delà des produits informatiques classiques du type ordinateur central et super-ordinateurs. Le présent rapport désigne sous HPCCN des systèmes comportant :

- des processeurs à hautes performances dotés d'interconnexions très rapides ;
- de nouveaux logiciels et algorithmes pour exploiter leur potentiel ;
- des interfaces et des périphériques (par exemple, stations de travail, unités de stockage, systèmes de simulation et leur moyens de visualisation) ;
- des réseaux de communication à haut débit permettant :
  - la bonne interopérabilité entre les composants systèmes,
  - l'accès à distance à ces systèmes ;
  - l'interaction entre HPCC et banques de données ;
  - la collaboration entre des chercheurs disséminés géographiquement ;

- la disponibilité de ressources humaines très qualifiées pour travailler à des applications innovatrices.

L'expression HPCC, utilisée dans ce rapport pour désigner un concept général, recouvre tous les aspects de la définition ci-dessus.

Les preuves dont on dispose (**graphique 1**) montrent une forte corrélation entre les applications et les nouvelles technologies d'information : les besoins résultant des applications nouvelles induisent l'élaboration de nouvelles configurations réseau TI ou basés sur les TI. Ce dernier point est d'une importance capitale compte tenu du grand nombre de composants et des acteurs contribuant à la réalisation de ces réseaux d'information évolués. Les applications détermineront donc la voie dans laquelle s'orientera le développement des segments TI, évitant ainsi les tiraillements entre différentes directions. Les applications évoluées permettront aussi de réunir les plus grandes chances d'aboutir à un accord sur des configurations réseau acceptables.

Contrairement aux systèmes de grande puissance basés sur des ordinateurs centraux, qui sont actuellement commercialisés, la nouvelle génération de systèmes HPCC est construite sur le principe de traitements informatiques massivement parallèles impliquant des milliers, au sens propre du mot, de processeurs travaillant simultanément pour traiter d'énormes quantités d'informations en temps réel. Les futurs réseaux informatiques sont conçus pour des vitesses de l'ordre du gigabit<sup>1</sup> ce qui représente un accroissement des performances de 1000 par rapport aux configurations actuelles.<sup>2</sup>

## 2.2 Les applications HPCC et leur potentiel économique

Parmi les facteurs motivant les traitements informatiques et réseaux à hautes performances, graphiquent la pression pour réduire les coûts et la recherche de solutions innovatrices. Pour mieux atteindre ces objectifs, les techniques de visualisation et de simulation dynamique évoluées sont de plus en plus ajoutées à l'informatique. La mutation d'un environnement basé essentiellement sur du texte et des chiffres vers un environnement d'images -- photos couleur de haute définition, communications vidéo, techniques de visualisation évoluées (représentation imagée multidimensionnelle d'un produit ou d'un problème) -- communications multimédias (son, images, données) a provoqué une augmentation très importante des besoins en traitement, stockage et échange des informations. Comme autres éléments moteur, citons aussi l'expérience de l'informatique distribuée à travers des réseaux locaux (Local Area Network -- LAN) à hautes performances et le nombre croissant d'utilisateurs demandant que des ressources similaires soient accessibles à travers des réseaux grande distance (Wide Area Network -- WAN).

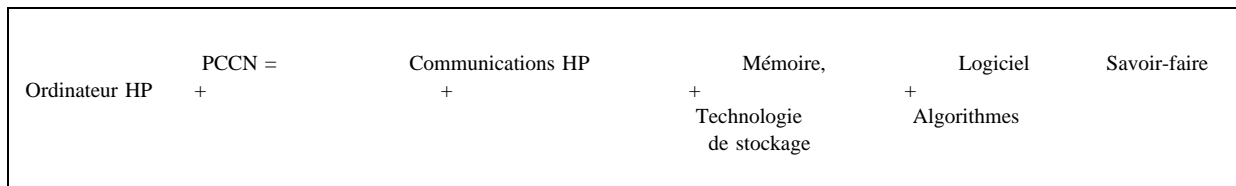
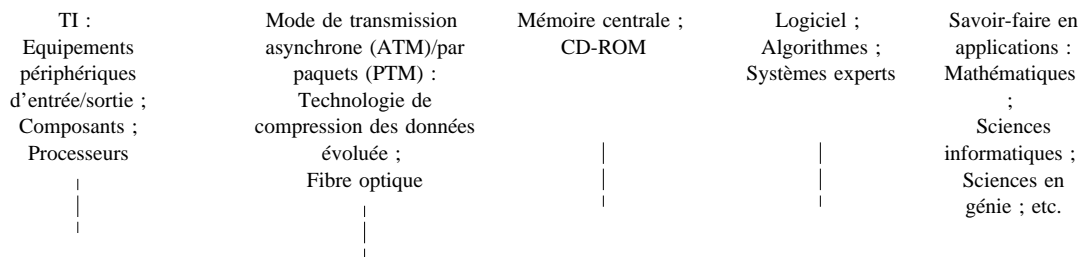
Les exemples suivants devraient apporter quelques éclaircissements sur les ordres de grandeur qu'atteindront les volumes de données et les vitesses de transmission qui seront associés aux seuls réseaux basés sur l'image :

- Un journal de cinq pages de texte convivial représente un volume de données d'environ 0.2 Mbits alors que le volume de données de l'image obtenue par le balayage à 300 ppp (image numérique en pixel) d'un journal de cinq pages est d'environ 35 Mbits ;
- Les besoins mémoire pour stocker une seule image couleur vont de 2 Mbits pour une image de qualité NTSC à 96 Mbits pour une image de haute définition ;
- Les vitesses de transmission d'une image animée vont de 1.5 Mbits/s dans une qualité d'image VCR avec compression de données à 1-4 gigabits/s pour une qualité TVHD.

Des capacités de traitement des données et de transmission bien plus importantes sont nécessaires pour la visualisation, la simulation et la recherche conjointe en temps réel, destinées à apporter de meilleures solutions aux problèmes scientifiques et industriels.

Graphique 1. Réseaux informatiques et de communication à hautes performances (HPCCN)

En amont : les technologies



En aval : les applications

- i) Informatique à hautes performances :
  - Systèmes de combustion propres ;
  - Génie informatique, Chimie ;
  - Conception rationnelle des molécules pharmaceutiques ;
  - Modélisation météorologique et climatique ;
  - Appauvrissement de la couche d'ozone ;
  - Anatomie numérique ;
  - Pollution de l'air ;
  - Recherche ;
  - Simulation/modélisation ;
  - Visualisation ;
- ii)
  - Recherches conjointes, conception et prise de décision ;
  - Applications multimédias ;
  - Communications numériques pour échanges de la voix et de documents.

Par ailleurs, des applications nouvelles à base HPCC impliquent une combinaison de modes de communication qui ne sont pas compatibles avec les techniques et les réseaux de communication classiques, notamment le besoin dans certaines applications, d'un flux de données constant synchronisé acheminé selon les techniques classiques à travers des réseaux à commutation de circuits. Dans d'autres cas, on observe le besoin pour des flux de données asynchrones en rafales qui seront transmis de façon plus performante à travers un réseau de commutation par paquets.

La documentation spécialisée donne une liste non exhaustive d'applications HPCC . Le rapport Rubbia et le Programme HPCC aux Etats-Unis identifient quatre grandes catégories d'applications HPCC, chacune illustrée par des exemples caractéristiques :<sup>3</sup>

- la simulation et la collaboration dans les domaines de la recherche scientifique et de l'ingénierie ;
- les applications système incorporées ;
- la gestion de l'information ;
- les grands défis.

Consécutivement aux visites in situ aux Etats-Unis, au Japon et en Europe, une cinquième catégorie d'applications pourrait éventuellement être ajoutée :

- les nouveaux services loisirs fournis à domicile (TVHD numérique).

Ces catégories d'application ne doivent bien sûr pas être considérées de façon indépendante. En réalité, elles sont mutuellement interdépendantes dans la mesure où elles s'ajoutent à la masse critique nécessaire pour réduire les coûts (économies d'échelle et de gamme), soutenant et renforçant ainsi l'argument en faveur du développement d'infrastructures HPCC interconnectées aux échelles nationale et internationale.

#### *Simulation et collaboration dans les domaines de la recherche scientifique et de l'ingénierie*

Concernant les applications de simulation, c'est-à-dire l'abstraction et la reproduction détaillée de situations réelles au moyen de la représentation et de la modélisation mathématiques, HPCC offre la puissance de calcul intégrée :

- de modélisation dynamique de prototypes ;
- des descriptions ;
- d'optimisation.

Le HPCC peut mettre en lumière les problèmes scientifiques et d'ingénierie complexes, les systèmes économique et social et les procédés tels que les télescopes et les microscopes servant à de nouvelles découvertes et stimulant les innovations. D'où les effets révolutionnaires des solutions prototypes dans le domaine de la R-D scientifique et industrielle et des méthodes de conception classiques puisqu'elles permettent de réduire la durée et le coût des expérimentations. En réalité, les HPCC utilisés comme super-ordinateurs dans certaines industries (industries automobile, aéronautique et pharmaceutique, etc.) ont déjà démontré leur viabilité en réduisant de façon importante les durées et les coûts de R-D, et, de ce fait, en améliorant la compétitivité et la sécurité des produits (par exemple, les tests de collision de véhicules).

#### *Applications des systèmes incorporés*

Le prix des outils HPCC étant plus abordable, il est maintenant possible et viable sur un plan économique d'incorporer des fonctions informatiques à très hautes performances dans d'autres produits et services. Du fait de cette incorporation, l'accès direct aux composants informatiques est rendu difficile voir impossible à l'utilisateur dont la principale préoccupation est donc de les utiliser pour des tâches de pré-programmation. L'incorporation des fonctions HPCC permet un large éventail d'applications : triage de courrier, imagerie médicale, systèmes de visualisation et commande automatique, etc. Concernant le triage de courrier, le rapport Rubbia présente la tâche de lecture et de reconnaissance automatique des

adresses comme une tâche comportant un fort taux de calculs. Pour être rentable, les performances doivent donc être très élevées (45 000 courriers voire plus doivent être traités). Aujourd'hui, l'interprétation de l'adresse nécessite seulement 10-20 octets par courrier, alors que la reconnaissance, disons, d'une image couleur par balayage représente au moins 6 mégaoctets. L'augmentation d'environ 80 pour cent des performances actuelles de reconnaissance nécessiterait un accroissement considérable de la puissance de calcul.

Une autre application pratique de HPCC est actuellement introduite sur le marché automobile dont l'objet est de permettre la prévention du vol de véhicules et de localiser les véhicules volés. Les voitures peuvent en effet être équipés d'un processeur qui transmet à intervalles réguliers des signaux aux satellites. Une paire de signaux suffit pour localiser l'objectif. Un processeur MP relié à un radiotéléphone fournit la capacité de traitement nécessaire pour localiser le positionnement du véhicule volé ou identifier sa trajectoire et, ainsi, relayer cette information jusqu'aux autorités. Le coût actuel d'un tel équipement dans sa version standard est d'environ 1 200 dollars E-U. Ce type d'application HPCC est de plus en plus utilisée dans le domaine de la logistique des transports afin d'optimiser la gestion de convois et de surveiller la situation géographique de marchandises transportées. Compte tenu des changements qui apparaissent dans les modèles de production (adaptée à des besoins particuliers et en flux tendu, etc.), les implications économiques de ces nouveaux systèmes basés sur les TI sont considérables ; ces systèmes entraînent un accroissement de la productivité dans un secteur en crise, d'une part, et ils génèrent des bénéfices sociaux importants par le biais d'une amélioration de l'intensité du trafic et d'une réduction de la pollution puisqu'en optimisant les acheminements par voie routière, on réduit l'encombrement sur les routes et la fréquence des transports, d'où, une moindre consommation de carburants et une plus grande sécurité.

Parmi les autres exemples d'utilisation HPCC dont l'impact économique et industriel est important, citons :

- le traitement de signal dans les systèmes radar de contrôle aérien et la télévision à haute définition (TVHD) ;
- le traitement d'image (par exemple, les images médicales, les images industrielles et les images sismique.<sup>4</sup>

### *Gestion de l'information*

L'utilisation d'outils HPCC dans la gestion de l'information constitue un élément essentiel pour la recherche et les innovations en général. La gestion de bases de données intelligentes et les procédures de recherche qui sont vitales dans un large éventail d'activités, génère de nouvelles demandes en puissance de calcul et en capacités de distribution. La gestion de l'information est particulièrement capitale pour certaines activités comme celles mentionnées ci-dessous :

- la recherche scientifique ;
- la télédétection ;
- la programmation dans les domaines du marketing et des finances ;
- la conception de systèmes ;
- les conseils ;
- l'enseignement ;
- la modélisation (par exemple, modélisation économique, modèles de ressources, modèles d'environnement, évaluation de dimensions de remplacement) ;
- la planification ; et
- la surveillance médicale et les aides au diagnostic.

L'organisation internationale d'une grande partie des activités économiques et sociales pose également un défi à la gestion de l'information auquel le développement d'infrastructures HPCC est en train d'apporter une solution.

## *Grands défis*

En vue de l'évolution des infrastructures réseau HPCC, un grand nombre d'applications liées à ces grands défis ont été identifiées et ciblées dans le programme des Etats-Unis. Dans ce contexte, un grand défi est défini comme un problème fondamental dans les domaines de la science et des techniques dont l'impact économique et scientifique est important, et pour lequel l'utilisation des techniques et ressources HPCC pourrait accélérer la mise en oeuvre d'une solution.

Afin d'illustrer la diversité et le degré d'importance des applications HPCC et donc de mettre en évidence le caractère urgent du développement d'une infrastructure HPCC appropriée, l'initiative des Etats-Unis vise des grands défis, tels que ceux listés ci-dessous :

- les technologies de stockage des informations sur supports magnétiques ;
- la conception rationnelle de molécules pharmaceutiques ;
- les transports civils à grande vitesse ;
- la catalyse ;
- la combustion ;
- la modélisation de l'océan ;
- l'appauvrissement de la couche d'ozone ;
- l'anatomie numérique ;
- la pollution ambiante ;
- la conception des structures protéiques ;
- la prise d'images de Venus ;
- les liens technologiques entre la recherche et l'éducation.

Les besoins en traitement de l'information pour ces applications nécessitent des progrès continus de la puissance de calcul, des améliorations des modèles de calcul, des communications et de certaines technologies. Ils sont supposés avoir un effet de levier sur le développement des systèmes TI et des outils associés tels que : les outils logiciel, les logiciels d'exploitation, les langages plus évolués, les technologies concurrentielles avancées, les ressources d'interopérabilité et la gestion de données

### **2.3 Le rôle stratégique des HPCC**

Les prévisions HPCC concernent la fourniture d'une nouvelle infrastructure sur la base ou au moyen de laquelle la plupart des fonctions des économies modernes seront opérationnelles. Les réseaux HPCC seront alors la nouvelle interphase entre l'industrie et la technologie avec de larges ramifications vers les progrès économiques et sociaux.

Utilisées comme outil de réflexion conceptuelle latérale et d'études dans un large éventail de tâches industrielles, sociales, scientifiques et administratives, les techniques HPCC sont supposées avoir des effets extrêmement importants. Si on considère le seul secteur industriel aux Etats-Unis, les prévisions de gains de productivité annuels liés à l'utilisation de réseaux HPCC<sup>5</sup> (HPCCN) se situent entre 1 et 3 pour cent. Une étude effectuée dans le cadre de la DG-XIII (CE) en 1993 a donné des résultats similaires. Une analyse systématique sectorielle faite sur les régions industrielles les plus développées prévoit que les systèmes d'information de pointe entraîneront une augmentation des performances de 4 à 6 pour cent sur les 15 prochaines années dans la mesure où des innovations concernant à la fois la mise en place et l'utilisation de cette infrastructure sont stimulées.

Les applications HPCC sont d'abord mises au point, testées et utilisées dans le domaine de la recherche d'où elles sont ensuite diffusées dans l'industrie. A ce jour, les applications adoptées dans l'industrie sont simples par rapport au potentiel HPCC. Il s'agit toutefois de développements applicatifs qui ciblent la demande qui se fait jour. Par conséquent, l'effet de levier sur des développements TI dans les industries de fabrication TI et les industries proches sera particulièrement direct. On peut donc s'attendre à ce que les activités HPCC favorisent l'amélioration des performances des principaux segments matériel et logiciel TI comme des langages plus évolués, une technologie informatique de pointe, des outils d'optimisation et de parallélisation, des ressources d'interopérabilité et autres outils.<sup>6</sup>

Dans le **graphique 2**, on s'est efforcé de représenter les impacts éventuels, en amont et en aval, des systèmes HPCC et leurs retombées économiques.

## **2.4 Les contraintes économiques et technologiques**

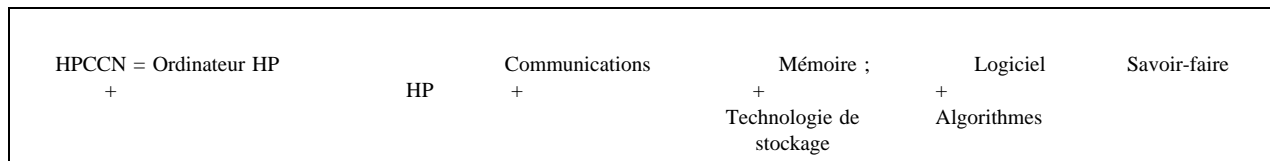
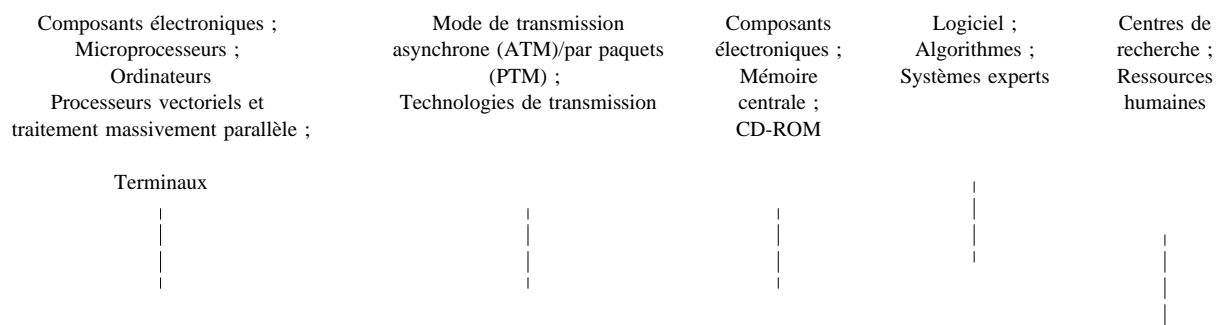
La mise au point et la mise en oeuvre de réseaux HPCC impose la collaboration d'un grand nombre d'organismes privés et publics. Par ailleurs, les réseaux HPCC de bout en bout devraient nécessiter d'importants changements dans les technologies réseau mises en place et les modèles de consommation et de tarification. On peut dire que, globalement, l'ensemble, la réalisation de tels réseaux soulève de nombreux problèmes économiques et technologiques :<sup>7</sup>

- Les vitesses de transmission et de commutation vont dépasser les limites de la plupart des super-ordinateurs et stations de travail actuels. Sans transformation fondamentale, les systèmes d'exploitation, protocoles et logiciels existants ne pourront pas supporter de telles capacités ;
- Les caractéristiques de flexibilité et de personnalisation de la bande passante nécessaires aux applications HPCC constituent un défi technique et économique important, de même que la gestion de flux d'énormes quantités de données à travers un réseau informatique entièrement numérique ;
- La planification, la mise en place et l'exploitation des réseaux HPCC sera complexe et extrêmement coûteuse ;
- La tarification HPCC qui devra couvrir les coûts privés et publics et les coûts de développements futurs, soulève d'énormes difficultés ;
- L'identification des utilisateurs potentiels et de leurs besoins est un domaine où règne l'incertitude ; et
- L'utilisation de l'information en tant que ressource nouvelle impose des adaptations de type organisationnel importantes.

Les visites in situ en Europe, au Japon et aux Etats-Unis étaient destinées mettre en lumière et à acquérir des informations conceptuelles concernant les expériences menées à ce jour dans ces domaines, d'une part, et d'en savoir plus sur les initiatives politiques HPCC dans ces pays Membres, d'autre-part.

Graphique 2. Réseaux informatiques et de communication à hautes performances (HPCCN)

Les impacts en amont :



Les impacts en aval :

- Meilleure gestion de l'information ;
- Biens et services personnalisés ;
- Croissance qualitative ;
- Augmentation de la productivité ;
- Compétitivité accrue ;
- Plus grand potentiel innovateur et plus grande créativité.



## **Chapitre 3. Résultats de l'Etude et Conclusions**

### **3.1 Les nouvelles infrastructures de l'information**

De récentes percées des TI, principalement dans le domaine des ordinateurs, des fibres optiques et des satellites, la commutation et la transmission numériques ainsi que les différentes utilisations de ces systèmes montrent que les économies évoluées de l'OCDE se trouvent maintenant à un carrefour de la restructuration de l'infrastructure de l'information. Les problèmes en jeu sont complexes et l'évolution des technologies est rapide. Les responsables de l'action gouvernementale et les industriels à l'échelon national ont donc besoin d'informations et d'analyses objectives sur les tendances internationales des applications TI émergentes et les besoins induits en traitements TI, en stockage et transmission des données afin qu'ils puissent planifier et faciliter les développements de réseaux globaux nationaux.

Ce projet est une première tentative pour obtenir une meilleure visibilité des processus de développement des infrastructures de réseaux informatiques et de communication évolués et des rapports technologie/industrie de base. Les trois principaux objectifs de ce projet sont :

- de recueillir les informations de base sur un ensemble choisi d'expérimentations et de programmes R-D à l'échelon national afin de soutenir le développement et la mise en place de réseaux HPCC ;
- de déterminer le niveau jusqu'auquel des données, études et analyses exploitables et comparables, seraient disponibles ; et
- de dresser, après étude, une liste préliminaire étendue de sujets de recherche afin de permettre un contrôle plus continu des progrès HPCC et de ses éléments moteurs.

### **3.2 Des super-ordinateurs aux réseaux HPCC<sup>8</sup>**

Les visites in situ ont confirmé la migration de structures centralisées basées sur un grand système vers un environnement informatique plus distribué. Ce nouveau concept inclut une gamme de plusieurs types d'ordinateurs tels que :

- des stations de travail ;
- des stations de travail à hautes performances ;
- des serveurs de fichiers ;
- des mini-superordinateurs ;
- des super-ordinateurs avec des unités de traitement vectorielles multiples ;
- des ordinateurs massivement parallèles.

Ces ordinateurs sont interconnectés à travers des réseaux de communication à hautes performances, isolés du réseau téléphonique actuel, sous la forme de réseaux locaux (LAN), de réseaux métropolitains (Middle Area Network - MAN) et de réseaux grande distance (WAN) qui permettront d'étendre la portée et la distribution HPCC à tous les secteurs économiques. En plus de ces composants matériel, le HPCC inclut le développement de logiciels et d'algorithmes évolués ainsi qu'un investissement en ressources humaines pour augmenter et déployer la nouvelle puissance de traitement de l'information.

Les applications des super-ordinateurs classiques ont elles aussi évolué : aux applications standards en traitement différé ou interactif exploitées sur les gros systèmes se substituent de plus en plus

l'application du type client-serveur, les transferts rapides de fichiers, la conception assistée par ordinateur, la visualisation en ligne des simulations, les algorithmes pour architecture massivement parallèle et les applications multimédias exécutées dans une architecture distribuée.

Aujourd'hui, les développements ne sont plus induits par les technologies, mais ils reflètent en fait la demande toujours accrue de la communauté de la recherche scientifique et industrielle en termes de puissance de calcul, de bases de données et aussi des ressources d'information associées. Dans ces domaines, de très grandes puissances de calcul sont de plus en plus fondamentales, on peut d'ailleurs dire que les super-ordinateurs vectoriels ont révolutionné les méthodes de la R-D fondamentale et appliquée. Lorsqu'à la fin des années 80, on s'est rendu compte que la technologie atteignant ses limites physiques (essentiellement des limites en termes de taille d'unité centrale, de capacités de communication et de dissipation de chaleur), les vitesses requises ne seraient plus longtemps supportées, de nouvelles solutions ont été recherchées afin de satisfaire ces nouvelles demandes. Par conséquent, les regards se sont concentrés sur les architectures parallèles comme le moyen de pérenniser l'accroissement des performances demandé par les milieux scientifiques. Avec les ordinateurs parallèles, ce sont des centaines ou des milliers de processeurs interconnectés qui travaillent simultanément sur un même problème.

Un des développements les plus importants dans le domaine de l'informatique à hautes performances (HPC) consiste en ce que presque toutes les architectures -- vectorielle et parallèle -- ont commencé à converger vers des machines hybrides vectorielles à instructions multiples et données multiples (hybrid vector/multiple instruction multiple data machines -- MIMD). Ces machines se caractérisent par leur nombre de processeurs autonomes, entre 100 et 1000, chacun ayant sa mémoire et incorporant un processeur vectoriel. On s'attend à ce que cette configuration de base puisse satisfaire aux besoins croissants de calcul et de traitement (en termes de capacité et de débit) des grands défis à venir. En résumé, les problèmes soulevés par ces grands défis ont comme caractéristique les besoins matériels nécessaires à leur solution :

- des ordinateurs dont les vitesses sont au moins de l'ordre du téraflop<sup>9</sup> ;
- une mémoire centrale d'une capacité supérieure au téraoctet<sup>10</sup> ;
- une importante infrastructure des communications à haut débit (de l'ordre du gigabit).

Comme il est reconnu que les solutions aux grands défis et problèmes associés donneront lieu à une augmentation importante des performances dans les domaines scientifique et industriel (et par conséquent, d'une compétitivité accrue), la plupart des initiatives HPCC étudiées ont pour objectif le développement des outils permettant leur réalisation avec des capacités allant de quelques dizaines de mégaflops aux gigaflops voire aux téraflops.

### **3.3 Les communications à hautes performances**

Les freins qui, au niveau de progrès atteint, empêchent la mise à disposition de ces fonctions informatiques à hautes performances (high performance - HP) auprès des utilisateurs sont la tarification et les capacités techniques (commutation et bande passante) des réseaux existants. Consécutivement aux visites in situ, il est apparu de façon évidente que la recherche et les expérimentations s'emploient à éliminer ces goulets d'étranglement selon deux orientations : *premièrement*, l'augmentation des performances des circuits téléphoniques analogiques classiques par leur numérisation (stratégie du Réseau Numérique à Intégration de Services -- RNIS) ; *deuxièmement* la mise en oeuvre d'un réseau numérique commuté à haut débit permettant des vitesses de transmission de données flexibles (bande passante "à la carte" -- large bande RNIS ou stratégie RNIS-B).

Cette seconde stratégie est la solution réellement innovatrice, une course internationale a d'ailleurs commencé pour instaurer une recherche industrielle et les bases de production dans ce domaine. Les éléments clés pour la fourniture des fonctions requises par la solution des réseaux à haut débit sont la transmission asynchrone (ATM) et les réseaux à fibre optique, sur le plan technique, et la concurrence, sur le plan économique, afin d'assurer un niveau de prix abordable pour l'introduction sur le marché de ces nouveaux systèmes.

La transmission asynchrone est le résultat d'un grand nombre de réalisations technologiques dont les câbles à fibre optique et les progrès de la technologie d'intégration à très grand échelle (Very Large Scale Integration -- VLSI). L'introduction de la fibre optique dans les réseaux de communication a réduit le nombre d'erreurs de transmission. Le réseau de transport peut ainsi être entièrement consacré au transfert des informations, la plus grande partie de la gestion des flux et des erreurs étant déchargée sur le poste de travail ou sur ordinateur. Grâce aux progrès réalisés dans la technologie LSI, les systèmes peuvent traiter les protocoles et les commutations de façon économique et automatique sans contrôle logiciel. Dans les réseaux temporels asynchrones, les signaux vocaux, les différents signaux de données, et les signaux vidéo sont divisés en blocs (cellules) pré-définis de 53 octets chacun. Le système attribue à chaque cellule un en-tête comportant une destination. Si les cellules sont comparables à des paquets classiques, leur longueur fixe simplifie le protocole de sorte que la transmission peut être effectuée par le matériel au lieu du logiciel.<sup>11</sup> Donc, la convergence de l'informatique et des communications est en fin de compte obtenue avec les fonctions de stockage, de traitement, de commutation et de transmission sous la forme de fonctions intégrées dans un environnement entièrement numérique. Cette solution s'oppose à celle actuelle où la faiblesse des communications limite l'utilisation, en termes de capacités, du segment informatique.

Il semble toutefois que les communications et l'informatique à hautes performances conçues sur les principes de la transmission asynchrone et des réseaux à fibre optique offrent *plus que seulement des applications nouvelles et des services nouveaux basés sur l'informatique*. Elles promettent aussi de révolutionner les transmissions de voix, données et vidéo classiques et leur intégration ouvrant ainsi la porte à de nouveaux débats pour le développement d'infrastructures d'information totalement nouvelles.

Les visites in situ étaient essentiellement axées sur les systèmes de communication évolués et sur les applications conçues autour de l'exploitation des systèmes informatiques évolués. Le paragraphe suivant présente quelques unes des politiques poursuivies dans les pays visités.

### **3.4 Une comparaison internationale des tendances nouvelles**

Un des enseignements pouvant être tiré de façon évidente de cette étude est que, dans chacune des régions considérées, les solutions pour améliorer les infrastructures informatiques et de communication évoluées sont nettement différentes.

#### **3.4.1 Japon**

Au Japon, les améliorations techniques concernant les réseaux de communication nationaux ont jusqu'alors concerné la mise en place accélérée des services RNIS dans la bande étroite. Introduits dès 1988, les services RNIS ont été encouragés au Japon par des investissements importants de NTT (Nippon Telephone and Telegraph Corporation).

Concernant les développements de réseaux informatiques et de communication, le National Center for Science Information Systems (NACSIS) a constitué, en 1987, un réseau de recherche et a introduit; en 1992, des services inter-réseau (Internet Protocol -- IP). Un réseau de couverture national est prévu conjointement par l'Agence pour la science et les technologies (Science Technology Agency -- STA), le MITI, le MPT et le ministère de l'Education. Du côté des entreprises, AT&T et la Japanese Electronic Network Services (JENS -- un transport de type II destiné spécifiquement aux services à valeur ajoutée de couverture nationale et internationale) ont commencé à offrir des services IP dans un but commercial.

L'acteur principal est toutefois NTT, une compagnie maintenant privée. Le groupe d'étude et de recherche, qui, au sein du MPT, est chargé du RNIS-B, a présenté une estimation des investissements pour un RNIS à large bande, destiné à fournir des services à toutes les entreprises et, en pratique, à tous les foyers d'ici 2015. Toutefois, le paiement des énormes investissements nécessaires à la réalisation de ce projet semble faire l'objet de vives discussions. Une concurrence de plus en plus vive dans le domaine des communications intérieures à longue distance, domaine sur lequel NTT ne bénéficie plus d'un monopole protégé, sera un élément supplémentaire de poids pour confirmer NTT dans sa position concernant la rentabilité du projet.<sup>12</sup>

La coordination entre les institutions gouvernementales semble jouer un rôle de plus en plus important pour la modernisation de l'infrastructure d'un réseau de communication au Japon. Le MITI finance des investissements liés à des réseaux dans le cadre de son programme "Real World Computing" (RWC). Ce programme comprend la mise en place d'un réseau international en vue d'encourager les travaux en coopération entre des chercheurs du monde entier. Le ministère de l'Éducation, quant à lui, nourrit des projets ambitieux pour relier les établissements d'enseignement à un réseau IP. Le MPT subventionne des travaux de recherche conduits à la fois au sein de son Laboratoire de recherche sur les communications et dans le cadre d'organisations extérieures, pour un montant d'environ 2 milliards de yens (approximativement 17 millions de dollars E-U dans l'exercice budgétaire 1993). Ce programme comprend des activités de recherche portant sur des problèmes technologiques et organisationnels dans le but de fournir la capacité d'interconnexion, qui est capitale, pour un réseau multi-transporteurs.

Les pouvoirs publics qui ont récemment annoncé un plan de reprise économique de 117 milliards de dollars E-U, destiné à stimuler l'économie japonaise chancelante, ont prévu des financements supplémentaires pour la construction d'une infrastructure ordinateur-communication intelligente du 21ème siècle.<sup>13</sup> Une politique plus axée sur la technologie des communications informatisées favorisera un accroissement rapide des capacités de recherche et de production industrielle dans ce domaine.

Afin de renforcer encore plus la recherche dans ce domaine, le gouvernement japonais prévoit de constituer un réseau entre les différents organismes de recherche.

### **3.4.2 *Etats-Unis***

Le progrès des réseaux à hautes performances aux Etats-Unis est étroitement lié à la création du réseau de communication informatisé Internet, basé sur TCP/IP (Transport Communication Protocol/Internet Protocol, protocole de transport/protocole inter-réseau), qui a démarré comme un projet de recherche -- ARPAnet -- subventionné par le ministère de la Défense. Au cours des dernières années, les normes et protocoles mis au point pour cette expérimentation initiale se sont multipliés pour devenir le noyau central d'un réseau à grande puissance reliant les établissements universitaires américains, et dont le financement est en partie assuré par la NSF. Aujourd'hui, Internet est un vaste ensemble de réseaux TI interconnectés comptant plus de 1 000 000 ordinateurs reliés au moyen d'une dorsale, et qui bénéficie toujours d'un soutien financier important de la NSF. Quelques 3 millions d'utilisateurs dans des centres informatiques gouvernementaux et universitaires ainsi qu'un nombre croissant d'entreprises commerciales et d'utilisateurs étrangers (le nombre d'utilisateurs augmentant de 12 pour cent par mois), sont actuellement connectés au réseau Internet.

Une caractéristique unique du réseau Internet aux Etats-Unis est la manière selon laquelle il fut construit. Ce réseau de communication à commutation par paquets a été créé comme une entité fonctionnellement indépendante du réseau téléphonique public commuté bien que les exploitants de télécommunications publiques (ETP) fournissent des services de transport de données privés à travers différentes lignes de cet ensemble de réseaux. Du fait qu'il fut pensé comme un réseau réellement séparé du réseau téléphonique public commuté et, qu'il fut initialement conçu pour être au service d'une communauté gouvernementale et de l'enseignement sans but lucratif, il a pu évoluer à l'abri de la réglementation et des autres contraintes auxquelles était confronté le réseau téléphonique public. En tant que banc d'essai dans le cadre du développement d'un nouveau réseau de communication et des technologies d'application, il a également permis un niveau d'expérimentation dont les concepteurs du réseau commercial public commuté n'auraient probablement pas pu bénéficier.

Un grand nombre de services, mis au point initialement sur Internet dans un but expérimental, passent de plus en plus à une exploitation commerciale. Il serait probablement honnête de dire que l'exploitation maintenant répandue aux Etats-Unis des messageries électroniques, des transferts de fichiers entre des ordinateurs extrêmement disséminés, ainsi que les procédures d'accès à des ordinateurs physiquement éloignés, doivent beaucoup au développement accéléré du réseau Internet. De nouveaux services et de nouvelles applications, comme la recherche d'informations vidéo, rapide et à distance de texte et d'images à haute définition (bibliothèques numériques) ainsi que les serveurs d'information distribuée (à l'instar des applications GOPHER<sup>14</sup> et WAIS), ne sont que les applications les plus visibles d'une toute

nouvelle génération d'applications qui utiliseront les spectres de plus en plus grands de la bande passante sur Internet du fait de sa modernisation et de son accroissement de capacité.

Actuellement, les efforts nationaux pour accroître la capacité de l'infrastructure des communications aux Etats-Unis s'engagent dans deux nouvelles directions. L'initiative HPCC (HPCCI), en plus de subventionner la R-D de nouvelles architectures informatiques et d'algorithmes logiciel, engage des ressources importantes dans un National Research and Education Network -- (NREN). D'autres ressources sont également investies dans un grand nombre de projets représentant des bancs d'essai, qui ont été créés afin d'expérimenter des technologies utilisées dans des réseaux à très haut débit (gigabit). Ces efforts, soutenus par les pouvoirs publics, concernent essentiellement des investissements liés à la maîtrise de problèmes et à la création des technologies de base requises pour des débits de l'ordre du gigabit, et aussi pour favoriser une augmentation importante du nombre de réseaux reliant les utilisateurs dans les domaines de l'éducation et de la recherche.

Un deuxième ensemble d'initiatives important concerne l'accroissement des capacités du réseau téléphonique commuté public. La déréglementation du marché des communications téléphoniques à longue distance aux Etats-Unis a eu pour effet secondaire principal la pénétration de ce marché par un nombre non négligeable de nouvelles entreprises et l'expansion d'un environnement commercial hautement concurrentiel. La baisse brutale des prix a touché non seulement les lignes téléphoniques vocales à longue distance classiques mais aussi les lignes louées numériques. Une diminution importante des coûts de large bande de données numérique, devenus abordables, a sans aucun doute été un des facteurs de l'accroissement extraordinaire du nombre de réseaux grande distance aux Etats-Unis. Fin 1991, par exemple, les entreprises de télécommunication locales avaient installé environ 17 700 km lignes en fibre optique pour acheminer les données à des débits de type DS-3 (45 mégabits par seconde ou plus), et qui ont été tirées jusque dans les locaux des clients. En règle générale, les circuits permettant de véhiculer les données avec de tels débits ne sont pas commercialisés au Japon ni en Europe.

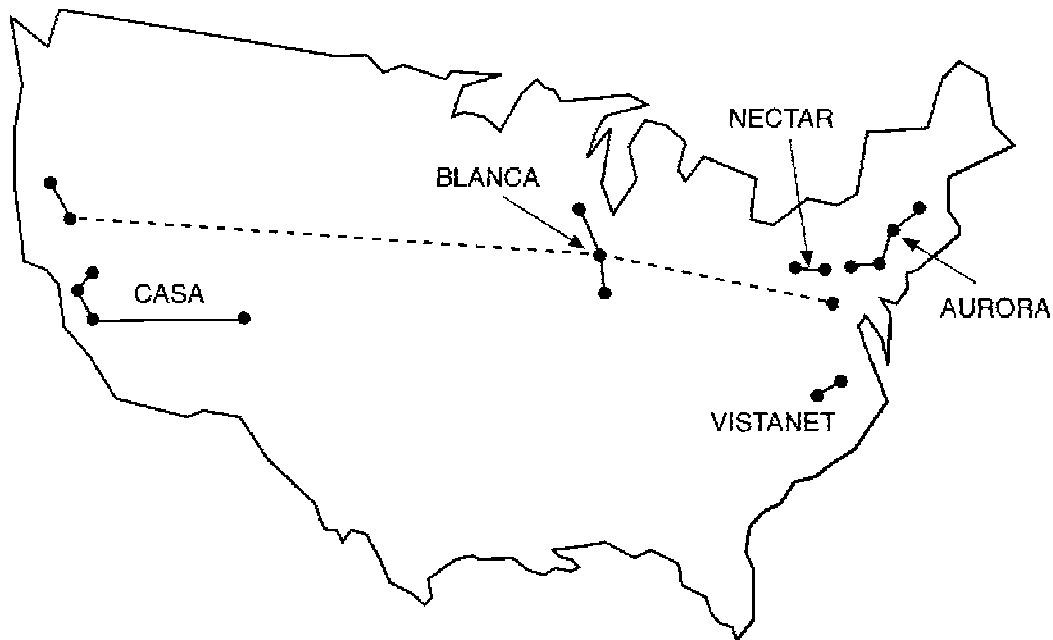
Actuellement, les grandes entreprises d'exploitation de télécommunications publiques offrent une grande diversité de services de transport des données numériques nouveaux, comprenant des tranches de liaison T1, des services de commutation par paquets avec répétition de trames et des services de données multimégabit commutés (Switched Multimegabit Data Services - SMDS). Plusieurs exploitants ont également annoncé l'introduction dans leurs réseaux de services basés sur la transmission asynchrone. La technologie de transmission asynchrone, qui donne la priorité aux signaux vocaux et autres signaux de données et les transmet à travers un système de communication unique à des débits atteignant ou peut-être même dépassant un gigabit par seconde, s'annonce comme la technologie unificatrice du fait qu'elle réunit le monde aujourd'hui isolé des réseaux à commutation par paquet de type Internet et le réseau téléphonique commuté public, dans un réseau homogène unique ubiquiste.

En 1991, le gouvernement a lancé le programme NREN. Ce programme vise à réintégrer la recherche et le développement dans des réseaux évolués informatiques (avec de capacités de l'ordre du téraflop et au-delà) et de communication (de l'ordre du gigabit) à hautes performances, afin de fournir les outils nécessaires aux "grands défis". La finalité de ce programme est d'instaurer un National Research and Communications Network (NREN, réseau national de recherche et de communication) qui permettra d'interconnecter quelques 250 universités et principaux laboratoires de recherche nationaux et privés aux Etats-Unis. Actuellement, un certain nombre d'expérimentations en banc d'essai sont en cours, leur but est de déterminer les besoins futurs de ces organismes et, de là, d'aider à la planification et au développement des capacités de ces réseaux, avec des débits de l'ordre du gigabit, et de leurs composants. Le **graphique 3** identifie ces bancs d'essai et illustre leur déploiement géographique aux Etats-Unis.

### **3.4.3 Europe**

L'assise solide de la recherche ainsi que les projets en laboratoire et projets de démonstration observés en Allemagne ont, en général, fait une grande impression sur les membres de l'équipe de recherche de l'OCDE. Les applications expérimentales qui ont été présentées montrent une qualité et un degré d'innovation élevés.

Graphique 3. Bancs d'essai des transmissions gigabit aux Etats-Unis



Source : Status Report on the European Gigabit Initiative, R. Popescu-Zeletin, DETEBERKOM / GMD, Berlin 1993, p.1.

Les utilisateurs réseau en Allemagne et au sein du CERN en Suisse se sont toutefois plaints du niveau de coût élevé et de la disponibilité limitée des installations d'acheminement de données numériques à hautes performances à travers le réseau téléphonique public en Europe. Le prix des liaisons spécialisées de base, généralement fournies par les exploitants des télécommunications publiques (ETP), en situation de monopole, est souvent cinq fois plus élevé que le prix de services équivalents aux Etats-Unis.<sup>15</sup> Contrairement aux Etats-Unis, le développement d'une infrastructure inter-réseau (IP network) à commutation par paquets indépendamment des ETP n'a pas été autorisée. Par conséquent, malgré l'extension rapide d'Internet en Europe, en termes de noeuds et de connectivité, l'agrandissement de la bande passante utilisée pour connecter ces noeuds est pitoyable et les faibles débits de transmission vers les autres sites européens sont un des sujets de doléances des utilisateurs de systèmes informatiques à hautes performances.

En février 1993, la Communauté européenne a annoncé un plan en faveur d'une dorsale paneuropéenne pour des liaisons de type TCP/IP et X.25 à commutation par paquets permettant des vitesses allant jusqu'à 2 mégaoctets par seconde. Bien qu'elle représente un accroissement de capacité de l'infrastructure réseau en Europe qui était bien nécessaire, cette annonce se situe loin des liaisons à 45 mégaoctets déjà disponibles avec la dorsale du NREN aux Etats-Unis.

Il semblerait que l'obstacle principal à une rapide amélioration des performances de l'infrastructure réseau dans les pays européens viennent des PTT européennes qui ne voient pas de débouché commercial important pour des services de transport des données à des débits très élevés. Ceci venant s'ajouter à la résistance des utilisateurs des centres de super-ordinateur et autres utilisateurs de systèmes informatiques à hautes performances pour payer des tarifs très élevés pour une bande passante relativement limitée, aboutit à une querelle de clocher.

Au Royaume-Uni, une voie prometteuse laisse entrevoir une sortie à cette impasse. Le SuperJANET (le réseau de recherche de type Internet britannique) a en effet amené une rapide amélioration de l'intersection de ses liaisons de communication pour un coût relativement faible maintenant qu'il y a

une certaine concurrence. Ceci nous ramène au problème clé : en Europe, l'évolution rapide des réseaux hautes performances semble étroitement liée à la future structure du marché de l'industrie des transmissions de données qui est, en grande partie, sous la domination des monopoles.

Dans quelques pays européens, un certain nombre de projets pilotes basés sur des applications sont en cours d'études portant sur les besoins en transmission et en commutation des applications ordinateur-communication évoluées. Les sites visités sont :

- BERKOM à Berlin (le système de publication électronique multimédia, CIM, bureau de la planification urbaine) ;
- TUBKOM à Berlin (médecine, enseignement, gestion de réseau) ;
- RUS à Stuttgart (simulation, FIO, CAO, Recherche conjointe, etc.) ;
- ICA à Stuttgart (FIO, visualisation, dynamique des fluides, etc.) ;
- CERN à Genève (informatique distribuée, ressources de l'information, etc.).

Les services liés aux infrastructures relevant des responsabilités nationales, la situation vis-à-vis des réseaux transnationaux, comme dans le domaine de la Physique à Haute Energie (High Energy Physics -- HEP) et le Réseau Européen de Recherches Universitaires (European Academic Research Network -- EARN), est particulièrement difficile. Dans le contexte d'EUREKA, la Coopération sur les Systèmes Ouverts de Communication en Europe (Co-operation of Open Systems Interconnection Networks in Europe -- COSINE) a été mandatée pour l'améliorer. Parallèlement, concernant les réseaux à très hauts débits, de nouveaux concepts sont en cours d'étude dans le cadre des Réseaux Associés pour la Recherche Européenne (RARE). Les efforts fournis dans le cadre de RARE en vue de promouvoir et de participer à la création d'une infrastructure informatique et de communication de haute qualité à l'échelle européenne ont abouti à la création de DANTE (Delivery of Advanced Network Technology to Europe Limited), en juillet 1993. DANTE a été créé par les membres, représentants des pays participants, de RARE. Le principal service offert par DANTE est EuropaNET, qui offre un ensemble de services de transport à travers des dorsales paneuropéennes, de passerelles vers d'autres réseaux et une connexion intercontinentale avec les Etats-Unis. Dans le but de satisfaire à la demande de plus en plus forte pour des interconnexions réseau à débit élevé, DANTE travaille à une dorsale d'une nouvelle génération (visant des débits de 34 et 155 Mbits/s) représentant un niveau de développement plus avancé.

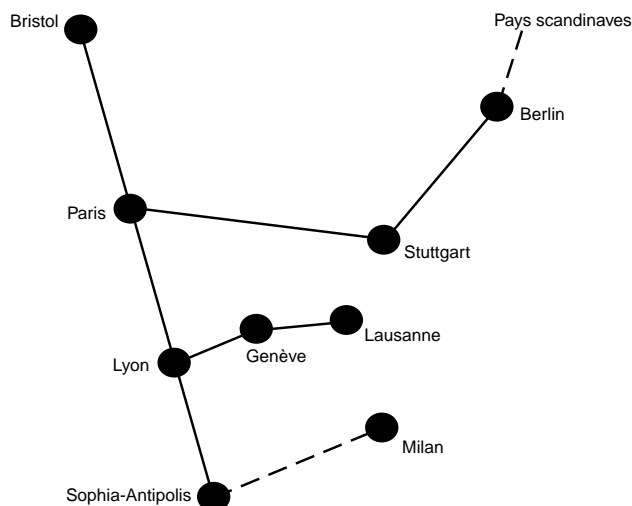
A l'échelle européenne, la principale initiative est le programme RACE (Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe) de la Commission des Communautés européennes. L'objectif de RACE est de mettre au point et d'exploiter des réseaux à hautes performances d'ici 1995. D'après les discussions conduites à ce jour avec les différents exploitants de télécommunications européens, trois réseaux sont envisagés :

- EBIT (European Broadband Interconnection Trial) ;
- METRAN (Managed European Transmission Network) ;
- GEN (Global European Network).

Le **graphique 4** représente le dernier projet de topologie réseau (bien que la liste des membres de la communauté R-D et des utilisateurs ne soit pas finalisée).<sup>16</sup>

La mise en oeuvre d'une infrastructure informatique et de communication complète au sein des communautés européennes exige des efforts considérables et durables fournis conjointement par les autorités européennes. Le récent Livre blanc publié en décembre 1993 par la Commission des Communautés européennes, relatif à la Croissance, la Compétitivité et l'Emploi (infrastructures liées aux chemins de fer, aux routes, aux transports maritimes et à l'information) prévoit que la CE dépensera environ 120 milliards d'Ecu sur les six prochaines années ; les investissements privés et publics concernant l'ensemble de ces infrastructures pourraient atteindre plus de 400 milliards d'Ecu.<sup>17</sup>

Figure 4. Planification du réseau européen HPCC



Source : Rapport de statut concernant «European Gigabit Initiative», *op. cit.*, p. 47.

### 3.5 Les enjeux économiques et technologiques

Dans le paragraphe précédent, il a été démontré que les nouveaux besoins industriels et les applications nouvelles encouragent l'élaboration de nouvelles capacités informatiques et de nouvelles configurations informatiques. Les besoins des utilisateurs de haut niveau pour les fonctions de visualisation, de simulation et d'optimisation, le développement et la recherche menés simultanément de façon conjointe, de même que la nécessité de mettre en place des bases de données gigantesques et les ressources d'information associées aboutissent à des configurations à hautes performances exploitées à travers des réseaux locaux ou des réseaux étendus. Ces développements ne posent pas seulement des problèmes techniques ; leurs dimensions politiques économiques et stratégiques sont aussi importantes.

#### 3.5.1 Enjeux économiques

Même dans ses formes encore embryonnaires -- en particulier dans une configuration de réseau local -- les techniques HPCC ont déjà prouvé leur importance économique et stratégique dans de nombreuses applications scientifiques et industrielles dans tous les pays visités.

Dans le contexte d'entreprises, le groupe d'expert a pu discuter d'exemples qui, documents à l'appui, prouvent les réductions de coûts et les gains de temps de R-D permis par HPCC dans le cadre de la commercialisation des produits et services. Avec HPCC, les expérimentations des produits et services sont plus courtes et peuvent prendre en compte davantage d'options de conception et de performances. Les exemples pris concernent les appareils ménagers (des fours offrant davantage de sécurité et consommant moins d'électricité), l'automobile (étude des caractéristiques de nouveaux modèles de véhicules, amélioration des caractéristiques aérodynamiques afin de réduire les consommations de carburant, et analyse des comportements en collision), et jusqu'à la conception d'avions avec un niveau de bruit moins élevé et une consommation de carburant réduite. Le HPCC est aussi utilisé en médecine humaine comme un outil de conception et de tests des implants de hanche et de dents ainsi que dans la micro-chirurgie. On lui reconnaît d'autres utilisations importantes comme la météorologie et l'aide à la décision, utilisant la modélisation économétrique, des responsables de l'action gouvernementale.

Jusqu'alors, un nombre limité de grandes entreprises ont tiré profit de ces outils. L'extension du potentiel et des possibilités de tels systèmes au moyen de technologies de transmission et de commutation améliorées pourrait bien permettre d'énormes économies d'échelle et de gamme et, de là, se traduire en de meilleurs rapports coût/performances. Caractéristiques dans les secteurs de l'électronique et des TI en



général, elles ont été déterminantes pour leur diffusion. Il se peut donc qu'en termes de coûts, le HPCC soit plus à la portée des petites et moyennes entreprises.

Ainsi, selon les prédictions des experts, les gains annuels de productivité réalisés dans les secteurs industriels, grâce à HPCC, se situeront entre 1 à 6 pour cent d'ici 2000.<sup>18</sup>

Les conséquences de HPCC en tant qu'infrastructure d'information pourraient même être encore plus importantes au niveau macro-économique. L'implication de HPCC comme élément de base ou comme un moyen dans la recherche scientifique et industrielle pourrait modifier de façon déterminante les capacités d'innovation, voire être le "système innovation" d'une économie.

Le processus d'innovation pouvant en résulter semble se conformer à la dynamique décrite ci-dessous :

- 1) La recherche scientifique et industrielle et HPCC sont étroitement liés et mutuellement interdépendants. Les besoins de leurs utilisateurs en traitement "en temps réel", stockage et échanges d'information sont d'importants stimulants pour les développements TI et autres développements associés ; et
- 2) Les progrès réalisés en TI ouvriront, à leur tour, la voie à d'autres progrès dans la plupart des secteurs de la science et de l'ingénierie. Les systèmes informatiques évolués permettent la simulation de problèmes de recherche complexes et servent d'outils pour définir des solutions optimales. En fait, la "science du calcul" vue sous l'aspect d'un nouveau domaine scientifique est en train de se développer aux intersections des disciplines classiques (mathématiques, physique, chimie, science informatique, etc.). Ainsi, l'ordinateur ne se positionne plus seulement comme le produit de la technologie la plus évoluée mais aussi comme un outil nécessaire pour faire progresser la science fondamentale et les technologies. Cette relation mutuelle entre TI et l'innovation technologique en général est en train de prendre une place de plus en plus importante dans le processus d'innovation des sociétés industrialisées. Il se pourrait que cette interaction entre les réseaux HPCC et la recherche fondamentale et la recherche appliquée soit de plus en plus appelée à déterminer le potentiel innovateur d'une économie, elle est donc considérée comme un élément critique du progrès économique et social des pays industrialisés.<sup>19</sup>

Les conséquences de HPCC en tant qu'infrastructure d'information pourraient même être encore plus importantes au niveau macro-économique. L'implication de HPCC comme élément de base ou comme un moyen dans la recherche scientifique et industrielle pourrait modifier de façon déterminante les capacités d'innovation, voire être le "système innovation" d'une économie.

### **3.5.2 Enjeux technologiques**

L'orientation vers des applications de pointe permettra aussi d'attirer très tôt l'attention des constructeurs TI et des secteurs industriels associés situés en amont pour inciter à de nouvelles technologies et de nouveaux systèmes, tels que les microprocesseurs, les ordinateurs, les stations de travail, les télécommunications, les logiciels, etc. Les expérimentations d'applications se faisant jour, auxquelles sont impliquées les industries de production TI, permettent de meilleurs flux d'information et des retours d'information en temps réel entre utilisateurs et constructeurs. Ceci entraînera l'acquisition des connaissances plus étendues et un savoir-faire plus grand et permettra la prise en compte des besoins économiques et technologiques spécifiques à chaque application ou catégorie d'utilisateurs dans l'industrie. Concernant les réseaux HPCC, ce processus innovateur fonde sur les applications rend plus facile l'accroissement de la recherche systématique d'améliorations touchant tous les segments constituant le réseau. De plus, les différentes étapes des phases de développement et de conception de nouveaux équipements TI et de logiciels d'exploitation se déroulent en parallèle (techniques simultanées). Enfin, la demande pour les différents équipements et services constituant HPCC (tels que les ordinateurs, les systèmes de transmission et de commutation, les logiciels, l'intelligence artificielle, les systèmes experts et les biens et services associés) stimuleront, dans les phases de mise en oeuvre et d'utilisation des systèmes

HPCC, la verticalisation des principaux segments HPCC dans des intégrations de type progression-régression. Le **graphique 2** donne une représentation schématisée de ce processus.

En fin de compte, la mise en oeuvre et l'utilisation des infrastructures d'information basses sur HPCC pourrait déclencher ce que Kenichi Imai a qualifié (en 1983) de "mécanismes générateurs de progrès" invitant à une multiplication verticale et horizontale de la division du travail compte tenu du fait que les nouveaux produits et les nouvelles technologies HPCC sont en quête de types d'utilisation et d'applications. Ces réactions en chaîne, sur un plan horizontal et vertical, peuvent émerger à la fois du côté de l'offre HPCC et, en aval, dans les industries utilisatrices des ressources HPCC. Concernant l'offre, ces forces traduisent la demande pour les différents équipements et services constituant les systèmes HPCC (composants électroniques, ordinateurs, équipements de transmission et de commutation, logiciels, intelligence artificielle, systèmes experts et services) et favorisent la création de grappes d'entreprises dans les principaux segments HPVCC (voir les impacts en amont dans le **graphique 2**) ; on trouve des processus similaires dans les industries des utilisateurs HPCC, le raccourcissement des boucles de réaction entre producteurs et utilisateurs facilite la diversification des produits et des services et le développement de nouvelles gammes de produits qui représentent un terrain propice pour la création de nouvelles entreprises et de nouvelles opportunités d'emploi. Par conséquent, la perspective verticale, c'est-à-dire la création d'entreprises de production de support des constructeurs et/ou d'entreprises concurrentes et d'utilisateurs pour les différents segments HPCC listés dans le **graphique 2** (voir les impacts en amont) est reconnue comme un facteur important pour le processus innovateur et pour des développements durables dans les économies les plus industrialisées.<sup>21</sup>

Cependant, cette interdépendance entre le développement/production et l'utilisation des systèmes risque davantage de bloquer les utilisateurs et fournisseurs les uns vis-à-vis des autres rendant en fin de compte ces innovations vaines. Une attention particulière devra donc être portée à la conception et au fonctionnement des différents types de structures réseau de manière à identifier les dispositions les plus opportunes pour aboutir à des flux d'information utiles.

Il est également important que les pays qui ne disposent pas de grandes capacités de recherche et de production informatiques, puissent bénéficier des échanges d'information sur cette interaction utilisateur/constructeur dans les phases de conception et d'expérimentation des réseaux HPCC. Des informations pointues sur les progrès des réseaux informatiques et de communication à hautes performances et des applications pourront aider ces pays à anticiper et planifier leur rôle futur. De plus, une meilleure visibilité aidera à évaluer l'incidence sur les avantages comparatifs existants des différents secteurs industriels, et à identifier de nouvelles opportunités. Une connaissance précoce de HPCC permettra aux utilisateurs d'élaborer de nouveaux créneaux et d'autres stratégies.<sup>22</sup>

### **3.6 Les stratégies des pouvoirs publics et les programmes HPCC**

#### *Introduction*

Les stratégies de la plupart des pays de l'OCDE concernant le développement, la production et la distribution des produits et systèmes basés sur une nouvelle technologie sont essentiellement fondées sur les mécanismes de marché. Or les nombreuses réglementations et les carences, qui entravent les réseaux informatiques et une infrastructure de l'information, sont nombreuses. Entre autres, l'existence d'économies d'échelle et de gamme, un manque d'expérience concernant les estimations de coûts, le caractère et le degré extraordinaire d'incertitude dans les processus de connexion en réseau, le besoin d'expérimentations à grande échelle avec des solutions de remplacement et la coordination de différentes catégories d'acteurs impliqués à la fois comme fournisseurs et utilisateurs de ces réseaux. Par conséquent, il ressort des visites *in situ* que tous les aspects de HPCC donnaient lieu à une politique de la part des pouvoirs publics, se traduisant par des actions défensives (axées sur la recherche d'un consensus autour de la définition des orientations choisies dans les programmes de recherche ou bien sur l'ouverture de créneaux que permettra HPCC) et jusqu'à des actions plus énergiques pour subventionner la technologie HPCC avec des fonds publics directs, soutenir des applications et prévoir des capitaux à faible coût pour des projets à plus long terme.

### 3.6.1 *Etats-Unis*

L'initiative HPCC représentant un budget de 3 milliards de dollars E-U correspond à un programme HPCC fourni et à long terme. Dans ce programme, des objectifs et des stratégies précis sont fixés, tels que des expérimentations concurrentielles dans le monde réel et la mise en place de bancs d'essai pré-concurrentiels. Les objectifs et les priorités stratégiques visent essentiellement à :

- étendre la domination technologique des Etats-Unis dans le domaine de l'informatique et des communications à hautes performances ;
- favoriser une large diffusion et de nombreuses applications de ces technologies à la fois pour accélérer le rythme des innovations et pour servir l'économie nationale, la sécurité nationale, l'éducation et l'environnement global ;
- encourager les gains de productivité et la compétitivité industrielles américaines en intégrant les technologies de réseau et d'informatique à hautes performances dans les procédés de conception et de production ;
- soutenir la recherche de solutions aux défis scientifiques et techniques importants par une forte activité de R-D ;
- réduire les incertitudes de l'industrie vis-à-vis de la R-D et de l'utilisation de cette technologie par une coopération accrue entre les pouvoirs publics, l'industrie et les universités et par le recours constant à des installations des pouvoirs publics ou des installations subventionnées par les pouvoirs publics comme utilisateurs de prototypes des premiers produits HPCC commercialisés ;
- prendre en charge les infrastructures sous-jacentes de recherche, de réseau et de systèmes informatiques sur lesquelles est basée la technologie de l'informatique à hautes performances des Etats-Unis ; et
- fournir les ressources humaines des Etats-Unis pour satisfaire les besoins de l'industrie, des universités et du gouvernement.

De plus, l'initiative HPCC, étendue par la proposition de loi concernant l'infrastructure de l'information nationale (US Bill on National Information Infrastructure) et autres sujets, est orientée vers les applications et réunit le soutien de tous les principaux acteurs concernés en tant que fournisseurs et utilisateurs de HPCC et des fonctions associées. Ce programme a même gagné l'adhésion et un soutien important du Président des Etats-Unis et du gouvernement américain.

### 3.6.2 *Japon*

Le Japon, à l'instar des Etats-Unis, bénéficie d'une solide assise en matière de construction de super-ordinateurs (Hitachi, Fujitsu, NEC et autres). On constate aussi un engagement important des pouvoirs publics dans les projets HPCC, comprenant le nouveau programme "Real World Computer" (RWC, l'ordinateur du monde réel, représentant un budget de quelques 600 millions de dollars E-U) dont l'objectif est de mettre au point une technologie de traitement de l'information flexible dont le fonctionnement serait similaire au mode de fonctionnement du cerveau humain ; le Groupe d'études et de recherche sur le RNIS a large bande du MPT a évalué le montant des investissements requis pour mettre en place un tel réseau avant l'an 2015.<sup>24</sup> NTT utilisera les câbles en fibre optique pour connecter les foyers et les entreprises et permettre ainsi la transmission en mode numérique des voix, données et vidéo à haut débit. Malgré l'absence d'informations détaillées quant à l'application devant être fournie à travers le réseau à haut débit, on peut considérer que des investissements de cette importance ne peuvent que viser à renforcer les structures de recherche et industrielles du Japon pour la fourniture d'équipements et de systèmes liés à HPCC et utilisant la transmission asynchrone.

Apparemment, ce programme comprend des objectifs politiques larges afin de préparer le Japon au 21<sup>ème</sup> siècle, notamment :

- l'informatisation de l'économie ;
- la décentralisation des activités industrielles ;
- le développement des régions.

Ces sujets ont fait l'objet de débats dans de nombreux milieux industriels et économiques auxquels les médias ont largement participé. Il en résulte une sensibilisation plus grande sur les plans économique et social de HPCC et des TI en général est par conséquent générale. Pour donner un seul exemple : la notion d'informatisation englobe des objectifs économiques et sociaux précis tels que des produits et services plus intelligents, une diminution de la pollution, un accroissement des innovations, une plus grande compétitivité et des marchés plus étendus.

De même, les directives politiques pour soutenir la mise en oeuvre de réseaux numériques évolués et préparer les changements fondamentaux attendus dans l'économie japonaise incluent également des plans d'amortissement spéciaux pour les systèmes basés sur des technologies plus vieilles et les coûts irréversibles associés, des prêts du gouvernement à des taux d'intérêt faibles et des garanties gouvernementales pour les endettements.

Bien que des mesures de cette importance puissent renforcer de façon significative les structures industrielles japonaises propres aux techniques HPCC, l'absence, aujourd'hui, d'applications ciblées pourrait se révéler pénalisante. Pour cette raison, le MPT soutient actuellement un projet pilote portant sur une application du RNIS-B qui démarrera dès 1994 dans la région de Kansai. On espère que ce projet encouragera les développements de logiciels et d'algorithmes mathématiques permettant de traiter les applications liées aux grands défis.

### 3.6.3 Europe

En Europe, les visites *in situ* se sont limitées à l'Allemagne et la Suisse. Au niveau de progrès atteint, il n'existe pas en Europe un programme global sur les développements HPCC de l'ordre du gigabit/téraflop. La Communauté européenne soutient, à travers les différentes générations des programmes ESPRIT et RACE, des développements respectivement liés aux ordinateurs évolués et aux réseaux de communication. Quelques pays [par exemple, l'Allemagne (DFN), la Finlande (FUNET), la France (Renater) et le Royaume-Uni (SuperJANET)] ont déjà démarré ou envisagent des programmes nationaux dans ce domaine. Ces projets ont pour objectif de tester les architectures de réseaux grande distance utilisant le mode de transmission temporelle asynchrone supportant généralement un débit de 34 Mbits/s avec une possibilité d'évolution jusque un débit de 155 Mbits/s. Par ailleurs, de nombreux centres d'excellence conduisent des expérimentations où l'informatique à hautes performances et les réseaux de communication à hautes performances, constituent des entités séparées, financées par des fonds publics émanant de leurs gouvernements nationaux respectifs, et/ou bénéficiant d'un soutien au titre de la R-D de la Commission des Communautés européennes à travers les programmes TI (ESPRIT, RACE et Telematics). Les connexions transnationales entre les réseaux de recherche, au niveau européen, sont coordonnées par RARE (Réseaux associés pour la Recherche Européenne). En particulier, l'unité DANTE (Delivery of Advanced Network Technology for Europe) de RARE, prévoit, dans un proche avenir, de fournir des services avec un débit de 8 Mbits/s.

En mettant l'accent sur les technologies de communication évoluées, la CE encourage le développement des concepts de réseau à large bande (par exemple, Integrated Broadband Communications -- IBC). Un grand nombre d'expériences conjointes sur le concept de la large bande (RNIS-B) sont d'ailleurs prévus par les exploitants de télécommunications européens :

- European Broadband Interconnection Trial, EBIT ;
- Managed European Transmission Network, METRAN ;
- Réseau Européen de Liaisons Spécialisées (Global European Network, GEN).

En Europe, les principales difficultés semblent venir des contraintes organisationnelles/institutionnelles, techniques et réglementaires associées aux développements de services transnationaux. Parce qu'il n'existe pas une industrie de l'informatique endogène compétitive, et que les exploitants de télécommunications sont confrontés à une pression concurrentielle de plus en plus vive, leur position vis-à-vis de HPCC est défensive. Par conséquent, HPCC est définie dans une bande plutôt étroite ; la large bande semble commencer aussi bas que 34 Mbit/s, comparée aux vitesses de transmission à 600 Mbit/s aux Etats-Unis. Pour les exploitants de télécommunications, la fourniture de services doit s'appuyer sur des critères commerciaux précis. Or, ils ne discernent pas dans un futur proche une demande réelle des clients pour des débits plus importants<sup>25</sup>.

Le coût d'utilisation des services de télécommunications européens pour les applications HPCC, peut être prohibitif. La tarification des services de télécommunications pour les réseaux ordinateur peut être cinq fois plus élevée que celle pratiquée aux Etats-Unis. Super-JANET, au Royaume-Uni, qui bénéficie du soutien du Département du Commerce et de l'Industrie (DTI) et tire profit d'un environnement de télécommunications concurrentiel, est l'exception.

Le rapport Rubbia, commissionné auprès de la Commission des Communautés européennes, constitue l'effort le plus remarquable en matière de grand programme européen axé sur les techniques HPCC. Ce rapport suggère des développements HPCC dans le contexte socio-économique et industriel qui se fait jour et propose un programme d'investissement de 5 milliards d'Ecu sur une période de 10 ans.<sup>26</sup>

### 3.6.4 Observations comparatives de conclusion

Les visites *in situ* ont confirmé de façon évidente l'importance économique et technologique des systèmes HPCC à la fois en aval puisque ces systèmes sont utilisés dans tous les secteurs économiques, et en amont par le développement d'un large éventail de capacités de recherche TI et de production, comprenant les microprocesseurs, les ordinateurs, les stations de travail, les architectures réseau, la technologie de transmission et de commutation, les logiciels, les algorithmes, l'intelligence artificielle, les ressources humaines et les qualifications du personnel.

Afin d'exploiter la totalité de ce potentiel, HPCC ne peut pas être limité à l'informatique ou aux communications. Avec, notamment, la technologie de transmission asynchrone, les câbles à fibre optique et les progrès de la technologie VLSI, HPCC est devenue *une entité indissociable*. Il n'est donc plus possible de distinguer où commencent et où finissent l'informatique, la commutation et la transmission. Chaque fonction détermine les performances de l'autre. Par ailleurs, les réseaux HPCC ne se limitent pas à offrir de nouveaux services permettant le traitement d'énormes quantités de données, ils peuvent aussi améliorer les services de télécommunications classiques pour un coût réduit.<sup>27</sup> Dans ce sens, HPCC représente davantage que le simple regroupement des différents éléments TI.

Une étroite coopération entre les ressources d'information évoluées (bases de données, bibliothèques), les communautés d'utilisateurs, d'une part, les constructeurs TI et autres industries associées ainsi que les responsables de l'action gouvernementale, d'autre-part, est essentielle pour baser la conception et le développement de l'entité HPCC sur des applications nouvelles et émergentes et sur des modèles d'utilisation. De façon idéale, cette interdépendance mutuelle entre les applications et les systèmes HPCC visant la satisfaction des besoins des utilisateurs de haut niveau pourrait susciter un flot continu d'innovations simultanément dans les deux secteurs et optimiser les chances de réduire le nombre d'autres options réseau acceptables, ce qui est primordial pour les économies d'échelle et de gamme.

Cependant, on constate, à ce niveau de progrès, des différences importantes entre les politiques HPCC. Celles-ci reflètent en grande partie l'actuelle distribution des structures de recherche et de production de l'ensemble des différents segments HPCC, la structure industrielle et les objectifs politiques poursuivis par les pays concernés pour préparer leur avenir industriel.

Parmi les trois régions OCDE considérées dans ce rapport, les *Etats-Unis* détiennent une position dominante en ce qui concerne la recherche et la production de super-ordinateur, comprenant les systèmes parallèles vectoriels massifs, les logiciels, les technologies de transmission asynchrone et d'autres transmissions évoluées.

De la même façon, le *Japon* dispose d'une assise solide en matière de recherche et d'industrie des super-ordinateurs. Les machines vectorielles et les machines de traitements parallèles des grandes capacités (high end-parallel processing machines) sont très répandues et leur utilisation est courante. On dit que le Japon est moins bien pourvu en systèmes parallèles, utilisant de nombreux microprocesseurs à haut débit et de coût faible au lieu des grands systèmes polyvalents d'un coût plus élevé. Ces systèmes parallèles à coût faible, sur lesquelles on rapporte qu'ils sont avantagés par un environnement de capital risque, semblent moins fréquents au Japon. Cependant, des entreprises japonaises, telles que Fujitsu, Mitsubishi et Matsushita ont, dans un but commercial, mis au point des machines parallèles et multiplient leurs efforts pour développer un nouveau système de traitement, parallèle.

*L'Europe* n'a pas de structures endogènes de superordinateurs ; on y trouve des prototypes de systèmes parallèles à hautes performances (par exemple, les TP 9000 mis au point par Parsytech en Allemagne et Archipel en France), qui sont conçus sur la base de logiciels et d'algorithmes de pointe, et dont la commercialisation est prévue pour le milieu des années 90. Dans le domaine de la technologie des communications évoluées et de la transmission asynchrone, l'industrie européenne semble être sur un pied d'égalité avec les Etats-Unis et le Japon. Elle cumule même une riche expérience d'applications HPCC et de leurs systèmes hôte 385.s.

Ces trois régions disposent donc chacune d'avances intéressantes dans le domaine de la recherche et une coopération pourrait être avantageuse pour chacune d'elle. Cette coopération sera aussi utile à la définition d'autres objectifs stratégiques et économiques nécessitant une disponibilité HPCC plus importante. Elle déterminera également les économies d'infrastructure attendus en retour d'investissement et la taille future des structures industrielles dans ces domaines stratégiques. Des accords sont particulièrement nécessaires pour atteindre la masse critique et les économies d'échelle permettant de réduire les coûts et les prix dans un environnement compétitif.

Des discussions sur les sites, il est apparu de façon évidente qu'il existe plus d'une solution à la planification des niveaux de performance HPCC et que les concepts de réseau HPCC ainsi que les configurations réseau de remplacement en lice pour la distribution des structures propres à HPCC, sont nombreux.

Les études préliminaires de quelques expérimentations HPCC choisies et les politiques nationales HPCC laissent conclure à l'existence d'une grande quantité d'informations utiles, à la fois de données consultables et d'informations qualitatives plus subjectives. Ces informations seraient sans aucun doute d'une grande utilité pour les responsables des actions gouvernementales puisqu'ils seront amenés à prendre des décisions critiques concernant les problèmes d'infrastructure nationale dans les prochaines années.

En premier lieu, les décisions d'investissement en infrastructure devront être basées sur quelques modèles conceptuels de coût/profits, de tendances technologiques et de demande des utilisateurs potentiels. Ces modèles seront nécessairement spéculatifs et hypothétiques comme c'est presque toujours le cas en ce qui concerne les décisions liées aux infrastructures. Du fait du très long terme des investissements d'infrastructure, ils doivent prendre en compte au mieux, les changements technologiques, les innovations pour de nouveaux services et applications, et des modèles d'utilisation changeant selon les individus et les organisations.

A ce niveau, certaines nations ont une avance sur d'autres dans la mesure où elles mettent en place certaines technologies évoluées ou qu'elles sont en train de les mettre en place d'une manière inhabituelle et intéressante. Leurs expériences peuvent permettre des vérifications pratiques d'hypothèses politiques émises dans d'autres pays.

Par exemple, un débat est en train de s'ouvrir dans plusieurs pays pour choisir entre les deux positions suivantes : doit-on s'attacher à mettre en place un réseau de technologie évoluée à très haut débit, basé probablement en grande partie sur la fibre optique, ou bien doit-on encourager une infrastructure intermédiaire basée sur le RNIS. Quelques pays ont déjà une expérience RNIS qui apporte plus de lumière sur les coûts, la productivité et les modèles d'utilisations qui se dessinent avec RNIS. De même, et pour citer un autre exemple, l'étude de l'expérience française du Minitel pourrait donner une certaine visibilité

sur l'utilisation, la productivité et les demandes technologiques des nouveaux services d'information domestiques.

Au-delà du simple fait de disposer de meilleures informations sur lesquelles appuyer les décisions, l'étude des expériences de réseau informatique en cours dans les pays Membres de l'OCDE préparera aussi les responsables des actions gouvernementales aux aspects internationaux de la construction d'une infrastructure. Il existe déjà un réseau international de supports et de services dont on peut tirer beaucoup d'enseignements. Les entreprises, les gouvernements, pour ne pas mentionner d'autres organisations et de simples particuliers, en sont venus à dépendre d'interconnexions transparentes et de flux d'information sans les contraintes de réglementations inutiles.

Les choix nationaux concernant la technologie, la tarification et les normes d'interconnexion à tous les niveaux, de même que les politiques de l'information, seront bien sûr différents les uns des autres, notamment parce qu'ils reflètent des besoins nationaux, des valeurs sociales et des perceptions de l'avenir qui sont différentes dans chaque pays. Néanmoins, ces choix doivent être synchronisés de manière à ce que la totalité de ces décisions nationales aboutissent à des réseaux globaux coordonnés. Une fois de plus, une étude attentive des programmes nationaux pourrait contribuer à une meilleure visibilité des tendances nouvelles.

Les axes des développements HPCC dans chacune de ces trois régions de l'OCDE sont identifiés dans le **graphique 5**. On ne doit pas les utiliser pour dire que tel pays est forcément plus en avance que tel autre pays, mais seulement que ces régions ont choisi des orientations différentes avec des moyens différents. La diversité des développements en question laisse fortement conclure au besoin de coordination dans la mesure où un large éventail d'expériences constituera un point fort et non plus un point faible.

Graphique 5. Axes des politiques HPCC et investissements des pouvoirs publics

Composants HPCC	Applica-tions HPCC	Ordina-teurs HP	Communi-cations HP	Mémoire centrale, mémoire auxiliaire	Logiciel	Plans d'investissement industriels (en milliards de \$US)	Recherche + Centres d'excellence HPCC	Financemen t par les pouvoirs publics (milliards de \$US)
Régions/Pays								
Etats-Unis	X	X	X	X	X	450 <sup>1</sup> (1993-2015)	X	3 billion (1991-95)
Japon		X	X			250 <sup>2</sup>		0.6 (1992-2002) RWC
Europe	X		X		X	n.d.	X	Rapport Rubbia : 3.5 billion Ecu

1. Une "infostructure" pour tous les américains : Générer la croissance du 21<sup>ème</sup> siècle, Avril 1993, Ameritech, Bell Atlantic, Bell South, NYNEX, Pacific Telesis, Southwestern Bell, Us West, Page 3.
2. Plans d'investissement NTT, Tokyo, juillet 1992.
3. CEC White Book (Delors Plan II) : Growth, Competitiveness and Employment, Bruxelles, 10 déc. 1993.

### 3.7 Conclusions et implications sur des études HPCC ultérieures

Il serait extrêmement utile de mettre en rapport quelques-uns des bancs d'essai en cours aux Etats-Unis, en Europe et au Japon.<sup>26</sup> On pourrait ainsi avoir plus de lumière sur les modèles probables

d'utilisation et les besoins techniques qui en découlent, et ainsi identifier quelles seraient les configurations HPCC les plus appropriées et quelle utilisation internationale peut être anticipée.

### *3.7.1 Liaisons entre les nouveaux bancs d'essai HPCC*

De même, un choix d'applications plus ambitieuses comme sujet d'expérimentations, serait plus judicieux. Les domaines parmi lesquels les exemples d'applications peuvent être choisis, sont la recherche, le développement et l'industrie/ingénierie. On pourrait aussi ajouter le commerce et les administrations : un grand nombre d'applications du service public, comme l'enseignement, les bibliothèques, la santé publique, les transports et les services sociaux constituent des domaines d'application critiques pour la recherche et les expérimentations HPCC. Ce type d'applications devrait dépasser le cadre actuel des capacités de transmission de données et donc nécessiter une infrastructure HPCC étendue.

Il serait également opportun d'établir dans chaque pays Membre un essai de projet au niveau de la communauté internationale pour développer et fournir de nouveaux services à travers des réseaux évolués. De tels efforts contribueraient à identifier les aspects légaux, techniques et sociaux ; à donner à l'industrie les possibilités de test et de développement de futurs produits et services ; et ce qui est encore plus important, à fournir des exemples pratiques des avantages et inconvénients potentiels des systèmes HPCC.

Dans chacun des pays visités, des expérimentations de ce type sont en phase de planification et en cours. En ce moment, par exemple, le Japon est en train de préparer un projet de dix milliards de yens pour tester la nouvelle génération de réseaux à fibre optique au Kansai Science Park City (à côté de Kioto).<sup>27</sup> Des bancs d'essai similaires sont exécutés ou bien pourraient être mis en place dans d'autres régions de l'OCDE.

Les pouvoirs publics peuvent assurer une position dominante. Les institutions publiques pourraient aider à la création de réseaux à hautes performances au sein des centres d'excellence pour la recherche et les développements publics. La recherche commerciale et les centres de développement pourraient, à leurs propres frais, se rallier à ces réseaux. Le coût de cette stratégie serait relativement faible par rapport aux énormes investissements imposés par une toute nouvelle infrastructure à large bande. Cette solution pourrait constituer un point de départ capital pour la construction d'une infrastructure globalisante. Dans ce sens, et dans l'intention de stimuler la création de super-artères de l'information, les Etats-Unis ont décidé, selon le principe qu'il faut semer pour récolter, de financer les applications dans lesquelles l'utilisation de HPCC pourraient être prouvée.

On ne peut nier l'influence des pouvoirs publics pour alléger les réglementations et les contraintes existantes, et dans l'apparition d'environnements compétitifs sur les marchés. Pour mémoire, il n'y a rien d'automatique dans l'apparition de nouveaux créneaux technologiques : ce sont les prix et les ouvertures de marché possibles qui décident de la large diffusion des systèmes basés sur les technologies de pointe. Pour les infrastructures, les pouvoirs publics ont toujours pris des mesures énergiques pour réduire les coûts privés et stimuler la recherche et les investissements dans les secteurs privés.

Une prise de conscience plus grande et une coordination entre des applications HPCC conduites ailleurs seraient particulièrement avantageuses pour l'Europe. L'instauration de liaisons entre les îlots HPCC existants ou prévus, seraient avantageuses dans la mesure où cette coopération au niveau européen constituerait un préliminaire à une intégration dans des activités et des applications HPCC dans le reste du monde. En l'absence d'une politique de coordination, il est cependant peu probable que cette éventualité aboutisse.

Les développements HPCC ne peuvent pas être laissés aux mains de groupes disparates de scientifiques et de chercheurs, d'un petit nombre d'entreprises d'avant-garde et aux considérations occasionnelles de quelques divisions gouvernementales. L'OCDE est particulièrement bien placée pour constituer un forum international où tous ces intervenants des milieux de la recherche, de l'industrie et des pouvoirs publics pourraient discuter de leurs intérêts communs concernant HPCC et concevoir des projets



communs pour ses futurs développements. Pour l'instant, les hauts responsables de l'industrie et les hauts fonctionnaires ne possèdent pas l'expertise HPCC que les chercheurs pourraient leur transmettre.

L'interconnectivité et la complémentarité des technologies HPCC et des systèmes dotés de capacités de télécommunications classiques restent à définir, de même que leur impact sur la tarification et la fourniture de services de télécommunications classiques. Jusqu'à aujourd'hui, on a considéré HPCC comme un service nouveau supplémentaire. Son potentiel pour modifier les services existants et probablement pour intégrer les nouveaux services et ceux existants dans la téléphonie numérique et les systèmes des communications mobiles n'a pas encore été pleinement apprécié.<sup>28</sup>

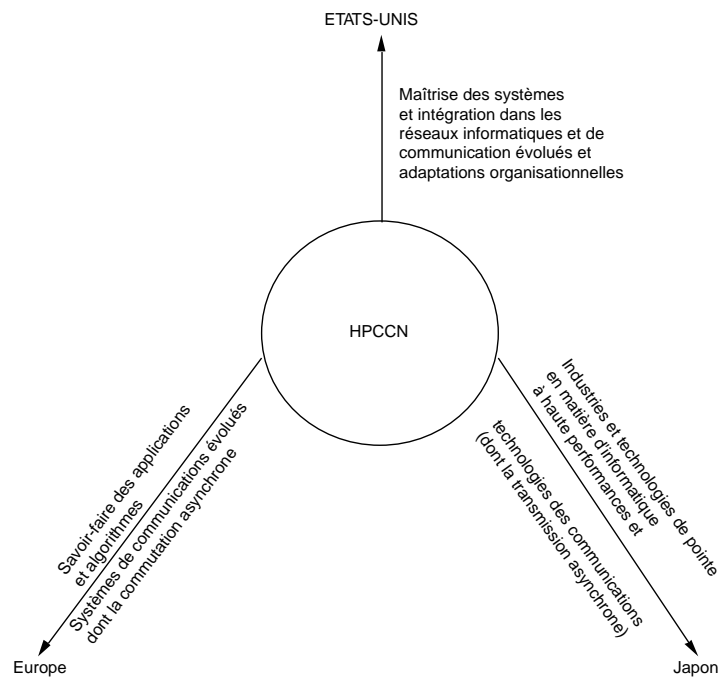
### **3.7.2 Directives de recherche pour des études HPCC ultérieures**

Les futures architectures basées sur l'informatique à hautes performances et les communications devront être flexibles et adaptables aux applications. De ce fait, la gestion des développements techniques de systèmes est plus difficile et requière plus d'énergie. Afin de faciliter ce processus et permettre l'intégration et la coordination dans le temps des phases de développement dans un même pays Membre et entre différents pays Membres, il serait judicieux de recueillir systématiquement les informations concernant les expérimentations HPCC en cours et celles planifiées et d'évaluer leurs implications stratégiques à intervalles réguliers.

Les études HPCC à venir devraient présenter les aspects stratégiques exposés ci-dessous :

- i) Les actions nationales visant à mettre en place des technologies évoluées des communications numériques, et la structure des coûts associés aux différents choix technologiques ;
- ii) La tarification et aussi l'utilisation des différents services de communications numériques transnationaux ;
- iii) Les applications de pointe et ce que l'on connaît de leurs modèles d'utilisation ;
- iv) Les données comparatives sur les actions, à l'échelon national, des responsables gouvernementaux ;
- v) Les tendances techniques à long terme des technologies des communications de données ;
- vi) Une comparaison des grandes actions menées à l'échelon national en matière de communications de données évoluées ;
- vii) Une enquête comparative, à l'échelle internationale, des études de cas existants (à la fois les publications officielles de la recherche et les rapports non publiés) sur les causes déterminantes de diffusion et d'utilisation des applications informatiques et de communication évoluées expérimentales et émergentes.

Graphique 6. **Avantages comparatifs et tendances des développements de réseaux HPCC dans ces pays**



## Chapitre 4. Un projet de calendrier international de la recherche HPCC

Les enseignements que l'on peut tirer de ce projet sont :

- les réseaux informatiques et de communication à hautes performances sont importants et contribuent de façon significative aux performances des régions de l'OCDE ;
- il existe une étroite relation entre les applications et l'utilisation du réseau, d'une part, et les choix techniques et économiques de conception des réseaux, d'autre part ;
- les réseaux informatiques et de communications à hautes performances sont plus coûteux que les réseaux de transmission des données classiques aux performances plus faibles et, seuls les utilisateurs des applications les plus exigeantes ont pu justifier, à ce niveau de progrès, les investissements effectués dans les technologies de pointe.

De plus, un consensus général semble s'être formé dans les trois régions de l'OCDE sur la nécessité d'une amélioration importante de leur infrastructure ordinateur-communications. L'accord sur les points de détails est, cependant, moins général, que ce soit au sein de chaque gouvernement ou entre les différents gouvernements. Les opinions varient en ce qui concerne les caractéristiques souhaitables dans l'architecture des nouveaux systèmes, sur les délais dans lesquels ils devraient être installés et sur les stratégies d'investissement appropriées. D'une manière générale, il manque les données et les analyses fiables qui guideraient de telles décisions.

C'est pour cette raison que de nombreux experts se sont tournés vers des programmes plus réduits et plus orientés HPCC, visant à développer des systèmes de communication de grandes capacités pour soutenir la recherche et l'éducation. Ces programmes poursuivent essentiellement trois buts :

- servir de plates-formes expérimentales pour le développement de nouvelles technologies de télécommunications ;
- fournir de services de communication évolués à un corps important constitué de la recherche et de l'éducation, qui profitera immédiatement de l'accès à ces services ; et
- servir de banc de test et de pouponnière pour le développement de nouvelles applications et pour avoir une plus grande visibilité des problèmes stratégiques clés que soulèveront d'éventuelles nouvelles infrastructures nationales (par exemple, la commutation par paquets, le courrier électronique et l'application GOPHER).

Ces bancs de test HPCC expérimentaux ne répondront pas à toutes les questions. Comparé à un système national, ils sont limités. Ils sont au service d'une petite communauté spécialisée et des modèles de subventions des gouvernements pourraient déformer des aspects visibles de leur utilisation.

Néanmoins, ces expérimentations devraient apporter des éclaircissements importants aux responsables des actions gouvernementales, aux directeurs des communications et aux utilisateurs qui doivent en fin de compte prendre des décisions concernant les développements de l'infrastructure. Ci-dessous graphique une liste des décisions importantes qui devront être soumises à un examen comparatif au cours d'une étude sur les programmes HPCC nationaux.

#### **4.1 Le rapport coût/performances des réseaux**

Qu'il s'agisse d'investir une somme de 500 dollars E-U pour une connexion à 144 Kbits/s, ou 1 000 dollars E-U pour une liaison ADSL à 1.5 Mbits/s, ou encore 20 000 dollars E-U pour une connexion par fibre optique supportant un débit de 600 Mbits/s, cette question est liée de manière inextricable au type d'applications qui utiliseront la bande passante disponible (et à la tarification de ces mêmes applications). Les choix rationnels, en termes d'économie, concernant les technologies réseau doivent pondérer le coût des différents niveaux de performance par rapport à la valeur des services réalisables (et de générer une demande importante à un prix donné).

Une autre question stratégique concerne les possibilités de réduction des coûts des services de communication HPCC et classiques par le biais d'investissement dans de nouveaux équipements de transmission et de commutation. Le modèle des tarifications RNIS-N et RNIS-B basées sur les coûts (voir la note 30 (en fin de document) présente une hypothèse des réductions de coût qui pourraient être réalisées en retour des investissements dans une technologie réseau évoluée, dans un environnement concurrentiel.

#### **4.2 Les tendances technologiques : coût et fonctionnalités**

Alors que, pendant des années, les progrès des techniques de communication (en particulier la téléphonie) ont avancé pas à pas, on a assisté, au cours des dernières années à une accélération rapide des innovations en termes de vitesse de transmission, d'intelligence des systèmes et d'applications nouvelles. Il en résulte un accroissement des fonctionnalités et une chute des coûts. Cette évolution accélérée, stimulée par les progrès de la micro-électronique, des matériaux et des systèmes informatiques, se poursuivra dans un avenir prévisible et peut considérablement compliquer le processus de décision quant aux investissements d'infrastructure.

Les responsables des actions gouvernementales sont en effet confrontés à deux dilemmes :

- quand et comment prendre les décisions relatives aux investissements d'infrastructure, étant donné que ces décisions peuvent "geler" la technologie en verrouillant les investissements à long terme dans des solutions technologiques spécifiques ? ; et
- sur quels modèles de la demande baser ces décisions, si l'on considère le changement tellement rapide des applications et des besoins des utilisateurs finals, et que la mise en place de cette infrastructure prendra plusieurs dizaines d'années ? Comment développer et vérifier ces modèles pour être en mesure de justifier les décisions majeures concernant les investissements ?

#### **4.3 L'économie de la demande en nouvelles applications**

Sur tous les sites visités, on a noté les efforts considérables consacrés au développement et aux essais de nouvelles applications qui nécessitent les bandes passantes correspondantes aux systèmes informatiques et de communication à hautes performances. La viabilité économique des systèmes de communication très performants est intimement liée à la demande d'applications nécessitant ces capacités de communication. Au mieux, les prévisions concernant la demande de nouvelles applications peuvent être basées sur ce que l'on sait de la demande d'applications apparentées existantes. Trop souvent, cependant, il n'existe aucune littérature valable pour présenter ces points essentiels que sont les causes déterminantes de la demande et de la diffusion (prix, revenu, etc.) des services existants, tels que la programmation vidéo, l'audio-conférence, les services de base de données, et autres services basés sur l'informatique et les communications. A l'évidence, même des questions simples concernant l'élasticité du prix et du revenu de la demande de services vocaux, par exemple, n'obtiennent pas facilement de réponse ; il manque même des

appréciations documentées des causes déterminantes de la demande pour de tout nouveaux services, tels les communication de données et les bases de données.

L'amélioration de notre base de connaissance empirique relative à la dimension économique de la demande de services vidéo, vocaux et d'information existants nous paraît essentielle pour en arriver à des décisions documentées -- qu'elles soient publiques ou privées -- sur les choix à faire en matière de conception et de déploiement des réseaux. Etant donné l'importance des investissements envisagés pour la construction des réseaux de la prochaine génération, la rentabilité économique d'une politique des pouvoirs publics bien pensée semble évidente. La recherche sur la dimension économique de la demande de services de l'information évolués devrait être prioritaire.

#### **4.4 Les impacts économiques des applications**

Notre degré de compréhension des retours des investissements faits en matière de réseaux de communication rejoint les considérations précédentes. Si l'on considère les énormes coûts potentiellement engagés dans cette recherche, l'évaluation des retours économiques d'investissements dans ces réseaux de grandes capacité, et les bénéfices techniques et économiques qui peuvent entraîner la planification de tels projets, doivent avoir une assise empirique solide. L'amélioration de notre base de connaissances concernant les retombées économiques -- tant sociales que privées -- et les choix économiques englobés dans ces investissements peuvent être importants pour la rationalisation de ces dépenses. Deux éléments méritent d'être approfondis.

##### **4.4.1 *La productivité***

Les investissements pour l'amélioration des communications peut être justifié par les effets de cette amélioration sur les industries utilisatrices de ces mêmes communications, en termes d'une amélioration de la productivité dans l'utilisation d'autres ressources. A ce jour, les études qui ont été menées sur les bénéfices économiques des services de communication améliorés sont restées relativement rudimentaires. Des politiques bien étayées nécessitent une information infiniment meilleure sur les gains de productivité pouvant résulter de ces investissements.

##### **4.4.2 *L'organisation industrielle -- L'accès à l'information et la concurrence***

Un accès équitable à l'infrastructure de l'information et aux nombreuses ressources d'information associées, est indispensable pour une concurrence économique efficace. Simultanément, l'information et la technologie de l'information constituent les ressources de base qui permettent aux entreprises de personnaliser leurs produits et d'être concurrentielles.

Les différentes nations vont définir des règles d'accès qui établiront un pont entre les ressources d'information publiques et privées, par le biais des politiques et des nouvelles lois relatives à l'antitrust, la propriété intellectuelle et l'accès du public à l'information. Il est probable que des interactions complexes vont apparaître entre les différentes politiques, affectant différemment la compétitivité des entreprises basées dans les différentes régions. La prise en compte des conflits issus de ces interactions et la compréhension de leur impact sur le devenir concurrentiel des entreprises américaines représenteront probablement un élément de plus en plus important pour les responsables des actions gouvernementales aux Etats-Unis.

## **4.5 La connectivité internationale**

Les différentes nations se lançant dans le développement de leur infrastructure de réseau, la connectivité entre les systèmes nationaux devrait devenir un facteur de plus en plus important. Aux Etats-Unis, par exemple, il existe actuellement au moins deux normes différentes -- incompatibles -- de téléphonie vidéo à basse vitesse. Au Japon, au moins trois de ces systèmes incompatibles sont actuellement en production. Qui plus est, aucun des systèmes américains n'est compatible avec l'un quelconque des systèmes japonais. Il est clair qu'il convient d'envisager la création d'une norme nationale unique. En regardant un peu plus loin, la question plus complexe encore de l'harmonisation au niveau international des normes nationales doit également être soulevée. Tout le monde tirera profit d'un niveau minimum de compatibilité entre normes nationales pour de nouveaux services. La création de mécanismes permettant de traiter ces problèmes de manière efficace est hautement prioritaire pour les organismes internationaux.

## **4.6 Questions de stratégie sociale et politique**

Parmi les questions de stratégie de l'information que soulève une infrastructure informatique évoluée, on peut citer la liberté d'expression, la propriété intellectuelle, le droit d'accès, la vie privée et la confidentialité, la sécurité, l'intégrité, la fiabilité des ressources de données ainsi que leur archivage. La politique de l'information découle d'un processus difficile d'équilibres contraires entre des intérêts sociaux en conflit, et, dans la plupart des cas, l'origine des problèmes remonte à la fin des temps. Le changement technologique peut altérer des équilibres antérieurs, ou créer de nouveaux types de ressources et de services auxquels ne peuvent s'appliquer aucun modèle ni aucune règle. La manière dont les différentes nations vont résoudre ces problèmes affectera considérablement les flux d'information circulant à travers cette infrastructure.

### **4.6.1 La liberté d'expression**

L'analyse de cette question se réduit à trois considérations de base :

- la possibilité d'accès à l'information. Jusqu'à quel point le décideur doit-il assurer au public un droit d'accès large et équitable aux principaux courants d'informations de la société ?
- la capacité de préserver la confidentialité de l'accès. Jusqu'à quel point des directives peuvent-elles et doivent-elles protéger la possibilité qu'a un usager d'accéder à l'information, sans nécessiter l'intervention des pouvoirs publics, des employeurs ou de toute autre partie intéressée ; et
- la possibilité d'exprimer ses idées. Si le lieu principal du discours public se déplace vers le domaine électronique, la possibilité de s'exprimer via ces nouveaux supports sera capitale pour la liberté d'expression. Les supports électroniques, bien que l'on pense couramment qu'ils se démocratisent, peuvent aussi offrir de nouveaux garde-fous et de nouveaux points de contrôle de l'expression ; les gouvernements démocratiques devront protéger la liberté de parole à travers ces nouveaux supports.

### **4.6.2 La vie privée**

L'infrastructure informatique crée des menaces nouvelles non négligeables pour la vie privée des individus et le secret des organismes, que ceux-ci utilisent ses services directement ou non. Plus d'informations sont recueillies sur les personnes et sur leurs activités, elles sont plus facilement accessibles et peuvent être fusionnées à travers le réseau. De par leur forme électronique, il est beaucoup plus facile

de les rechercher, de les comparer, de les analyser et de les échanger. Les demandes pour plus d'accès à ces informations sont de plus en plus pressantes : par exemple, auprès des gouvernements pour la recherche policière, ou bien pour l'utilisation par des utilisateurs du secteur privé pour obtenir des renseignements de solvabilité ou d'antécédents professionnels. Il est demandé à de nombreux gouvernements de pondérer les requêtes émanant de leurs propres administrations pour recueillir et utiliser des renseignements sur les citoyens par rapport au droit à la vie privée de ces derniers. On leur demande aussi de limiter ou de mettre un frein à l'utilisation des informations personnelles par des organismes privés.

#### **4.6.3 La sécurité**

La sécurité suppose que soient assurées tant la sécurité matérielle du réseau que l'intégrité et la fiabilité des ressources disponibles à travers celui-ci. La notion de réseau rend le problème de la sécurité particulièrement difficile à résoudre, et ceci pour deux raisons :

- Il augmente la facilité d'accès, et par là même il multiplie le nombre d'individus, disséminés sur un territoire de plus en plus grand, pouvant accéder aux sources d'informations ; et
- Dans de nombreuses applications, la possibilité de manipuler l'information est un élément fondamental du service, mais elle pose aussi des problèmes de modification des données, et donc la possibilité de contestation de la fiabilité et de l'intégrité de la base de données.

La stratégie et la législation (y compris par des sanctions pénales), les politiques et les procédures administratives et les solutions technologiques seront mises à contribution pour préserver l'intégrité des ressources d'informations sur réseau. Cependant, là encore, il faudra pondérer le besoin de protection des acquis par le désir de profiter pleinement d'une infrastructure universellement accessible.

#### **4.6.4 La propriété intellectuelle**

L'expansion extraordinaire et l'utilisation croissante des réseaux en si peu de temps est source de nouvelles mises en cause du système de la propriété intellectuelle qui devra sans aucun doute faire l'objet d'une importante révision. La facilité offerte à chacun de faire des copies numériques d'un article ou d'un fichier de données représente le principal problème. La vision d'une bibliothèque numérique, permettant l'accès au contenu des ressources quelles que soient leur forme et leur emplacement, suggère à certains la nécessité de refondre ou repenser le droit de la propriété intellectuelle.

Il existe un large consensus public parmi les utilisateurs et les éditeurs selon lesquels les gouvernements doivent continuer à protéger les droits d'auteur des fichiers et documents. Mais en même temps, une politique de protection trop stricte pourrait être entraver la libre circulation des informations et aussi les innovations. Le droit de la propriété intellectuelle est, par essence, un équilibre entre l'attribution aux auteurs et aux distributeurs d'un droit de monopole limité et la cession au public de droits pour accéder aux informations, les échanger et les utiliser.

#### **4.6.5 L'accès**

L'accès se décompose en deux éléments -- l'accès au réseau, et l'accès aux ressources installées sur le réseau. Il est clair que l'accès au réseau lui-même doit être aussi ouvert que possible, car il représente la passerelle pour accéder à toutes les ressources disponibles à travers le réseau. Tout comme il est clair que différentes réglementations peuvent accorder ou non l'accès aux ressources, en tenant compte de notions telles que la vie privée, la propriété intellectuelle, la sécurité nationale et d'autres considérations. Il incombe

toutefois au gouvernement de s'assurer que le fonctionnement des réseaux est aussi ouvert et que leurs conditions sont aussi équitables que possible.

#### **4.6.6 *L'archivage***

Comme le montre une jurisprudence américaine récente, les réglementations relatives à l'archivage des informations électroniques sont encore très fluctuantes. Ce point concerne particulièrement les historiens pour qui la conservation des archives de documents de recherche, est capitale. Il est possible, pourtant, que des nations soient déjà en train de perdre des enregistrements importants, enregistrements historiques qui seraient effacés au nom de l'efficacité, ou données scientifiques stockées dans de mauvaises conditions. La protection et l'archivage de ces données doit être un souci majeur pour les gouvernements.



## SECTION 2 : RAPPORT D'ENSEMBLE SUR HPCC

### Chapitre 5 : Analyse des différents projets nationaux relatifs à l'Etat de l'Art des Développements et des Applications HPCC1

#### 5.1 Tendances de l'évolution de l'informatique à haute performance<sup>29</sup>

##### 5.1.1 Introduction

Dans les programmes conduits aux niveaux national et international, les composantes de l'informatique à hautes performances (High Performance Computing -- HPC) -- doivent toujours être mises en regard des autres composantes de ces programmes telles que les interconnexions réseau à haut débit, la recherche fondamentale d'algorithmes, les développements d'application et les questions relatives à l'éducation qui forment le contexte général de leur application.

##### 5.1.2 Historique technique

Depuis la mise au point du premier ordinateur Cray dans le milieu des années 70, les développements HPC ont été dominés par la technologie du traitement vectoriel. Ces machines vectorielles, connues plus communément sous l'appellation superordinateurs, ont été conçues tout particulièrement pour effectuer des opérations sur de longs vecteurs de nombres flottants selon la technique pipeline.

Ces calculs sont fondamentaux dans plusieurs domaines scientifiques. Le développement des superordinateurs à traitement vectoriel a révolutionné les méthodes scientifiques dans un grand nombre de domaines. Leur impact a été tel qu'il a été à l'origine de la célèbre maxime du prix Nobel, Kenneth Wilson de l'université Cornell, selon laquelle, aux deux paradigmes scientifiques classiques que sont la théorie et l'expérimentation viendrait s'ajouter dans un proche avenir un troisième, le calcul informatique qui permettrait de réaliser des expérimentations entièrement au moyen des superordinateurs, rendant superflue l'expérimentation réelle. Ceci permettrait la mise au point, par exemple, du tunnel aérodynamique informatique qui servirait à tester les nouveaux modèles d'avions sans nécessiter les énormes dépenses dues à la construction de modèles réels.

Depuis, la vitesse de traitement des superordinateurs vectoriels a presque doublé chaque année. Pourtant, cet accroissement extraordinaire, consommé avec voracité par les utilisateurs de cette technologie, n'était pas encore suffisant. On a pu accroître encore cette vitesse avec le passage à des configurations à multiprocesseurs, où jusqu'à 16 processeurs se partagent un espace mémoire unique, et grâce à des améliorations notables des algorithmes.

A la fin des années 80, il est devenu évident que, la technologie atteignant ses limites physiques en termes de taille d'unité centrale, de communications et de dissipation de chaleur, ce rythme d'accroissement des vitesses (dû essentiellement à la progression constante de la vitesse de traitement des unités centrales, -- CPU -- dans ces machines), ne pourrait pas continuer. Par conséquent, les regards se sont portés sur les architectures parallèles comme le moyen de pérenniser l'accroissement des performances demandées par les milieux scientifiques. Avec les ordinateurs parallèles, ce sont des centaines voire des milliers de processeurs interconnectés qui traitent simultanément un problème.

Dans un premier temps, la conception des superordinateurs à traitement parallèle a suivi une direction opposée à celle de la conception des superordinateurs à traitement vectoriel -- le cas le plus célèbre est peut-être celui de la Connection Machine CM-2 de Thinking Machines Corporation. Il s'agissait, en l'occurrence, d'une architecture à instruction unique -- données multiples (Single Instruction Multiple Data -- SIMD) comportant jusqu'à 64 000 processeurs de très petite taille. La question -- quelle serait la meilleure architecture parallèle pour remplacer les architectures vectorielles -- a longtemps passionné les débats.

Toutefois, un des progrès les plus significatifs dans le domaine HPC, consiste en ce que la quasi-totalité des architectures -- vectorielle et parallèle -- a apparemment commencé à converger vers des machines hybrides vectorielles à instructions multiples -- données multiples (Multiple Instruction Multiple Data -- MIMD). Ces machines sont caractérisées par leur nombre de processeurs autonomes, entre 100 et 1 000, chacun ayant sa mémoire et incorporant un processeur vectoriel.

Chez presque tous les constructeurs de superordinateurs, des systèmes de ce type sont soit en cours de réalisation (CM-5 de Thinking Machines Corporation ; Paragon d'Intel ; KSR 1 de Kendall Square Research; AP-1000 de Fujitsu), soit ont déjà été annoncés (Envoy d'IBM -- qui a depuis été renommé; VPP-500 de Fujitsu ; MPP de Cray Research Inc. et nCube 3 de Triton).

La convergence des architectures des superordinateurs vers des solutions hybrides de processeurs vectoriels/MIMD ne signifie cependant pas qu'elles font l'unanimité. Des débats tout aussi animés se poursuivent encore à un niveau de détails techniques en aval, pour identifier la meilleure solution hybride de processeurs vectoriels/MIMD. Ce débat porte sur des questions comme -- une architecture comportant un moins grand nombre de processeurs mais avec des coprocesseurs vectoriels plus puissants (par exemple, VPP-500) est-elle préférable à une architecture comportant un plus grand nombre de processeurs mais avec des coprocesseurs vectoriels moins puissants (par exemple, CM-5) ; ou des questions relatives à la topologie des interconnexions réseau des processeurs ; ou encore sur le choix entre un système à mémoire distribuée (par exemple, CM-5) ou un système à mémoire partagée (par exemple, KSR 1).

Il semble néanmoins qu'une solution hybride de processeurs vectoriels/MIMD devrait prévaloir dans les développements HPC au moins jusqu'à la fin de cette décennie, à condition qu'une réponse appropriée puisse être apportée aux problèmes logiciels très ardues et ambitieux.

### **5.1.3 Les Grands Défis**

De nombreux scientifiques lucides, se référant à plusieurs domaines où les progrès ont été très largement liés aux superordinateurs, ont observé que, dans beaucoup de cas, l'utilisation des superordinateurs n'a fait qu'effleurer des problèmes dont la solution pourrait avoir une incidence significative dans leur domaine respectif. Prenons le cas de l'aérodynamique, par exemple, bien que les superordinateurs aient permis l'étude en temps réel des propriétés aérodynamiques de différents éléments dans la structure d'un avion, l'étude de la conception globale d'un avion selon cette approche, c'est-à-dire où le tunnel aérodynamique serait un calcul effectué sur superordinateur, dépassait les capacités de la machine la plus puissante. Pour ce faire, il faudrait des superordinateurs dont la vitesse de traitement équivaldrait à plusieurs milliers de fois celle des superordinateurs les plus rapides existants. Or les études de conception d'un avion selon cette approche permettraient d'éviter non seulement les tunnels aérodynamiques mais aussi la construction de prototypes extrêmement onéreux. Cet objectif est celui que s'est fixé Boeing en voulant appuyer la totalité de la conception de sa prochaine génération d'avions entièrement sur l'utilisation des superordinateurs, sans prototype ni test de tunnel aérodynamique. Les conséquences économiques d'une telle possibilité seraient bien évidemment considérables.

Cet objectif ambitieux a peu à peu gagné sa notoriété sous l'appellation Grand Défi. Des Grands Défis comparables ont été identifiés dans d'autres domaines tels que les systèmes de combustion, la chimie

informatisée, l'océanographie, la conception de molécules pharmaceutiques, la modélisation économique, la récupération améliorée du pétrole et du gaz, la biologie moléculaire, la science des matériaux, la conception et la simulation de réacteurs de fusion nucléaire, la modélisation climatique, la conception des semiconducteurs, l'ingénierie structurale, la supraconductivité, la modélisation des ressources et de l'environnement.

La caractéristique des problèmes désignés comme Grands Défis consiste en ce que leur solution nécessite des ordinateurs capables de vitesses atteignant au moins un téraflop (= un billion d'opérations en virgule flottante par seconde), avec des capacités de mémoire centrale supérieures à un téraoctet (= un million de mégaoctets, un mégaoctet = un million d'octets), et qui comportent d'énormes capacités de mémoire de sauvegarde ainsi qu'une infrastructure de communications à haut débit étendue. Pour comparaison, la vitesse crête des superordinateurs équilibrés en charge existants, dépasse rarement dix gigaflops. On affirme que la solution à ces problèmes entraînerait, dans ces domaines, une forte augmentation de la compétitivité scientifique ou industrielle et une meilleure capacité à gérer les ressources naturelles et les changements de l'environnement.

#### **5.1.4 Le Programme HPCC aux Etats-Unis**

Aux Etats-Unis, la partie du programme HPCC relative au développement des ordinateurs capables de traiter ces Grands Défis est appelée la composante "systèmes informatiques à hautes performances" (HPCS). Elle représente environ 25 pour cent du budget du programme.

Cette composante HPCS vise de façon très explicite la construction d'ordinateurs à hautes performances capable d'atteindre des niveaux de quelques téraflops vers 1995/1996.

La construction de machines ayant ces performances était, chez plusieurs constructeurs informatiques américains, prévues d'ici la fin de cette décennie compte tenu de l'évolution des technologies et compte tenu aussi du fait que d'ici là, le prix auquel pourraient être commercialisés ces systèmes, même s'il est encore élevé, serait un prix marché acceptable.

Or, les capitaux qui seront fournis au titre du programme HPCC, permettront de construire ce type de machine avec des années d'avance sur ce qu'aurait pu être leur avènement naturel sur le marché.

L'argument en faveur du développement et de l'avènement précoces des technologies du téraflop, est de dire la solution que ces technologies pourra apporter aux Grands Défis sera bien en avance sur d'autres solutions trouvées par ailleurs, ce qui résultera alors en un avantage compétitif majeur des sciences et des techniques américaines dans un grand nombre de domaines économiquement importants où ces problèmes sont critiques. De ce point de vue, le programme HPCC est un programme de développement accéléré des technologies.

Le niveau prévu du coût des superordinateurs à téraflop a eu comme corollaire la création de consortiums de structure souple dont le but est de se pourvoir des précurseurs de ces superordinateurs vers 1995-96.

Le consortium-type réunit une ou des institutions de recherche de pointe (généralement, une université majeure ou un laboratoire national) et un constructeur. Ce ou ces organismes de pointe acceptent de travailler, en coopération avec le fournisseur logiciel et les équipes de concepteurs matériel, dans des domaines où elles possèdent un haut niveau de qualification sur un élément majeur des systèmes et d'application qui constitueront le superordinateur à téraflop. Le constructeur s'engage à son tour à fournir les générations ultérieures de la machine à téraflop à des prix très réduits. La part la plus importante du coût de ces systèmes est prise en charge par une des agences partenaires du programme HPCC, il s'agit le plus souvent, de l'Agence pour la recherche de pointe en matière de défense (Defense Advanced Research

Projects Agency -- DARPA), du ministère de l'Énergie (Department of Energy -- DoE), de l'Agence nationale pour l'aéronautique et l'espace (National Aeronautics and Space Administration -- NASA) ou de la Fondation Nationale pour la Science (National Science Foundation -- NSF). Un grand nombre d'organismes et de sociétés travaillant à des applications particulières de ces Grands Défis, peuvent aussi faire partie de ces consortiums au titre de membres de soutien.

La motivation des constructeurs pour se joindre à ce type de consortium est la perspective d'une collaboration avec des organismes de recherche de réputation internationale, et dont l'expérience et les compétences en matière de développement des outils et des applications de processeurs parallèles sont exceptionnelles. Kenneth Wilson a attiré l'attention sur une crise dans l'industrie des systèmes à traitement parallèle du fait qu'il y a peu (comparativement) de logiciels dédiés à ces systèmes. Or, les fabricants de logiciel n'ont tout simplement pas les ressources nécessaires pour satisfaire la demande en logiciel des ordinateurs parallèles, de plus la réalisation de logiciels robustes, stables, performants et interchangeable est complexe et soulève d'énormes difficultés. La motivation des organismes de recherche est d'une part d'être impliqués directement dans les phases de conception matériel/logiciel d'une nouvelle génération d'ordinateurs très évolués, et, d'autre part, de favoriser le développement et l'utilisation de logiciels d'application dans des domaines scientifiques hautement compétitifs.

Pour exemple, citons le consortium réunissant Oak Ridge National Laboratory et Intel, et celui réunissant Thinking Machines Corporation et Los Alamos National Laboratory (LANL). Un consortium réunissant Cray Research Inc. et à la fois LANL et Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) fut annoncé fin 92 ; il fut toutefois dissout au début de cette année, apparemment pour des raisons politiques. On s'attend à ce qu'IBM forme prochainement un consortium avec Argonne National Laboratory. Dans la mesure où les consortiums continueront de bénéficier d'un financement HPCC dans les quelques années à venir, on peut s'attendre à ce que d'autres constructeurs informatiques américains ayant des aspirations dans ce domaine (Convex Computer Corporation, Kendall Square Research, nCube, Cray Computer Corporation et peut-être Digital Equipment Corporation), forment aussi des consortiums bien que la survie de certaines des plus petites sociétés parmi elles, dans un marché restreint bien que hautement concurrentiel, soit incertaine.

Le premier modèle de consortium semble être le Concurrent Supercomputing Consortium (CSC), consortium très réussi et pionnier, qui est formé entre l'institution de pointe, l'Institut Technologique de Californie (California Institute of Technology), avec comme partenaire coté constructeur, Supercomputer Systems Division de Intel Corporation. Ce consortium bénéficie aussi du soutien d'autres partenaires tels que le Jet Propulsion Laboratory de la NASA, Argonne National Laboratory, Pacific Northwest Laboratory, le Centre for Research on Parallel Computation, DARPA, NASA, NSF, LLNL, Purdue University et Sandia National Laboratory. Le CSC compte à son actif la construction par Intel du seul superordinateur parallèle Intel Delta qui a été l'ordinateur le plus rapide du monde pendant la plus grande partie de 91/92.

### **5.1.5 HPCC en Europe**

Le document le plus complet sur HPCC en Europe est le Rapport RUBBIA, présenté récemment à la Commission des Communautés Européennes. En bref, ce document propose le lancement d'un programme HPCN européen sur dix ans représentant un investissement total d'environ un milliard d'Ecus (European Currency units, unités monétaires européennes) par an, financé par "des capitaux publics et privés, nationaux et européens y compris des capitaux de la Commission européenne". Ainsi, le programme HPCN (HPC network) européen, s'il est mis en oeuvre, serait d'une taille comparable au programme HPCC américain, et peut-être même beaucoup plus important.

L'absence d'une assise industrielle importante dans le domaine HPC constitue, pour l'Europe, le problème le plus difficile (mais peut-être aussi la plus grande opportunité). Le transputer mis au point à travers plusieurs programmes de la Commission des Communauté européennes doit encore être testé dans

des applications réelles (notamment en ce qui concerne l'intégration d'applications dans HPCC). A ce niveau de progrès, le parc HPCC en Europe est essentiellement constitué de machines de constructeurs américain et japonais bien qu'il faille noter que l'Europe a été "un des premiers partisans et utilisateurs" HPC.

Selon des développements qui permettent d'extrapoler sur l'avenir de l'industrie HPCC en Europe, Meiko a sorti un tout nouveau ordinateur parallèle à hautes performances comportant des puces de coprocesseurs vectoriels Fujitsu.

Le Rapport RUBBIA suggère toutefois que l'Europe devrait développer une industrie HPCC viable spécifiquement européenne. L'absence d'une assise industrielle importante dans ce domaine peut être considérée comme un avantage, et selon ce Rapport, l'Europe est libre d'axer le développement de son assise industrielle sur le segment le plus porteur du marché HPCC -- le marché des systèmes parallèles à hautes performances. C'est aussi le seul secteur dans lequel l'Europe dispose déjà de ressources industrielles importantes et, dans lequel elle dispose aussi d'un très haut niveau de compétences dans le domaines de la recherche fondamentale et des applications. Cet objectif qui est extrêmement ambitieux, représente sans doute la seule solution viable pour empêcher que le marché des systèmes HPC ne soit complètement sous la domination américaine et japonaise.

Le Rapport RUBBIA recommande aussi la création de "noyaux de soutien" fortement orientés vers les applications industrielles. Apparemment, ces noyaux ressemblent aux types de consortium qui se constituent en ce moment aux Etats-Unis. En réalité, le Centre informatique régional de l'université de Stuttgart, qui a été visité par le groupe d'experts de l'OCDE, pourrait en être un exemple, notamment parce qu'il est axé sur la mise au point de solutions novatrices dans le but de renforcer la position compétitive de l'industrie qui en dépend. On peut vraisemblablement s'attendre à des consortiums à participation internationale. Le principal obstacle au bon fonctionnement de ces consortiums selon un mode multilatéral (ce qui est sans doute essentiel pour assurer leur compétitivité par rapport aux consortiums américains) semble être les problèmes d'interconnexion entre les pays Membres de la Communauté européenne.

#### ***5.1.6 L'informatique à hautes performances (HPC) dans les régions de l'Asie et du Pacifique***

Aujourd'hui, il n'existe dans les régions d'Asie et du Pacifique aucun programme HPCC comparable au programme américain ou à la proposition du Rapport RUBBIA pour l'Europe. Les scientifiques des pays de cette région du monde suivent avec anxiété les progrès accomplis dans ce domaine en Europe et aux Etats-Unis, conscients du risque que ces programmes d'accélération des technologies les mettraient en retard. Un intérêt considérable est donc porté aux initiatives régionales dans ce domaine.

Dans cette région, le Japon représente la force technologique dominante ; il est aussi le seul pays capable actuellement de concurrencer les Etats-Unis dans le domaine HPCC. Le MITI a apporté dans le passé un soutien important aux développements de l'industrie japonaise des technologies de l'information (TI). Toutefois, il a été considéré à la fin des années 70 que cette industrie avait atteint un niveau de développement suffisant et qu'elle était capable d'assumer une position de réelle compétitivité aux échelles nationales et internationales.

Le MITI a alors porté son attention sur le développement, à l'échelon national, de nouveaux programmes TI qui, du fait de transferts technologiques de ces programmes vers les sociétés commerciales, permettraient à l'industrie non seulement de se positionner sur un pied d'égalité dans la concurrence internationale, mais aussi de dépasser son niveau de développement actuel et de prendre une position dominante en créant une nouvelle génération de systèmes informatiques. Dans cette mesure, les programmes TI conduits par MITI à l'échelon national sont encore des programmes d'accélération des technologies, bien qu'ils soient maintenant à plus long terme et exposés à plus de risques.

Son programme le plus connu (sans être le seul) dans le domaine des technologies de l'information évoluées dans la dernière décennie, est celui de l'Institut pour la technologie des ordinateurs de la nouvelle génération (Institute for New Generation Computing Technology -- ICOT) qui a commencé il y a dix ans et qui a récemment été prolongé de deux ans pour se terminer au début 95. La mission fixée pour ces deux dernières années est de diffuser dans le domaine public à l'échelle internationale le nombre considérable de logiciels mis au point pendant toute la durée du programme.

En bref, ICOT avait pour objectif la création d'une informatique à base de connaissances, objectif au titre duquel il a apporté des contributions nombreuses et importantes.

Le projet le plus récent de MITI dans ce domaine est le Real World Computing Partnership (RWCP), commencé officiellement en octobre 1992. Son centre de recherche (à Tsukuba) fut ouvert en octobre 1992. Le RWCP se situe dans la lignée de tradition récente du MITI pour des projets à plus long terme et à plus hauts risques, destinés à dépasser le niveau de développement actuel, pour créer les technologies informatiques dominantes du futur. MITI veut RWCP comme un programme de recherche international réunissant des chercheurs et constructeurs TI japonais et du monde entier. Exception faite des recherches conduites à Tsukuba, il est prévu de constituer des laboratoires de recherche distribuée (Distributed Research Laboratories) au sein des organisations membres ou en dehors du Japon. Le budget RWCP prévu avoisine au total 60 milliards de yens (environ 500 millions de dollars E-U) sur les dix prochaines années.

Actuellement, les partenaires RWCP au Japon comprennent Fujitsu, Hitachi, la Fédération de la Sidérurgie japonaise (Japan Iron and Steel Federation), Matsushita, Mitsubishi, NEC (Nippon Electric Company), NTT (Nippon Telephone and Telegraph), Oki Electric, Sanyo, Sharp, Sumitomo Electric et Toshiba, soit tous les constructeurs informatiques mais pas les utilisateurs. Leurs partenaires à l'échelle internationale sont l'Allemagne (notamment, GMD), les Pays-Bas et la Suède. RWCP comporte des conventions particulières avec les Etats-Unis dans le domaine de l'informatique optique.

Le planigramme de ces dix années de recherche est divisé en deux parties. La première partie consiste à formuler et étendre les théories et les modèles existants, faisant en particulier appel à la logique floue, la deuxième partie sera axée sur l'intégration des réalisations de la première partie dans des domaines tels que les systèmes massivement parallèles, l'informatique optique, les systèmes neuronaux, les bases théoriques, et des fonctions de nouvelles applications dans une orientation "informatique flexible".

Une des caractéristiques intéressantes de RWCP est que, malgré les propos clairs qui ont été tenus pour distinguer RWCP d'un programme HPCC dans l'esprit américain ou européen, une part importante de son budget sera consacrée à la mise au point de deux ordinateurs à hautes performances. La vitesse crête de traitement du premier ordinateur prévue est de plusieurs centaines de gigaflops ; le second ordinateur, parce qu'il sera construit vers la fin des années 90 et qu'il est supposé bénéficier d'un support industriel considérable, est prévu comme un système multitéraflows. Ces machines seront essentiellement basées sur les recherches faites au laboratoire électro-technique (Electro-technical Laboratory, ETL) du MITI à Tsukuba dans le domaine des architectures à flot de données à hautes performances. Toutefois, les applications ciblées pour ces machines ne concernent pas les problèmes classiques liés aux Grands Défis d'une manière générale, mais au contraire des problèmes plus caractéristiques de l'intelligence artificielle classique.

Comme la remarque en a été faite, RWCP et ICOT sont des programmes d'un type différent des programmes HPCC conduits aux Etats-Unis et du programme prévu en Europe. Pour l'instant, le Japon ne semble pas avoir de programme national similaire à ces derniers. En fait, la question selon laquelle le Japon devrait démarrer un programme de ce type ou non, donne lieu en ce moment à de larges débats. L'engagement pris dans le train de mesures économiques annoncé par le gouvernement japonais, en avril 1993, de se doter d'un parc de superordinateurs ainsi que d'autres réalisations, pourrait donner au Japon l'occasion de se lancer dans cette entreprise. Une opportunité semble aussi se dessiner pour que le

Japon prenne, dans le domaine HPCC, une position de domination dans cette région du monde compte tenu qu'il sera difficile pour tout autre pays de cette région de constituer, à lui seul, un programme HPCC qui soit compétitif à l'échelle internationale.

### **5.1.7 Les implications des programmes HPCC**

La conjoncture en matière de programmes HPCC peut être résumée de la façon suivante : les Etats-Unis ont un programme, une forte recommandation a été déposée auprès de la Communauté européenne pour en mettre un en place, enfin, le Japon reconsidère sa position.

Une caractéristique essentielle des programmes HPCC consiste en la création de consortiums à l'échelon national (c'est le cas aux Etats-Unis) et peut-être à l'échelon international (c'est le cas de l'Europe) regroupant des organisations de recherche et des constructeurs informatiques dans le but de se doter de systèmes HPC (parfois des systèmes de l'ordre du téraflop), qui sont normalement hors de la portée de n'importe laquelle de ces organisations, voire de petits pays.

Les chercheurs de plusieurs pays plus petits sont inquiets du retard que prendront leurs pays dans les domaines scientifiques et industriels basés sur la technologie HPCC par rapport à l'accélération technologique liée aux programmes HPCC. Jusqu'alors il n'apparaît pas de façon évidente si la participation d'autres pays dans ces programmes sera toujours la bienvenue, ni, ce qui est encore plus important, s'il sera toujours de leur intérêt d'y participer. Il se peut, dans plusieurs cas, que la création d'initiatives HPCC au niveau régional soit, pour ces pays, la meilleure façon de tirer le plus d'avantages des technologies HPCC. Ces consortiums tendent à être les salles machine des programmes HPCC, et c'est à ce niveau que la majorité des organismes de recherche et la majorité des pays voudront s'assurer que leur contribution leur apporte le maximum d'avantages.

Un des sujets méritant une étude approfondie est l'identification des obstacles à la constitution de nouveaux programmes HPCC, d'une part, et des barrières qui empêchent de nouveaux pays de participer largement aux programmes en cours ou planifiés, d'autre part. D'autres sujets d'étude dans le même contexte sont :

- Comment et dans quelle mesure ces programmes peuvent-ils avoir une incidence sur la pénétration de HPC dans différents domaines : industrie, société, recherche, entre autres ? ;
- Quelles ont été les effets "mesurables" du programme américain sur la compétitivité industrielle et scientifique ? ;
- Quelle est la position des industriels vis-à-vis des programmes HPC actuels et futurs ? ;
- Quelles sont les perspectives industrielles HPC par rapport au point de vue présenté dans ces programmes ?

## **5.2 Tendances des communications à hautes performances, des interconnexions entre les ordinateurs et leurs applications**

### **5.2.1 Communications à haute performance**

Les nouveaux développements technologiques et une amélioration constante des rapports coût/performance dans le domaine informatique ont modifié l'utilisation que l'on faisait jusqu'alors des ordinateurs. Les simples lots de calcul intensif et les applications interactives basées sur la transmission des données ont été remplacés par des applications plus complexes. Celles-ci incluent le traitement global de l'information en vue de découvrir des solutions novatrices dans les domaines de la recherche et aux problèmes industriels et sociaux, tous alimentant une demande toujours accrue pour plus et de plus grandes capacités.

Les coûts élevés HPCC sont toutefois un frein à la large diffusion de ces systèmes. En particulier, les petites et moyennes entreprises (PME), la majorité des entreprises des pays Membres de l'OCDE ne peuvent pas encore exploiter le potentiel inhérent à ces nouveaux outils basés sur les TI.

Le partage des ressources HPCC entre un grand nombre d'utilisateurs pourrait réduire le coût (au niveau des utilisateurs individuels) que représente une architecture HPCC caractéristique d'un réseau local (LAN) -- comprenant l'unité centrale, la mémoire centrale et les mémoires de masse externes. Les économies d'échelle escomptées avec des configurations HPCC en réseau métropolitain (MAN) et réseau grande distance (WAN), sont actuellement soit absorbées par la tarification et la facturation à l'usage des télécommunications actuellement en vigueur, soit pas réalisées du fait de goulets d'étranglement techniques affectant la bande passante et la commutation dans les réseaux existants. Les usagers européens sont particulièrement pénalisés par la tarification élevée des télécommunications et les structures de marché monopolistiques qui retardent la pénétration et l'exploitation de HPCC.

Dans les trois régions de l'OCDE, des travaux sont en cours pour faire progresser les technologies de télécommunications évoluées et les technologies associées à HPCC. Les objectifs poursuivis sont d'élever les niveaux des réseaux de télécommunication -- l'infrastructure HPCC -- en termes de qualité, de capacité, de vitesse, de flexibilité et de prix aux niveaux respectifs de l'informatique à hautes performances.

Il ressort des visites de site que la recherche et les expérimentations sont conduites dans le but d'éliminer ces goulets d'étranglement et poursuivent, pour ce faire, trois directions :

- *premièrement*, l'accroissement des performances des circuits téléphoniques analogiques classiques (stratégie du Réseau Numérique à Intégration de Services -- RNIS) ;
- *deuxièmement*, l'intégration d'une hiérarchie distinguant plusieurs niveaux de réseaux, dont le réseau téléphonique, le réseau de télévision par câble et le réseau vidéo ; et
- *troisièmement*, la mise au point et la mise en oeuvre de réseaux à large bande flexible (bande passante "à la carte") commutés entièrement numériques et des débits de transmission de l'ordre du gigabit (stratégie du RNIS large bande).

Cette troisième stratégie est la solution réellement novatrice ; une course internationale a d'ailleurs commencé pour créer une assise de recherches et de production industrielles dans ce domaine. Les éléments clés pour la fourniture des fonctions requises par la solution des réseaux à haut débit sont, sur le plan technique, la transmission temporelle asynchrone (ATM) et les réseaux à fibre optique, et, sur le plan économique, la concurrence afin d'assurer que ce nouveau système arrive sur le marché au bon moment. La transmission asynchrone est le résultat d'un grand nombre de réalisations technologiques dont les câbles à fibre optique et les progrès de la technologie d'intégration à grande échelle (LSI). L'introduction de la fibre optique dans les réseaux de communications a réduit le taux d'erreurs de transmission. Le réseau de transport peut ainsi être entièrement consacré au transfert des informations, la plus grande partie de la gestion des flux et des erreurs étant déchargée sur le poste de travail ou sur ordinateur. Grâce aux progrès de la technologie d'intégration à grande échelle (VLSI), les systèmes peuvent traiter les protocoles et effectuer les commutations de façon économique et automatique sans contrôle logiciel. Dans les réseaux temporels asynchrones, la voix numérisée, les données et les signaux vidéo sont découpés en blocs (cellules) pré-définis de 53 octets chacun. Le système attribue à chaque cellule un en-tête comportant une destination. Si les cellules sont comparables à des paquets classiques, leur longueur fixe simplifie le protocole de sorte que la transmission peut être effectuée par le matériel au lieu du logiciel.<sup>30</sup> Donc, la convergence de l'informatique et des communications est en fin de compte réalisée avec l'intégration des fonctions de stockage, de traitement, de commutation et de transmission dans un environnement entièrement numérique.

Les communications à hautes performances conçues sur la transmission temporelle asynchrone et des réseaux à fibre optique offrent cependant *plus que des applications nouvelles et des services informatisés nouveaux. Elles promettent aussi de révolutionner les transmissions de voix, données et signaux vidéo classiques et leur intégration.*



Les visites de site étaient essentiellement axées sur les systèmes de communications évolués et sur les applications conçues pour être exploitées sur des systèmes informatiques évolués. Le paragraphe suivant présente quelques unes des différentes solutions en cours de réalisation dans les pays visités.

### **5.3 Comparaison internationale des tendances nouvelles**

Un des enseignements qui puisse être tiré de façon évidente de cette étude est que, dans chacune des régions considérées, les solutions visant à l'amélioration de l'infrastructure de communications informatisées évoluée sont nettement différentes.

#### **5.3.1 Japon**

Au Japon, les améliorations techniques concernant les réseaux de communications nationaux ont jusqu'alors visé essentiellement l'introduction accélérée des services RNIS dans la bande étroite. Introduits dès 1988, les services RNIS ont été promus au Japon par des investissements importants de NTT (Nippon Telegraph and Telephone Corporation). En mars 1992, environ 84 000 lignes RNIS en accès de base et presque 1 800 lignes en accès primaire avaient été mises en service. Le nombre de lignes en accès de base installées jusqu'à la visite de site en juillet dépassait 100 000. Le plus remarquable était pour cette même période, l'installation de plus de 2 800 cabines téléphoniques publiques permettant l'accès aux services RNIS. A la fin de l'exercice budgétaire en mars 1992, plus de 170 millions d'appels téléphoniques RNIS (à 64 kbits/s dans le mode de commutation de circuits) avaient été passés, comparés aux 73.5 milliards d'appels téléphoniques vocaux classiques à travers le réseau téléphonique public commuté.

Les travaux de mise au point d'une infrastructure réseau TCP/IP<sup>33</sup>, de type Internet, ont commencé en 1987 et les services inter-réseau (IP) ont été lancés en 1992. Au niveau d'évolution actuel, les schémas de mise en oeuvre et d'utilisation des réseaux IP au Japon ont été très différents, comme le montrent les tableaux ci-après. La multitude des réseaux d'entreprise, de PC et de systèmes d'exploitation semble être la cause du retard des interconnexions en réseau. Dans le but de constituer rapidement un réseau IP de couverture nationale, l'Agence pour la science et les technologies (Science Technology Agency -- STA), le MITI, le MPT et le ministère de l'Education prévoient de soutenir conjointement son développement. Du côté des entreprises, AT&T et la Japanese Electronic Network Services (JENS -- un transport de type II spécial) fournissent les services à valeur ajoutée via les communications intérieures et internationales.

A l'instar des Etats-Unis et de l'Europe, les structures réglementaires japonaises semblent jouer un rôle crucial dans le développement des réseaux. L'acteur principal est NTT, société maintenant privée. Au cours de la réunion avec de hauts fonctionnaires du MPT, un programme global d'investissements concernant le RNIS à large bande, destiné à fournir des services à toutes les entreprises et, pratiquement, à tous les foyers d'ici 2015, a été présenté à l'équipe d'experts.

La coordination entre les institutions gouvernementales semble jouer donc un rôle de plus en plus important dans la modernisation de l'infrastructure du réseau de communication au Japon. Le MITI finance des investissements liés à des réseaux dans le cadre de son programme "Real World Computing" (RWC), lequel concerne toutefois essentiellement la fourniture de services aux usagers de haut niveau qui sont impliqués dans la recherche informatique. Le ministère de l'Education nourrit, quant à lui, des projets ambitieux pour relier les établissements de l'enseignement à un réseau IP. Pour l'exercice budgétaire 1993, le MPT aura commandité des recherches conduites à la fois au sein de son Laboratoire de Recherche sur les communications et d'organismes extérieurs, pour un montant total d'environ 2 milliards de yens. NTT, de son côté, a ses priorités qui sont de faire face aux réalités d'une concurrence intérieure de plus en plus forte.

Dans un souci d'aplanir la disparité de ces acteurs et de permettre la poursuite de la modernisation de l'infrastructure de l'information électronique au Japon, le gouvernement japonais est en train de préparer l'installation d'un réseau inter-organismes. Cette initiative a également pour objectif l'amélioration de la base de recherche dans ce domaine.

### 5.3.2 *Etats-Unis*

L'évolution des réseaux à hautes performances aux Etats-Unis a été étroitement liée à la création du réseau de communication informatisé Internet, basé sur TCP/IP, qui a démarré comme un projet pilote -- ARPAnet -- financé par le ministère de la Défense. Au cours des dernières années, les normes et protocoles mis au point pour cette expérimentation initiale, se sont multipliés pour devenir le noyau central d'un réseau à grande puissance reliant les établissements universitaires américaines, financés par NSF. Internet est maintenant un ensemble flexible de réseaux IP interconnectés comptant plus de 2 000 000 d'ordinateurs reliés via une dorsale, et qui bénéficie toujours d'un soutien financier important de la NSF. Aujourd'hui, quelques 3 millions d'utilisateurs de centres informatiques gouvernementaux et universitaires ainsi qu'un nombre croissant de sociétés commerciales et d'abonnés étrangers sont reliés au réseau Internet.

Une caractéristique unique du réseau Internet aux Etats-Unis est la manière selon laquelle il fut constitué. Ce réseau de communication à commutation de paquets a en effet été créé comme une entité fonctionnellement indépendante du réseau téléphonique public commuté bien que les exploitants de télécommunications publics (ETP) fournissent des services de transport de données privés à travers différentes liaisons dans l'ensemble du réseau. Parce qu'il fut pensé comme un réseau réellement séparé du réseau téléphonique public commuté et qu'il fut essentiellement destiné au service d'une communauté d'organisations non gouvernementales sans but lucratif, et de l'enseignement, il a pu évoluer à l'abri de la réglementation et des autres contraintes auxquelles était soumis le réseau téléphonique public. En tant que banc d'essai dans le cadre du développement d'un nouveau réseau de communication et de technologies d'application, il a également permis un niveau d'expérimentation dont les concepteurs du réseau commercial public commuté n'auraient probablement pas pu bénéficier.

Un grand nombre de services, mis au point d'abord sur Internet dans un but expérimental, sont de plus en plus offerts comme des services payants. Il serait honnête de dire que l'exploitation maintenant répandue aux Etats-Unis des systèmes de messagerie électronique ubiquiste, de transferts de fichiers dans un réseau de processeurs très distribué, ainsi que les procédures d'accès à des ordinateurs physiquement éloignés, doivent beaucoup au développement accéléré du réseau Internet. De nouveaux services et de nouvelles applications, comme le son numérisé en paquet, la vidéo, la récupération d'informations rapide et à distance de texte et d'images à haute définition (bibliothèques numériques) ainsi que les serveurs d'information distribuée (à l'instar des applications GOPHER et WAIS -- Wide Area Information Server), ne représentent que la frange d'une toute nouvelle génération d'applications qui occupera les spectres de plus en plus grands de la bande passante fournie à travers Internet au fur et à mesure de sa modernisation et de l'accroissement de ses capacités.

Actuellement, les efforts nationaux en vue d'accroître l'infrastructure des communications aux Etats-Unis s'engagent dans deux directions distinctes. L'initiative HPCC (HPCC Initiative -- HPCCI), en plus de financer la R-D de nouvelles architectures informatiques et d'algorithmes logiciels, engage des ressources importantes dans un réseau national de la recherche et de l'éducation (National Research and Education Network -- NREN). D'autres ressources sont également investies dans un grand nombre de projets de banc d'essai, créés afin d'expérimenter des technologies utilisées dans des réseaux à très haut débit (gigabit). Ces efforts, soutenus par les pouvoirs publics, concernent essentiellement des investissements liés à la maîtrise de problèmes et à la création des technologies de base qui permettront d'atteindre des débits binaires de l'ordre du gigabit, et aussi pour favoriser une augmentation importante du nombre de réseaux reliant les utilisateurs dans les domaines de l'éducation et de la recherche.

Un deuxième ensemble d'initiatives important concerne l'accroissement des capacités du réseau téléphonique public commuté. Un des principaux effets secondaires de la déréglementation du marché des communications téléphoniques à longue distance aux Etats-Unis a été l'arrivée sur ce marché d'un nombre non négligeable de nouvelles entreprises et l'expansion d'un environnement commercial hautement compétitif. La chute des prix a touché non seulement la téléphonie vocale à longue distance classique mais aussi les lignes numériques louées. La baisse du coût de la bande passante numérique, est passé à un niveau abordable, a sans aucun doute été un des facteurs de l'accroissement extraordinaire des interconnexions en réseau grande distance aux Etats-Unis. Fin 1991, par exemple, les entreprises de télécommunications locales

avaient installé environ 11 000 lignes en fibre optique pour transporter les données à des débits DS-3 (45 mégabits par seconde) ou plus, et qui ont été tirées jusque dans les locaux des usagers. En règle générale, les circuits permettant le transport de tels débits binaires n'étaient commercialisés ni au Japon ni en Europe.

Aujourd'hui, les grandes entreprises d'exploitation de télécommunications publiques offrent une grande diversité de nouveaux services de transport des données numériques, comprenant les dénommées tranches de liaison T1, des services de commutation de paquets avec le relayage des trames et des services de données multimégabit commutés (switched multimegabit data services, SMDS). Plusieurs exploitants de télécommunications ont également annoncé l'intégration de services basés sur la transmission asynchrone dans leurs réseaux. La technologie de transmission temporelle asynchrone, qui assigne une priorité aux signaux vocaux et aux autres signaux de données, et les transmet à travers un système de communication unique à des débits binaires dépassant un gigabit par seconde, s'annonce comme la technologie de l'avenir du fait qu'elle réunit le monde aujourd'hui isolé des réseaux à commutation de paquets de type Internet et le réseau téléphonique public commuté, en un seul réseau homogène ubiquiste.

Si ces nouveaux services de transport de données à haut débit sont déjà utilisés par les grandes entreprises, les investissements importants des installations d'accès à ces services ne sont pas encore justifiés pour les petites entreprises et les usagers résidentiels de services téléphoniques. Le type de nouvelles applications qui justifieront l'investissement pour des connexions améliorées ainsi que le type de liens plus rapides pour se rattacher au réseau public sont les principaux sujets de discussion de la politique de développement des pouvoirs publics aux Etats-Unis. Actuellement, certains groupes d'intérêt préconisent, par exemple, d'accroître les capacités des connexions reliant les petits usagers au réseau en utilisant la technologie RNIS (permettant un débit crête de 144 kbits/s) à travers les fils de cuivre existants. D'autres vantent les vertus des systèmes de raccordement du type ligne d'abonné numérique asymétrique (Asymmetrical digital subscriber line -- ADSL) de Bellcore (avec un débit avoisinant 1.5 mégabit par seconde à travers les fils de cuivre existants). Pour d'autres, la fibre optique (avec des débits de centaines de mégabits mais d'un coût plus élevé) est la solution la plus raisonnable dans le contexte d'une stratégie à long terme.

La rumeur générale veut que les actions de déploiement des technologies RNIS aient été beaucoup moins fortes aux Etats-Unis qu'au Japon. Or, un examen attentif des données disponibles semble contredire cette rumeur. Fin 91, on comptait aux Etats-Unis environ 300 000 interfaces RNIS en accès de base installés par les entreprises de télécommunications locales et plus de 1 700 interfaces RNIS en accès primaire. Par ailleurs, des données de la Federal Communication Commission (FCC) indiquent pour la même époque l'utilisation de seulement 67 000 canaux de contrôle RNIS en accès de base en mode commuté. Ainsi, plus des trois quarts des lignes d'accès au RNIS en service semblent avoir été configurés dans des réseaux privés. Selon ces données et d'autres, le RNIS aurait surtout été utilisé comme une technologie de réseau métropolitain (MAN) exploité à une vitesse relativement basse. L'exploitation réduite des connexions RNIS en accès primaire confirme une observation antérieure selon laquelle, aux Etats-Unis, les lignes numériques louées spécialisées peu chères font vivement concurrence au RNIS et que les coûts beaucoup plus élevés des lignes numériques en Europe et au Japon expliquent les taux comparativement levés de la pénétration du RNIS outre-mer. L'élément déterminant consiste en ce que l'exploitation du RNIS est une décision économique étroitement liée à la disponibilité et au coût d'autres solutions de transmission de données numériques.

### **5.3.3 Europe**

L'assise solide de la recherche et les projets d'étude et en laboratoire observés en Allemagne ont, en général, fait une grande impression sur les membres de l'équipe d'experts de l'OCDE. Les applications expérimentales qui ont été présentées montrent une qualité et un degré d'innovation élevés.

Tableau 1. **Distribution des reseaux internet parmi les pays Membre de l'OCDE**  
**Nombre des reseaux nationaux (en 1993)**

<b>Amérique du Nord :</b>	
Canada	429
Etats-Unis	5 571
<b>Sous-total</b>	<b>6 000</b>
<b>OCDE Europe :</b>	
Autriche	84
Belgique	14
Danemark	8
Finlande	102
France	453
Allemagne	443
Grèce	11
Islande	13
Irlande	24
Italie	169
Luxembourg	4
Pays-Bas	131
Norvège	52
Portugal	35
Espagne	39
Suède	87
Suisse	87
Turquie	9
Royaume-Uni	420
<b>Sous-total</b>	<b>2 172</b>
<b>Pacifique :</b>	
Australie	189
Japon	257
Nouvelle-Zélande	50
<b>Sous-total</b>	<b>496</b>
<b>Total OCDE</b>	<b>8 668</b>
<p>* On peut définir INTERNET comme un large méta-réseau ouvert global (un réseau des réseaux) supportant les communications entre ordinateurs. En octobre 1993, on comptait environ 2 millions d'ordinateurs connectés sur INTERNET.</p> <p>Source : Compilation des données extraites de : "Internet Society, State of the Internet" ; Tony Rutkowski, Sprint Group ; août 1993.</p>	

Tableau 2. Nombre d'ordinateurs connectés à Internet (octobre 1993)

Tableau 2. Nombre d'ordinateurs connectés à Internet (octobre 1993)	
<b>Amérique du Nord :</b>	
Canada	79 837
Etats-Unis	1 413 408
<b>Sous-total</b>	<b>1 493 245</b>
<b>OCDE Europe :</b>	
Autriche	13 924
Belgique	6 265
Danemark	7 647
Finlande	29 292
France	47 826
Allemagne	103 824
Grèce	1 808
Islande	1 499
Irlande	2 131
Italie	14 701
Luxembourg	263
Pays-Bas	39 940
Norvège	28 322
Portugal	3 232
Espagne	11 866
Suède	37 767
Suisse	31 488
Turquie	514
Royaume-Uni	100 609
<b>Sous-total</b>	<b>482 418</b>
<b>Pacifique :</b>	
Australie	97 840
Japon	43 697
Nouvelle-Zélande	4 342
<b>Sous-total</b>	<b>145 879</b>
<b>Total OCDE</b>	<b>2 121 452</b>

Les utilisateurs réseau allemands et au sein du CERN en Suisse se sont toutefois plaints du niveau de coût élevé et de la disponibilité limitée des installations à hautes performances de transport de données numériques à travers le réseau téléphonique public en Europe. Le prix des lignes louées de base, généralement fournies par les PTT, en situation de monopole, est généralement dix fois plus élevé que le prix de services équivalents aux Etats-Unis.<sup>34</sup> Contrairement aux Etats-Unis, le développement d'une infrastructure de réseau IP à commutation de paquets indépendante des exploitants téléphonique et télégraphique publics (PTT) n'a pas été autorisée. Par conséquent, malgré l'expansion rapide d'Internet en Europe, en termes de noeuds et de connectivité, l'accroissement de la bande passante utilisée pour connecter ces noeuds a été pitoyable et les débits réels faibles de transmission vers d'autres sites européens sont un des sujets de doléances des utilisateurs de systèmes informatiques à hautes performances.

En février 1993, la Communauté européenne a annoncé un plan en faveur d'une dorsale paneuropéenne pour transporter un trafic TCP/IP et à commutation de paquets X.25 qui permet des vitesses allant jusqu'à 2 mégaoctets par seconde. Bien qu'elle représente un accroissement de capacité de l'infrastructure réseau en Europe qui était bien nécessaire, cette annonce se situe loin des liaisons à 45 mégaoctets déjà disponibles avec la dorsale du NREN aux Etats-Unis.

L'obstacle fondamental à une rapide amélioration des performances de l'infrastructure réseau dans les pays européens semble venir des PTT européennes qui ne voient pas de débouché commercial important pour des services de transport des données à des débits binaires très élevés. Ceci venant s'ajouter à la résistance des utilisateurs des centres de superordinateurs et autres utilisateurs de systèmes informatiques à hautes performances pour payer un tarif très élevé pour une bande passante relativement limitée, on en arrive à une querelle de clocher.

Au Royaume-Uni, une voie prometteuse laisse entrevoir une sortie à cette impasse. Le JANET (le réseau de recherche de type Internet britannique) a en effet favorisé une rapide amélioration de l'interconnexion des liens de communication pour un coût relativement faible, compte tenu du niveau de concurrence qui s'est établi. Ceci nous ramène au problème clé : en Europe, l'évolution rapide des réseaux à hautes performances semble étroitement liée à la structure du marché de l'industrie des communications de données sur lequel les monopoles semblent, en règle générale, ne pas lâcher prise.

Bien que l'image soit souvent donnée d'une Europe plus en avance que les Etats-Unis en ce qui concerne la pénétration du RNIS (il est vrai qu'une plus grande majorité des commutateurs installés en France, en Allemagne et au Royaume-Uni supporte RNIS), la réalité de l'exploitation de RNIS dément cette image. Fin 91, on comptait environ 20 000 lignes en accès de base installées en France, moins de 10 000 en Allemagne et moins de 3 000 au Royaume-Uni. Les chiffres concernant les lignes en accès primaire étaient plus impressionnants, 3 800 lignes d'accès en France, 5 600 en Allemagne et plus de 4 500 au Royaume-Uni. Cependant, du fait du coût élevé des lignes numériques dans ces pays, il faut interpréter ces taux élevés comme étant en partie dus à un phénomène de substitution, le RNIS en accès de base étant utilisé à la place des lignes spécialisées à 56 kbits/s, et le RNIS en accès primaire étant aussi utilisé comme solution de remplacement pour des applications qui, aux Etats-Unis, passeraient probablement à travers une ligne T-1 dédiée.

## **Chapitre 6. Rapports par Pays et par Région des Visites des Sites HPCC et Rapports concernant les Programmes Nationaux R-D relatifs à HPCC**

### **6.1 L'informatique et les communications à hautes performances au Japon<sup>35</sup>**

Ce chapitre (préparé par Monsieur S. ASANO) contient un résumé des conclusions des visites de site HPCC au Japon et une présentation générale des programmes nationaux ayant trait aux développements HPCC. Il donne le plan général du programme RWC du MITI et présente la stratégie du MPT concernant l'évolution des réseaux large bande commutés.

#### **6.1.1 Introduction**

Au Japon, les activités de recherche dans le domaine HPCC ont été menées respectivement par Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT), l'Electro-technical Laboratory (ETL/MITI) et le National Centre for Science Information Systems/ministère de l'Education, des Sciences et de la Culture (NACSIS/MESC) avec le soutien gouvernemental du MITI et du MESC. Ces activités de recherche ont toutefois été menées séparément.

Chacun des trois ministères (MPT, MITI et MESC) possède sa propre politique de promotion de la recherche HPCC.

La politique pour la promotion et l'accroissement des télécommunications du MPT comprend la recherche et les développements des traitements informatiques à haut débit. Ces activités de recherche en cours sont toutefois localisées chez NTT, du fait que la nouvelle promotion a déjà été lancée avec la Fondation pour la promotion du réseau de télécommunications de nouvelle génération (Foundation for Promotion of New-Generation Network) dans le cadre de laquelle les développements et les démonstrations liés aux technologies logicielles et aux applications se font avec les exploitants de télécommunications, les constructeurs et les industries utilisatrices.

Le MITI s'est engagé dans une série de projets pour l'amélioration des technologies de traitement de l'information dont plusieurs sont très connus. Le Real World Computing (RWC), financé par le MITI, réunit ETL, les industries et les universités. Consécutivement à la nouvelle politique d'ouverture internationale, le programme RWC compte quelques membres venant d'Europe et d'autres pays d'Asie. Le projet RWC a pour principal objet les technologies de traitement de l'information, tandis que l'environnement des recherches concerne spécifiquement l'informatique et les communications à hautes performances.

Le MESC a promu et financé la recherche universitaire avec la participation du National Centre for Science Information Systems (NACSIS). Le MESC est engagé dans un nouveau programme destiné à promouvoir la recherche fondamentale. Les travaux de recherche dans le domaine HPCC ont été confiés à NACSIS. Ils doivent commencer en 1993 et visent la réalisation d'études fondamentales en matière de développement et des démonstrations de faisabilité HPCC dans le cadre de la prochaine génération du réseau japonais de l'information scientifique, qui deviendra le futur réseau japonais de recherche universitaire.

## 6.1.2 Politiques gouvernementales

### 6.1.2.1 Ministère des Postes et des Télécommunications (MPT)

#### *Politique générale*

Le MPT est chargé d'administrative à la fois le services de télécommunications et les services postaux.

Le MPT, qui vise à bâtir une société d'information forte et plus évoluée, travaille à l'élaboration d'une politique de l'information globale, à la promotion de meilleures communications régionales et à la décentralisation des fonctions d'information, au développement des technologies des communications et au développement et à l'utilisation des technologies spatiales.

#### *Dispositions concernant la promotion et la recherche*

Le MPT a consulté le Conseil des technologies des télécommunications (Telecommunications Technology Council) sur le sujet des concepts de base et des politiques de mise en oeuvre de la recherche et du développement des technologies de l'information et des télécommunications. En mai 1992, le MPT a élaboré des directives pour la recherche et le développement des technologies des télécommunications en s'appuyant sur le rapport de ce Conseil.

Ces directives citent les sujets de recherche et de développement devant être promus pour le 21ème siècle et décrivent les questions relatives aux technologies de réseau et aux technologies des applications dans le domaine HPCC.

Les fonctions système jugées nécessaires au développement des télécommunications sont les suivantes :

- 1) fonction individuelle ;
- 2) fonction privée ;
- 3) fonction intelligente ;
- 4) fonction visuelle ;
- 5) fonction multimédia ;
- 6) fonction interconnexion globale ;
- 7) fonction transfert de grande capacité et à haut débit ;
- 8) fonction ouverte ;
- 9) fonction fiabilité.

#### *Dispositions concernant la promotion du nouveau réseau de télécommunications*

- a) Ce qu'est le réseau de télécommunications de la nouvelle génération ?

Le réseau de télécommunication de nouvelle génération sera le réseau amélioré du 21ème siècle. Le RNIS-B (RNIS large bande) et le réseau intelligent (Intelligent network -- IN) sont considérées comme des composants essentiels de ce futur réseau.

Au cours des dernières années, la société japonaise a connu des transformations rapides dues à l'utilisation accrue des systèmes évolués d'information et de communication qui ont aussi contribué à la croissance économique japonaise. En même temps, les besoins des usagers des services des télécommunications se sont diversifiés et sont devenus plus complexes.

Conscient de cette conjoncture, le MPT a lancé un nouveau projet destiné à remplacer le réseau existant (lequel a été principalement configuré pour les réseaux téléphoniques analogiques) par un nouveau réseau qui répondra aux besoins futurs. De là est né le concept du Réseau de télécommunications de nouvelle génération.



b) Constitution du réseau de télécommunications de nouvelle génération au Japon

Le rôle du MPT dans la promotion de la construction du Réseau de télécommunications de nouvelle génération au Japon sera capital. Le MPT va prendre des mesures diverses en vue de promouvoir ce nouveau réseau, par exemple son soutien financier comme l'autorise la Loi relative à l'amélioration de l'infrastructure des télécommunications (Law for Enhancement of Telecommunications Infrastructure).

Le secteur privé, dont NTT, joue un rôle important dans les activités de R-D sur le RNIS-B.

c) La loi relative aux améliorations de l'infrastructure des télécommunications

Les mesures prises par MPT en vue de promouvoir la construction du Réseau de Télécommunication de nouvelle génération, comprenant le RNIS-B, par les exploitants de télécommunications conformément à la Loi relative à l'amélioration de l'infrastructure des télécommunications entrée en vigueur le 1 juin 1991, sont listées ci-dessous :

- ressources concernées par le soutien financier : équipement de transmission à hiérarchie numérique synchrone (Synchronous Digital Hierarchy -- SDH), câbles à fibre optique, systèmes de maintenance , systèmes de conversion des supports d'information, commutation temporelle asynchrone ; et
- actions de soutien : amortissements identifiés de façon spécifique, dégrèvement de la taxe foncière municipale, prêts gouvernementaux à faible intérêt et prêts sans intérêt de la Banque de développement japonaise.

*Autres soutiens en faveur du réseau des télécommunication de nouvelle génération*

Afin de permettre une installation harmonieuse du réseau de télécommunications de nouvelle génération, le gouvernement devra étendre son soutien par d'autres actions, au-delà du champ des dispositions prévues par la Loi.

Les mesures adoptées jusqu'alors sont les suivantes :

- i) constitution d'une Fondation pour la promotion du Réseau de télécommunications de nouvelle génération :
  - Il est également important d'encourager la R-D dans le domaine des technologies des logiciels -- par opposition à celles du matériel -- et des systèmes de ce nouveau réseau. L'Association pour la promotion des services fournis à travers ce réseau de télécommunications de nouvelle génération fut créée le 1 avril 1992 par le secteur privé. L'objet de cette association est d'étudier les différents aspects du Réseau de télécommunications de nouvelle génération, comprenant les tests pré-opérationnels des systèmes, la mise au point des applications et les études de faisabilité de ces services.
  - Les exploitants de télécommunications, tel que NTT et KDD, les constructeurs des équipements de télécommunications et un large éventail d'utilisateurs allant des sociétés de télédiffusion jusqu'aux sociétés financières, sont membres de la Fondation. Les activités de la Fondation devraient largement contribuer à une installation harmonieuse du Réseau de télécommunications de nouvelle génération.
- ii) Soutien financier pour les installations de R-D dans le domaine des technologies des télécommunications dans la large bande :

- Le gouvernement fournit un soutien financier au secteur privé pour construire les installations de R-D dans le domaine des technologies des télécommunications et des systèmes de ce nouveau réseau.

#### *Stratégie pour l'introduction du RNIS-B*

##### a) Conclusions des recherches et des études concernant la constitution du RNIS-B

Le MPT a créé un groupe réunissant les exploitants des télécommunications, les constructeurs, les utilisateurs, etc., et a conduit des recherches et des études sur l'image de l'utilisation du RNIS-B, la demande pour le RNIS-B, les phénomènes de répercussion économiques et sociaux et la possibilité de réalisation du RNIS-B selon différents points de vue, en considérant que le RNIS-B sera une composante de l'infrastructure des télécommunications du 21ème siècle et qu'il est nécessaire de promouvoir les développements et l'installation du RNIS-B. Un rapport du groupe a été publié en avril 1992.

Ce rapport prévoit une diffusion du RNIS-B qui concernera 77 pour cent des bureaux et des foyers en 2015. Ce qui représente un investissement d'environ 33 billions de yens. Cet investissement représentera une charge lourde pour les entreprises, et nécessitera donc le soutien des pouvoirs publics. *Des expérimentations sociales sont nécessaires pour mettre en lumière les types d'utilisation de ces services permettant de justifier de tels investissements.*

##### b) Mesures de soutien pour l'introduction du RNIS-B

Au Japon, les services RNIS-B ne sont pas encore lancés et les efforts sont consacrés au développement des nouvelles technologies.

L'introduction et la diffusion du RNIS-B nécessitera la construction d'un réseau de très haut niveau et la mise au point d'applications utiles pouvant susciter la demande.

Par conséquent, les mesures de soutien exposées plus haut dans ce chapitre, en vue de promouvoir la construction du Réseau de Télécommunications de nouvelle génération, s'appliquent à la construction du RNIS-B.

L'association pour la promotion des services fournies à travers le réseau de nouvelle génération, encourage les expérimentations RNIS-B, le développement d'applications, etc. Actuellement, l'association travaille à la mise en oeuvre de tests en vraie grandeur de RNIS-B.

#### *6.1.2.2 Ministère du Commerce International et de l'Industrie (MITI)*

##### *Politique générale*

Les principaux objectifs de la politique du MITI dans le domaine des technologies de l'information, sont généralement englobés dans le concept de l'informatisation. Ce qui veut dire que le MITI encourage l'usage des systèmes d'information dans leur sens le plus large.

Les principales actions de mise en oeuvre des directives du MITI relatives à l'informatisation sont résumées ci-dessous.

##### *Promotion des systèmes ouverts*

##### a) Promotion du modèle d'Interconnexion des Systèmes Ouverts (OSI)

- Promotion de la normalisation en vue de l'interopérabilité des systèmes informatiques ;

- Développement de modèles OSI ;
- prêts à faible intérêt et rabais sur les taxes appliquées aux systèmes informatiques basés sur le modèle OSI.
- b) Promotion de l'Echange de Données Informatisées (Electronic Data Interchange -- EDI)
  - Projet de développement d'un modèle pilote EDI inter-industries ;
  - Prêts à faible intérêt pour les investissements en systèmes EDI basés sur les protocoles de gestion usuels (par exemple, la norme CII<sup>36</sup>, EDIFACT, etc.) ;
- c) Recherche, développement et évaluation des technologies de progiciels ouverts.

*La promotion de la R-D pré-concurrentielle dans le domaine des TI sur une base internationale*

1. Les projets des ordinateurs de la cinquième génération ;
2. Les programmes RWC ;
3. Le projet R-D concernant la manipulation extrême des atomes et des molécules ;
4. La mise au point de dispositifs bio-électroniques ;
5. La mise au point de matériaux et dispositifs supraconducteurs ;
6. La mise au point de nouvelles structures de développement logiciel.

L'amélioration des fonctions de traitement de l'information dans les villes et dans les régions les moins industrialisées :

- Programmes communautaires des nouveaux supports (New Media Community programmes) destinés à informatiser les régions les moins industrialisées ;
- Programmes évolués d'information urbaine (Information City programmes) destinés à l'informatisation des villes ;
- Programme promotionnel des centres d'information dans les zones commerciales ;
- Programmes communautaires pour l'audiovisuel TVHD (High-Vision Community programmes) destinés à construire des réseaux d'information et à relancer l'économie et la culture locales ;
- Programmes pour l'amélioration de la productivité logicielle dans les régions les moins industrialisées.

*La promotion des systèmes d'information vidéo*

1. Recherche dans le domaine des réseaux multimédias ;
2. Recherche dans le domaine des ordinateurs pour le traitement des données vidéo à haute définition.

*Mise au point des systèmes d'information pour usage individuel, destinés en particulier au troisième âge*

1. Le projet de la Mellow Society -- développement des interfaces homme-machine destinées au troisième âge et systèmes d'archivage des données personnelles pour le suivi de dossier médical ;

2. Le projet FRIEND 21 -- développement des technologies des systèmes d'information conviviaux.

*La mise au point d'une infrastructure pour "la société d'information"*

1. Promotion de la sécurité des réseaux informatiques ;
2. Evolution des ressources humaines.

*Coopération internationale pour le progrès des TI dans les pays développés*

1. Développement de systèmes de traduction automatique (japonais, chinois, thaï, indonésien) ;
2. Collaboration avec Singapour pour la mise au point de systèmes d'instruction assistés par ordinateur (computer-aided instruction system) dans le domaine des technologies de traitement de l'information.

*Elaboration de règles pour la protection des droits de la propriété intellectuelle*

*6.1.2.3 Ministère de l'Education, des Sciences et de la Culture (MESC)*

En 1953, le Conseil des recherches scientifiques japonais a recommandé la constitution par le MESC d'un organisme mixte dont l'objet serait de fournir des ordinateurs de grande puissance pour la recherche universitaire au Japon. Cette recommandation a conduit à la constitution du centre informatique universitaire national japonais.

En 1966, l'université de Tokyo a ouvert son centre informatique. Les six autres centres -- universités de Hokkaido, Tohoku, Nagoya, Kyoto, Osaka et Kyushu -- se sont ouverts jusqu'en 1971.

NACSIS/MESC fut inauguré en avril 1986 comme l'instance chargée de l'infrastructure de la recherche universitaire japonaise. NACSIS est un des organismes de recherche inter-universitaire au service des chercheurs de toutes les universités japonaises. Sa mission principale inclut le recueil, l'organisation et la fourniture des informations pédagogiques ainsi que des travaux de recherche et de développement.

Pendant l'année 1991, les activités de catalogage en mode partagé interactif ont connu une expansion extraordinaire. A la fin de l'exercice budgétaire, on comptait 190 bibliothèques universitaires connectées en mode interactif à NACSIS, plus de 1 700 terminaux de catalogage et 6.7 millions de transactions. La mise à jour du catalogue collectif des périodiques japonais s'est achevée en 1991. Sept cent bibliothèques universitaires ont participé au recueil des 70 000 titres et de 1.5 millions de fonds. La mise à jour du catalogue collectif des périodiques étrangers a commencé en 1992.

Plus de 40 grandes bases de données sont aujourd'hui en service. On a repris la construction de 18 bases de données, démarrées plus tôt, et un nouveau service d'accès à des bases de données construites par les chercheurs universitaires a été mis en service en 1992.

Depuis 1986, NACSIS mène des travaux pour faire progresser les réseaux. L'installation de 28 noeuds de commutation de paquets a permis d'interconnecter 460 ordinateurs ou réseaux répartis sur 180 universités et organismes de recherche à travers le réseau à commutation de paquets NACSIS, qui couvre le territoire national.

SINET, dorsale Internet basée sur TCP/IP, comptant neuf centres d'exploitation réseau (Network Operation Centres -- NOCs) a été constituée en réponse à la rapide multiplication des réseaux locaux et des réseaux spécialisés de la recherche universitaire. La connexion de SINET au réseau à commutation de paquets existant et au réseau international INTERNET à travers NSFnet, est en cours.

Des travaux importants de recherche et de développement ont été effectués pour permettre ces actions et d'autres. Ces projets comprennent l'étude d'une architecture puissante de traitement des transactions, de services documentaires électroniques, de recherche et d'extraction de mots-clé et d'interfaces multimédias conviviales. Des études internationales en coopération ont également été conduites par exemple sur le traitement des langues de l'Asie de l'Est.

Le MESC a récemment lancé la promotion d'un programme de recherche fondamentale grâce à un budget provenant d'une subvention pour la Recherche Scientifique, appelé "Programme Nouveau". Le Conseil des recherches scientifiques recommande deux voire trois sujets de recherche par an au MESC, qui engage alors les procédures budgétaires et administratives pour que les recherches sur le sujet choisi soient menées dans différents domaines tel que le génôme humain, les machines micro-fonctionnelles, les dispositifs biochimiques et les communications à haut débit.

NACSIS est aussi un organisme de recherche central des sciences de l'information et du génie des communications, qui est de l'administration budgétaire et organisationnelle du MESC, y compris ceux concernant le Programme Nouveau.

### **6.1.3 Programmes et projets de R-D**

#### *6.1.3.1 Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT)*

NTT fournit au Japon un large éventail de services de télécommunications. L'historique de la société remonte à plus d'un siècle.

NTT, fondée en 1952 sous le nom de Nippon Telegraph et Telephone Public Corporation, a été privatisée en 1985.

Pendant l'exercice budgétaire 1991, les recettes d'exploitation se sont élevées à 47 milliards de dollars E-U, avec un bénéfice courant de 2,7 milliards de dollars E-U. NTT employait 249 000 employés, et comptait 56 millions d'abonnés.

L'engagement de NTT dans la recherche et le développement innovants est une vieille tradition. Les objectifs de ses activités de R-D sont les services évolués, les réseaux et les systèmes vitaux pour la gestion de la société et la recherche pour une contribution globale au progrès de la science et des technologies.

NTT comprend douze laboratoires de recherche et deux centres de développement, 3 100 personnes travaillent dans ces laboratoires et, au total 8 600 personnes sont, sur l'ensemble de la société, impliquées dans la R-D.

Quatre des laboratoires de recherche -- Network Information Systems Labs, Human Interface Labs, Transmission Systems Labs et Radio Communication Systems Labs -- sont situés dans le centre R-D de Yokosuka, fondé en 1972.

Ces quatre laboratoires travaillent sur les réseaux, les services, les exploitations, et les systèmes. NTT a lancé des expérimentations globales VI&P (Visual, Intelligent and Personal) dans ses centres de R-D de Yokosuka et Musashino.

#### *Budget R-D global*

Pendant l'exercice budgétaire 91, les dépenses de NTT pour la R-D ont avoisiné deux milliards de dollars E-U. Les dépenses ont été consacrées aux activités de R-D dans des domaines comme les réseaux, le support réseau, le traitement d'information, les équipements et les matériaux.

La part du budget R-D allouée aux expérimentations VI&P devrait augmenter dans les prochaines années.

*La recherche dans le domaine des techniques Visual, Intelligent & Personal (VI&P)*

i) Les applications RNIS-N

L'exploitation commerciale du RNIS-N s'est faite sous l'appellation INS NET 64/1500. Afin d'étendre ses applications et rendre son utilisation plus simple, NTT travaille à la mise au point d'une diversité de nouveaux systèmes d'application. Ceux-ci font actuellement l'objet de tests dans le laboratoire d'expérimentation VI&P. Les services nouveaux testés dans le cadre de ces expérimentations sont listés ci-dessous :

- courrier électronique avec téléfax des affichages écran ;
- système d'archivage d'images via RNIS ;
- systèmes de télé-affichage intelligents ;
- ordinateur individuel permettant les communications multimédias ;
- terminaux polyvalents de type publiphone raccordé au RNIS ;
- système de présentation multimédia.

ii) Equipements de transmission optique côté abonné

NTT conduit actuellement des travaux sur un large éventail de sujets de R-D comprenant, entre autres, les équipements de transmission optique d'abonné, les câbles à fibre optique, les systèmes optiques MDF et téléimprimeurs individuels pour utilisation domestique ou extérieure. NTT a mis au point les trois modèles d'équipement listés ci-dessous, qui sont destinés à répondre à une grande diversité des besoins des usagers dans les entreprises et des usagers individuels :

- système optique numérique bande étroite ;
- équipement abonné de transmission optique par multiplexage en fréquence ;
- système optique numérique à haut débit.

iii) systèmes de commutation temporelle asynchrone et équipements de transmission asynchrone

NTT, qui a déjà mis au point un prototype préliminaire d'un système de commutation et un système de transmission asynchrone expérimental afin de confirmer la faisabilité de chacune de ces technologies, évalue maintenant un réseau intégré pouvant traiter des services avec des modes de commutation pour différents débits.

iv) Application RNIS-B

NTT procède à des expérimentations afin d'évaluer la maintenabilité des terminaux prototypes connectés au système de commutation expérimental RNIS-B. Les services nouveaux testés dans le cadre de ces expérimentations comprennent :

- le système d'affichage vidéo en trois dimensions ;
- le système videotext TVHD à haut débit ;
- le système de téléconférence multipoint multimédia individuel (système PMTC).

*Planification*

Selon NTT, l'usage industriel des applications VI&P devrait aussi s'étendre à un usage domestique. De ce fait, la société a prévu deux phases d'expérimentation :

La phase I (de 91 jusqu'en fin 92) concerne le déploiement des services de réseau intelligent existants, de nouveaux services de réseau d'entreprise à large bande basés sur les technologies et les applications de la transmission asynchrone et les équipements de transmission coté abonné.

La phase II (dont le commencement est prévu en 1993) concerne le développement des services RNIS-B et des applications, destinés à l'usage domestique, intégrant des systèmes de commutation temporelle asynchrone, des systèmes de réseau intelligent et des systèmes d'accès à la radiocommunication.

### *Estimations*

NTT a fixé la mise en service des services VI&P en 2005.

Tableau 3. Projections pour 2005	
Abonnés téléphoniques	70 millions
Abonnés RNIS	20 millions
Téléphone de poche	20 millions d'unités
Terminaux de courrier électronique	20 millions d'unités
Téléphones avec écran de visualisation	5 millions d'unités
Principaux services évolués	Communications vidéo en trois dimensions Communications avec traduction Services individuels
Nouvelle structure tarifaire	Minimisation des distances Facturation à l'usage d'options multiples
Pourcentage d'exploitation du réseau, large bande à haut débit	30 %

### *6.1.3.2 Le programme "Real World Computing" (MITI)*

#### *Objectifs*

#### a) Schéma général

Il est très difficile de traiter les informations incomplètes et incorrectes du monde réel avec des ordinateurs classiques. Par ailleurs, des traitements d'information encore plus complexes seront essentiels pour la société d'information très évoluée du 21ème siècle.

Il sera nécessaire de développer une technologie pouvant traiter des flots importants "d'information incomplète" en temps réel. C'est pourquoi l'objet du programme RWC est de mettre au point, dans le cadre d'une coopération internationale, une technologie d'information résolument nouvelle permettant un mode de traitement flexible au moyen de fonctions d'apprentissage et de reconnaissance.

b) Objectifs dans le domaine social

La création de technologies de base pour le traitement de flots importants d'informations brutes du monde réel, comme les sons et les images, contribuera à une amélioration rapide des communications entre les hommes et au développement des technologies scientifiques. Ces travaux oeuvrent à l'avènement d'une société d'information très évoluée.

Des exemples d'applications spécifiques sont donnés ci-dessous :

1. Traitement rapide des analyses scientifiques (des solutions rapides et précises pourront être obtenues). De plus, même dans le cas de problèmes dont la difficulté est de trouver les algorithmes, des solutions pourront être obtenues sans avoir à écrire des programmes.
  - Analyses et prévisions globales en matière d'environnement ;
  - Analyses et prévisions météorologiques ;
  - Robots intelligents.
2. Une rapide amélioration des communications homme-machine (traitement en temps réel d'informations diversifiées, ambiguës et incorrectes telles que les images et les sons, difficilement traités par les ordinateurs classiques).
  - Intégration de la reconnaissance des sons, interprétation des paroles et traduction automatique ;
  - Classement automatique d'énormes flots de données brutes.

*Budget*

Le budget total alloué à RWC est estimé à 60 milliards de yens (environ 500 millions de dollars E-U) d'ici fin 2002.

*6.1.3.3 Structure du programme RWC*

a) Recherche internationale en collaboration (Europe, Asie)

Le Real World Computer Partnership (RWCP) sera constitué comme un organisme centralisant les recherches et les développements. Il est prévu la participation de plusieurs organismes étrangers dans les travaux de recherche en collaboration internationale.

b) Réseau RWC

Le réseau RWC sera constitué comme l'outil de base des échanges entre les chercheurs du monde entier. Les fonctions de ce réseau sont les suivantes :

- Exploitation à distance des systèmes massivement parallèles, etc. dans le laboratoire central ;
- Accès à distance aux informations de recherche de ce laboratoire central ;
- Echanges d'informations entre les personnels R-D disséminés.

c) Coopération entre le Japon et les Etats-Unis

Conformément aux accords de coopération entre le Japon et les Etats-Unis dans le domaine des sciences et des technologies, la recherche et le développement dans le domaine de l'optoélectronique (qui est une technologie clé dans RWC) seront accélérés. Selon un plan d'action prévu pour janvier 1993, les deux nations sont convenues de coopérer en vue de la mise en oeuvre d'une étude de faisabilité relative à la constitution



d'une infrastructure de recherche (c'est-à-dire, un environnement compatible des technologies de conception et des équipements dans le domaine optoélectronique).

- d) Recherche conjointe avec les universités japonaises  
Un système de coopération étroite avec les universités nationales sera fondé sur le programme des recherches spécifiées dans RWCP.
- e) Recherche conjointe avec ETL  
Un système de coopération étroite entre RWCP et ETL sera mis en place. ETL sera essentiellement chargé de conduire les recherches fondamentales.
- f) Aperçu de la demande en matière de systèmes informatiques et de télécommunications évolués

La demande pour les systèmes de télécommunications et de traitement informatique avancés au Japon a été brièvement passée en revue. Le **tableau 4** donne une comparaison chiffrée en ratios des installations matérielles dans chaque industrie. Les ratios indiqués ont été calculés en prenant sur une base 100 en 1985. On remarque une forte progression dans les industries tertiaires. Ce ratio sera multiplié par un facteur 4.1 entre 1985 et 1995, avec un écart de plus en plus grand entre les industries tertiaires et les industries secondaires.

Le **tableau 5** donne les ratios comparatifs des dépenses de logiciels par type d'industrie. La progression des dépenses logiciels ainsi que des installations de matériel des industries tertiaires est plus élevée comparée à toutes les autres industries.

Le **tableau 6** donne les ratios comparatifs des équipements de télécommunications; On s'attend à une progression future plus forte dans les industries secondaires que dans les industries tertiaires.

Le taux de croissance prévu des industries secondaires a progressé en relation avec l'augmentation importante du taux de croissance d'un grand nombre d'industries.

#### *6.1.3.4 Projet relatif à la cinquième génération des systèmes informatiques (MITI)*

##### *Résumé du projet*

Depuis 1982, le MITI a investi au total 54 milliards de yens pour les travaux de R-D dans le domaine des ordinateurs de la cinquième génération au titre des innovation informatiques des traitements à base de connaissances.

Tableau 4. Comparaison des installations en matériel par type d'industrie (comparaison annuelle ; sur la base 100.0 en 1985)							
Industrie	1985	1986	1987	1988	1989	1991	1995
Toutes industries	100.0	112.6	127.8	145.0	163.5	208.3	339.7
Toutes industries (sauf les services financiers et les services d'information)	100.0	111.9	123.0	136.4	153.2	188.0	286.3
Industries secondaires	100.0	108.2	116.6	122.8	136.8	157.1	212.4
Chimie	100.0	122.7	129.7	163.3	161.7	219.3	361.4
Industries alimentaires et du tabac	100.0	119.5	116.2	131.7	148.4	174.0	248.1
Industries des équipements de transport	100.0	94.9	115.3	116.2	138.8	157.8	222.5
Bâtiment	100.0	89.3	93.7	104.6	117.0	121.1	146.4
Industrie des équipements électroniques	100.0	104.4	111.5	120.4	131.0	148.4	194.8
Industries tertiaires	100.0	114.5	131.3	153.2	175.5	233.0	410.3
Immobilier (locations)	100.0	112.1	123.9	149.4	154.5	200.3	318.2
Commerce de gros	100.0	109.2	117.4	127.1	141.7	166.0	233.1
Transport et télécommunications	100.0	107.1	110.5	133.1	135.3	161.6	224.6
Entreprises financières	100.0	109.4	123.2	140.3	156.5	196.3	310.1
Service de traitement de l'information	100.0	110.7	134.6	149.4	176.3	233.3	414.0

Source : Analyse sur le traitement d'information du MITI.

Tableau 5. Comparaison des dépenses logicielles par type d'industrie (comparaison annuelle; sur la base 100.0 en 1985)							
Industrie	1985	1986	1987	1988	1989	1991	1995
Toutes industries	100.0	110.7	124.6	141.2	161.3	203.1	328.2
Toutes industries (sauf les services financiers et les services d'information)	100.0	110.6	123.4	138.7	156.5	194.7	304.8
Industries secondaires	100.0	109.9	119.4	131.5	143.6	172.5	248.2
Chimie	100.0	112.0	123.7	138.5	151.9	188.4	286.4
Industries alimentaires et du tabac	100.0	109.5	110.7	122.2	134.3	151.8	201.0
Industries des équipements de transport	100.0	111.2	120.1	137.2	155.7	191.1	296.2
Bâtiment	100.0	106.0	110.3	117.1	123.1	136.5	167.5
Industrie des équipements électroniques	100.0	109.0	120.6	133.5	147.1	178.5	263.5
Industries tertiaires	100.0	111.6	127.1	144.8	167.6	214.8	360.4
Immobilier (locations)	100.0	106.3	109.8	117.9	128.2	142.4	181.0
Commerce de gros	100.0	104.4	108.5	115.5	121.8	133.8	163.0
Transport et télécommunications	100.0	115.6	135.3	157.1	178.2	241.2	432.9
Entreprises financières	100.0	112.8	128.8	149.5	172.5	225.5	390.5
Service de traitement de l'information	100.0	105.0	112.0	118.0	130.2	145.7	188.6

Source : Analyse sur le traitement d'information du MITI.

Tableau 6. Comparaison des capacités de télécommunications par type d'industrie (comparaison annuelle; sur la base 100.0 en 1985)							
Industrie	1985	1986	1987	1988	1989	1991	1995
Toutes industries	100.0	114.4	132.9	191.2	211.4	321.5	718.0
Toutes industries (sauf les services financiers et les services d'information)	100.0	116.4	131.2	203.8	228.4	238.7	868.0
Industries secondaires	100.0	120.0	124.5	199.1	238.4	361.3	889.0
Chimie	100.0	121.1	123.4	213.8	210.1	332.6	756.0
Industries alimentaires et du tabac	100.0	129.1	110.6	187.4	452.4	639.0	2 481.0
Industries des équipements de transport	100.0	95.0	112.5	147.5	165.6	216.3	385.0
Bâtiment	100.0	129.3	137.3	237.3	253.3	429.3	1 154.0
Industrie des équipements électroniques	100.0	119.7	125.6	225.0	260.6	427.9	1 185.0
Industries tertiaires	100.0	112.2	130.1	179.3	197.9	289.4	602.0
Immobilier (locations)	100.0	118.7	127.3	213.4	210.7	336.4	772.0
Commerce de gros	100.0	105.9	118.8	171.8	172.9	244.7	460.0
Transport et télécommunications	100.0	135.1	156.9	254.2	200.2	261.1	809.0
Entreprises financières	100.0	99.1	115.5	160.7	164.6	225.6	407.0
Service de traitement de l'information	100.0	120.7	136.1	150.4	182.8	239.2	423.0

Source : Analyse sur le traitement d'information du MITI.

Les réalisations majeures du projet concernant les ordinateurs de la cinquième génération sont les développements suivants :

1. Machines d'inférence parallèles ;
2. Logiciels d'inférence parallèles ;
3. Logiciels de gestion à base de connaissances ;
4. Logiciels de programmation des connaissances.

Les points suivants ont été soulignés par le comité :

a) Perspectives politiques et sociales

- Le projet a conduit des travaux de recherche fondamentale dans le domaine des systèmes d'inférence parallèles de traitement d'information à base de connaissances. La coopération internationale avait été fixée de façon explicite comme un des objectifs de ce projet dès ses débuts.

- Les technologies mises au point ont été publiées et largement diffusées. ICOT, noyau du projet est considéré comme le carrefour des échanges des informations de recherche dans ce domaine. La collaboration internationale avec les organismes de recherche étrangers a été promue.
- Ce projet a pour but la coopération internationale. C'est pour cette raison que les travaux de recherche fondamentale ont été conduits pendant la phase de mise en oeuvre et que tous les résultats ont été rendus disponibles.

b) Orientations et développements futurs

Il est important que les technologies mises au point dans le cadre de ce projet soient diffusées dans la communauté scientifique internationale. Il est également essentiel de constituer un environnement dans lequel les chercheurs, qui n'ont pas pu participer au projet, puissent accéder et utiliser les technologies mises au point dans le cadre de ce projet. Jusqu'alors, les produits logiciels réalisés dans le cadre du projet ne peuvent être exploités que sur les systèmes matériels développés par le projet. L'adaptation de ces logiciels au monde UNIX (Universal Operating System), très utilisé dans les travaux de recherche et de développement à l'étranger, serait opportune. Ce passage sur UNIX permettrait de mettre en oeuvre la fusion de la technologie des ordinateurs de la cinquième génération et des ordinateurs existants, et contribuerait ainsi à la constitution d'une infrastructure de recherche dans ce domaine.

Il convient que le gouvernement lance un projet visant à la constitution de cette infrastructure en moins de deux ans.

*6.1.3.5 Le nouveau programme relatif au développement du réseau de recherche universitaire*

*Objectifs*

En 1974, le MESC a élaboré un programme de recherche, appelé Projet N-1, dont l'objet était de développer le premier réseau informatique japonais avec la collaboration des universités de Tokyo et Kyoto et de NTT. Au début de ce projet, la commutation de paquets, qui était alors dans la dernière phase des travaux de normalisation du Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique (CCITT), avait été choisi comme le modèle de communication de ce réseau informatique.<sup>37</sup> La mise au point d'une architecture et des logiciels du protocole N-1 dans le cadre de ce projet visait à démontrer la faisabilité de la commutation de paquets dans ce réseau informatique.

Le réseau informatique, appelé réseau N-1, actuellement en service au Japon, exploite largement les réalisations de ce projet N-1.

Le Nouveau Programme doit démarrer pendant l'exercice budgétaire 1993. Ces cinq années de recherche et de développement auront pour aboutissement le futur réseau de recherche universitaire du Japon. NACSIS aura un rôle centralisateur dans la mise en oeuvre de ce programme. Les chercheurs représentant le noyau de ce projet sont des chercheurs de NACSIS, des universités de Tokyo et Saitama et de NTT.

Le Nouveau Programme doit choisir le mode de transmission asynchrone comme système des communications de base permettant des transmissions à haut débit selon la technique cellulaire dans la plage du gigabit par seconde. Un système de transmission asynchrone, en cours de réalisation, permettra de transmettre et d'échanger les données à des débits binaires élevés, alors qu'un réseau local optoélectronique, dans une conception récemment revue en fonction de l'interface asynchrone, l'introduira auprès des organismes dans le cadre d'une démonstration de faisabilité.

Grâce à l'utilisation de tels systèmes, le Nouveau Programme élaborera une nouvelle architecture de communications basée sur le mode de transmission asynchrone. La liste des objectifs de recherche inclut les interfaces avec des ordinateurs ou des systèmes de traitement de l'information à hautes performances,

les procédures de contrôle de validation des communications et de gestion de la qualité des communications, les protocoles à hautes performances à plusieurs couches et autres fonctions pertinentes pour une exploitation performante du mode de transmission asynchrone. Cette liste inclut aussi la mise au point d'un élément de commande et d'un élément de traitement du protocole.

Le traitement et la récupération des images sont des éléments essentiels de l'amélioration des applications universitaires. Grâce à une liaison avec des instituts spécialisés dans le traitement d'image, la démonstration de faisabilité inclura des applications pertinentes d'accès à la littérature classique et aux images captées par les sondes spatiales. L'application distribuée du réseau de communications à haut débit devra aussi être démontrée.

Le Nouveau Programme comprend le développement des technologies du réseau, d'une architecture et des applications destinés à la recherche universitaire du futur. Les réalisations serviront de base au Réseau d'information scientifique de la deuxième génération qui sera développé par NACSIS.

### *Budget*

Le début de ce Nouveau Programme est fixé en avril 1993 et sa fin en mars 1998. Le budget total alloué par MESC s'élève à 600 millions de yens sur une période de cinq ans.

### *Structure*

Ce Nouveau Programme réunira des chercheurs des universités et de l'industrie, spécialisés dans le domaine des communications et des interconnexions. La plupart des chercheurs des milieux universitaires et industriels, actifs et éminents dans ce domaine, participeront à ce programme.

Il est prévu des symposiums internationaux en vue d'échanger les résultats obtenus dans des activités similaires. Le premier symposium aura lieu en automne 1995.

## **6.2 L'informatique à hautes performances et les communications aux Etats-Unis**

Le présent rapport présente les résultats des visites in situ faites par le groupe de recherche HPCC chez Bellcore, à Morristown, N.J., auprès des Laboratoires Bell à Murray Hill, N.J., et auprès du Centre théorique de l'université Cornell, à Ithaca, N.Y.

Ce rapport a été préparé par Messieurs Kenneth Flamm (Brookings Institution) et Fred Weingarten (CRA), tous deux font partie de l'équipe de recherche américaine.

### **6.2.1 Introduction : les bases et l'objet du projet de l'OCDE**

Du 18 au 22 octobre 1992, le groupe de l'OCDE a visité plusieurs sites de recherche américains, dont les travaux portent sur l'informatique et les communications à hautes performances.

Plusieurs gouvernements lancent en ce moment des expérimentations dans le domaine des communications à haut débit. Il est probable que de telles expérimentations, si elles aboutissent et si elles vont jusqu'à des applications d'interconnexion, serviront de prototypes ou bien de précurseurs d'une infrastructure globale à haut débit.

L'OCDE, en coopération avec la NSF, la Communauté Européenne ainsi que le MITI et le MPT au Japon lancent en ce moment la phase préliminaire d'un programme de recherche multinational afin de passer en revue et d'analyser ces expérimentations. Cette revue des développements HPCC sera utile aux pays Membres de plusieurs manières :

- Chaque expérimentation est basée sur un ensemble d'hypothèses et d'objectifs technologiques, sociaux et économiques. Une meilleure connaissance de ces hypothèses et des visées économiques et sociales des autres programmes nationaux aidera les gouvernements à planifier leurs propres programmes et nous aidera à mieux comprendre leurs interactions dans un réseau global.
- Un tableau plus clair de l'évolution de l'infrastructure globale de communication à haut débit aidera également les gouvernements nationaux non impliqués dans ces expérimentations, à anticiper et à planifier leur rôle futur ainsi qu'à mieux cerner leurs préoccupations et leurs besoins nationaux dans le cadre de forums internationaux, dont l'OCDE.
- Ces expérimentations faites à l'échelon national peuvent être des laboratoires importants quant aux enseignements à tirer sur les dimensions économiques, sociales et politiques des communications à haut débit. L'OCDE peut jouer un rôle clé en identifiant et en compilant des données précieuses et des analyses tirées de ces expérimentations.

Ces travaux sont particulièrement opportuns. Les progrès rapides accomplis récemment dans le domaine des TI (par exemple, dans le domaine des ordinateurs, des fibres optiques et des satellites) ainsi que les différents modèles d'utilisation de ces TI montrent que dans le monde entier, on est arrivé à un carrefour de la restructuration des systèmes de communication. Les responsables de l'action gouvernementale et les industriels à l'échelon national ont donc besoin d'informations et d'analyses objectives sur les tendances internationales pour aider leur propre planification. Les problèmes en jeu sont cependant complexes et les technologies évoluent rapidement. Pour que ces travaux soient tout à fait profitables aux pays Membres, un projet à plus long terme sera nécessaire.

Ce projet qui est préliminaire a trois objectifs :

1. recueillir les informations de base sur un ensemble choisi d'expérimentations à l'échelon national ;
2. déterminer le niveau jusqu'auquel des données, études et analyses exploitables et comparables, seraient disponibles ;
3. définir et approfondir une liste préliminaire étendue de questions de recherche. Le Programme des visites a compris le Japon (18-24 juillet 1992), les Etats-Unis (18-22 octobre 1992) et l'Allemagne (26-30 octobre 1992).

Le groupe de recherche a visité deux laboratoires clé dans le domaine de la recherche sur les communications dans l'industrie, le premier travaillant essentiellement sur les technologies et les services de distribution locale, le second sur le transport et la commutation de données à longue distance. Ces visites ont été suivies par une conférence sur le programme fédéral de l'informatique et des communications à hautes performances. Enfin, le groupe a visité une université importante dans le domaine de la recherche, un des quatre centres nationaux de superordinateurs soutenus financièrement par la NSF, et qui représente l'avant-garde dans le domaine des applications d'interconnexion et de l'informatique à hautes performances. Les américains ont pensé que ce planning permettrait au groupe de chercheurs d'avoir un aperçu très complet des programmes nationaux.

### **6.2.2 Les visites chez Bellcore**

#### *Brève description de Bellcore*

Bellcore est la section de recherche des sept sociétés régionales du holding Bell, fondé lors du démantèlement de AT&T au début des années 80. Les laboratoires Bell ont ensuite été divisés en deux entités, les Laboratoires AT&T Bell et Bellcore. Ces sociétés qui sont exploitées au niveau régional, ont

pour mission de fournir un central de télécommunications et des services d'accès à ce central. Bellcore est la partie des laboratoires Bell d'origine qui assumait cette mission.

Le budget 1992 de Bellcore avoisinait 1.2 milliards de dollars E-U dont 89 pour cent ont été financés par les sept sociétés régionales.

#### *Nouvelles technologies*

Un aspect important de la recherche sur lequel on attira l'attention du groupe d'experts, consiste dans les travaux sur la transmission à des débits plus élevés des flots de données numériques à travers les lignes existantes, permettant d'augmenter la bande passante pour les applications domestiques sans avoir à remplacer le câblage existant par des câbles à fibre optique ou des câbles coaxiaux. Deux nouveaux systèmes furent présentés, une ligne d'abonné à haut débit numérique (high bit rate digital subscriber line -- HDSL ) et une ligne d'abonné numérique asymétrique (ADSL).

La technologie ADSL permet de transmettre 1.5 mégabits par seconde à travers une paire torsadée en cuivre pour une distribution locale dans un rayon d'environ 5 km. La distribution à haut débit est unidirectionnelle. Les débits de retour sont beaucoup plus faibles, ce qui explique le terme asymétrique.

Une ligne HDSL permettra la transmission bidirectionnelle des mêmes débits binaires à travers deux paires torsadées en cuivre dans un rayon maximum d'environ 2.5 km. Ces débits conviennent à des applications telles que la télévision, la vidéo conférence ou le multiplexage de la voix.

#### *Applications*

Une partie de la présentation a été consacrée aux nouvelles applications, notamment pour répondre à la question -- quelles applications nécessitent aujourd'hui une augmentation de la bande passante. Le groupe d'experts a relevé en particulier la nouvelle technologie du serveur vidéo et le panoramique vidéo permettant de déplacer la fenêtre visualisée à l'intérieur d'une fenêtre la plus grande possible.

L'utilisation de réseaux à haut débit pour la distribution de services a aussi fait l'objet de longues discussions. Bellcore participe à l'expérimentation du banc d'essai gigabit Aurora, en partie financée par le gouvernement dans le cadre du programme HPCC.

#### *Discussions générales*

En général, les discussions ont porté sur les questions -- quelles seraient les vitesses de transmission nécessaires pour délivrer quels services aux utilisateurs et, par conséquent, sur quel niveau de service les pouvoirs publics devraient-ils mettre l'accent. Selon le sentiment général, les technologies, de même que les applications envisagées, se situent au-delà du RNIS alors même que plusieurs personnes participant à ces discussions, avaient travaillé sur les normes initiales. Selon le point de vue général, la maison de l'avenir serait dotée de voies de communication, caractérisées par une bande passante très élevée, et pourraient accéder à un éventail de nouveaux services. La téléphonie, qui représente encore aujourd'hui le mode de télécommunications bidirectionnelles le plus répandu dans les foyers et dans les entreprises, sera progressivement supplanté par les réseaux sans fil des réseaux câblés et des réseaux de données privés.

Toutefois, la longue incertitude concernant le type des contraintes, pour les entreprises, qui devaient résulter du Modified Final Judgement, ayant entraîné le démantèlement de AT&T et toujours au coeur des débats, a empêché une planification des développements de technologies et de définir des priorités de la recherche au sein des sociétés de téléphonie régionales.



### 6.2.3 *Les laboratoires AT&T Bell (Division de la Recherche sur les Sciences Informatiques)*

#### *Introduction et description des laboratoires AT&T Bell*

Les Laboratoires AT&T Bell sont la partie des Laboratoires Bell d'origine qui est restée au sein de AT&T après son démantèlement, les priorités de recherche sont donc généralement liées aux priorités commerciales d'AT&T. A savoir, la la distribution et la commutation de lignes, la production et la vente d'équipements et la fourniture éventuelle de services d'information de différents types. L'intérêt de cette visite a porté sur un seul aspect des travaux du laboratoire, à savoir le département scientifique de l'informatique.

#### *Xunet*

Xunet est un réseau expérimental du banc d'essai à haut débit mis au point par les Laboratoires Bell à la fois dans un but d'expérimentation des technologies et dans un but pédagogique, afin de permettre aux étudiants des filières du génie électrique des universités locales de participer à des expériences évoluées de transmissions de données à haut débit. Il vise essentiellement l'étude de la construction de réseaux de données à haut débit, la mise au point d'outils logiciels de gestion de réseau et la mise au point des applications pour de tels réseaux.

Le réseau est en train d'évoluer pour atteindre des débits de l'ordre du gigabit grâce à la technologie de transmission asynchrone et les recherches concernant ce réseau ont été intégrées dans l'expérimentation du banc d'essai gigabit Blanca dans le cadre du programme HPCC. (Les laboratoires Bell contribuent à ce programme au titre de la collaboration, néanmoins sans le soutien financier de la NSF).

#### *Yswitch*

Yswitch est un commutateur expérimental conçu pour la commutation de paquets à des débits de plusieurs gigabits dans une configuration dense. La plupart des commutateurs à très haut débit ne sont conçus que pour des réseaux d'assez faible densité. Si le réseau du futur doit être véritablement un réseau universel, des concepts complètement différents devront être développés. Ce commutateur, mis au point pour un réseau local commuté privé à très hauts débits, utilise des structures de mémoire tout à fait nouvelles afin d'éviter certaines des contraintes d'un commutateur à mémoire partagée.

#### *Qualité des systèmes pour mesurer les services*

Dans les réseaux précédents, chaque niveau de service était systématiquement accompagné de garanties minimum de qualité définies de façon précise pour tous les usagers. Le réseau Internet ne possède aucun moyen de mesure spécifique de qualité. L'utilisateur du futur réseau public, qui sera un réseau intelligent d'une très grande flexibilité, devrait, par contre, pouvoir commander des services avec différentes options de fonctions de mesure, permettant de mesurer la qualité du service à tout moment (bande passante, fiabilité, délais de transmission maximum etc.). Les chercheurs ont expérimenté sur Xunet des modèles de conception intégrant un système de mesure, des modèles de tarification et des techniques de mesure de qualité qui permettraient d'avoir cette qualité modulable.

Dans les Laboratoires Bell, le groupe d'experts de l'OCDE a rencontré les membres AT&T nommés ci-dessous :

- Dr. Ravi Sethi, Directeur de la recherche en informatique,
- Dr. Prathima Agrawal,
- Dr. Charles R. Kalmanek,
- Dr. Hemant Kanakia,
- Dr. Srinivasan Keshav,
- Dr. Samuel P. Morgan.

#### 6.2.4 Conclusions

Concernant les expérimentations gigabit, un choix semble s'être fait dans les recherches entre l'ubiquité (densité d'une configuration réseau) et la vitesse de transmission de données brutes. Quelques discussions ont eu pour sujet la question de savoir si le compromis dans cette expérimentation gigabit serait entièrement transposable aux besoins d'un réseau public commuté où les débits binaires seraient moins élevés mais le nombre de connexions bien plus important. Un système de mesure, en particulier, de la qualité de services, et la tarification ont aussi été identifiés comme des éléments importants dans le contexte d'un réseau public.

Là encore, les chercheurs, comme chez Bellcore, se projettent vers le jour qui n'est pas si éloigné (par rapport aux délais habituels des compagnies téléphoniques), où un service mégabit, si ce n'est gigabit, pourrait être diffusé de façon universelle. C'est pourquoi les laboratoires Bell ont offert d'utiliser leurs propres installations pour participer aux expérimentations des bancs d'essai gigabit.

Enfin, l'accent mis par le programme Xunet concernant l'enseignement a été remarqué. La direction des Laboratoires Bell a conclu que le principal obstacle au développement des technologies de communication à très haut débit était le manque de chercheurs suffisamment qualifiés à la sortie des formations techniques diplômantes. Il a été ajouté que cette pénurie des ressources humaines était essentiellement due au fait qu'aucun accès aux expérimentations technologiques n'était prévu dans la formation des ingénieurs. Ainsi, Xunet a été conçu comme un banc d'essai autant éducatif que de recherche, et implique les écoles d'ingénieur de plusieurs universités participant au projet.

#### 6.2.5 Conférence HPCC

Messieurs Weingarten et Flamm ont donné, à l'attention de l'équipe du projet, une conférence sur l'état d'avancement du programme HPCC au cours de laquelle ils ont présenté les prévisions actuelles de financement et les discussions concernant le contenu et l'évolution future du programme NREN. Les **tableaux 7 et 8** donnent des informations détaillées sur les composantes HPCC et les agences impliquées.

Pour la deuxième année, une augmentation de 23 pour cent du budget annuel de l'administration a été demandé pour le programme HPCC. Une fois de plus, un fascicule supplémentaire spécial intitulé Grand Challenges 1993, "High Performance Computing and Communications" a été présenté avec le programme, reconnu comme une Initiative présidentielle inter-organismes (Interagency Presidential Initiative). Des exemplaires de ce fascicule ont été remis à l'équipe en visite.

En 1991, le Congrès a affecté 654.8 millions de dollars E-U au programme HPCC pour l'année 1992, en fait 16.5 millions de plus que la demande initiale de l'administration pour l'exercice budgétaire 1991, ce qui correspond en grande partie à un engagement plus important de la part de quelques uns des petits participants, tels que l'Administration nationale de l'océanographie et de l'atmosphère (National Oceanic and Atmospheric Administration -- NOAA) et l'Institut national de la santé (National Institute for Health -- NIH). Le budget demandé pour cette année était de 802.5 millions de dollars. Le **tableau 9** donne la ventilation des engagements financiers entre les différents organismes et montre également comment les capitaux ont été répartis pour ces quatre composantes parmi les huit agences participantes. L'augmentation de l'engagement de NSF d'un montant de 61 millions pour l'exercice budgétaire 1993 a sans aucun doute été le plus important, non seulement pour son montant total, mais en pourcentage d'augmentation (30 pour cent d'augmentation pour la NSF comparé aux 18 pour cent pour la DARPA, 18 pour cent pour le DoE, et 25 pour cent pour la NASA).

Tableau 7. **Quatre composantes de base**

**Programmes de l'informatique et des communications à hautes performances des Etats-Unis (1991-93)**

Systemes informatiques à hautes performances (High Performance Computing Systems -- HPCS)

Générations futures  
Outils de conception systèmes  
Prototypes évolués  
Evaluation des systèmes préliminaires

**Technologies logicielles et algorithmes évolués (Advanced Software Technology and Algorithms -- ASTA)**

Logiciels relatifs aux Grands Défis  
Composants et outils logiciels  
Techniques de calcul  
Centre de recherche de l'informatique à hautes performances

**Réseau national de la recherche et de l'éducation (National Research and Education Network -- NREN)**

NREN inter-organismes provisoire  
Recherche et développement sur des débits à plusieurs gigabits

**Recherche fondamentale et ressources humaines (Basic Research and Human Resources -- BRHR)**

Recherche fondamentale  
Participation à la recherche et formation  
Infrastructure  
Education, formation et programmes d'étude

Tableau 8. **Huit agences**

**DARPA**

- Développement des technologies des systèmes informatiques évolués
- R-D des technologies gigabit

**NSF**

- Recherches fondamentales et ressources humaines
- Déploiement du NREN
- Infrastructure et outils logiciels pour les Grands Défis

**DOE**

- Evaluation des systèmes
- Développement des logiciels d'application

**NASA**

- Développement et accès aux bases logiciels d'application HPC

**NIH**

- Applications et bibliothèques médicales

**NOAA**

- Applications de modélisation de la physique et applications de bases de données, par exemple en climatologie

DARPA	Agence pour la recherche de pointe en matière de défense
NSF	Fondation nationale pour la science
DoE	Ministère de l'Energie
NASA	Agence nationale pour l'aéronautique et l'espace
NIH	Institut national de la santé
DoC/NOAA	Ministère du Commerce : Administration nationale de l'océanographie et de l'atmosphère
DoC/NIST	Institut national de normalisation et des technologies
EPA	Agence de protection de l'environnement

Les **tableaux 9 et 10** font une distinction entre les capitaux reprogrammés et les capitaux nouvellement affectés par le Congrès pour la période 1991 à 1995.

Depuis cette conférence, le programme HPCC du gouvernement américain a été étendu par la Loi sur les infrastructures d'information (Bill on Information Infrastructures), et des capitaux supplémentaires lui ont été affectés.

L'Initiative comprend quatre composantes de base que sont les programmes :

- Les systèmes informatiques à hautes performances (High Performance Computing Systems -- HPCS) : dont l'objet est d'accélérer les développements des systèmes informatiques à hautes performances de la future génération ;
- Les Advanced Software Technology and Algorithms (ASTA, technologies logicielles et les algorithmes évolués) : dont l'objet est de développer les outils de calcul et les ressources permettant d'exploiter les ordinateurs à hautes performances, notamment dans les domaines de recherche correspondant aux Grands Défis ;
- Le réseau national de recherche et de l'éducation (National Research and Education Network -- NREN) : dont l'objet est de développer et soutenir les réseaux de communication à haut débit au service de la recherche et de l'éducation ;
- La recherche fondamentale et les ressources humaines (Basic Research Human Resources -- BRHR) : dont l'objet est de fournir une réponse aux besoins sous-jacents de la recherche fondamentale et de l'éducation nécessaires au programme.

#### **6.2.6 Cinq bancs d'essai GIGABIT**

L'un des objectifs de l'initiative HPCC du gouvernement est la création d'un réseau national de recherche et d'éducation (NREN) pour faire communiquer quelques 250 universités et d'importants laboratoires de recherche nationaux et privés aux Etats-Unis. Afin de déterminer les besoins actuels de ces institutions, et par là même d'aider à la prévision de la capacité et au déploiement de tels réseaux gigabit, le CNRI<sup>38</sup> a été chargé d'installer cinq bancs d'essai aux Etats-Unis. Le **graphique 7** décrit leur déploiement géographique.

L'équipe de recherche n'ayant pas visité ces sites, seule une brève description des objectifs et de la portée de ces bancs d'essai est présentée ci-dessous pour information. texte manquante

##### a) AURORA

###### *Participants*

Le projet AURORA réunit des chercheurs de Bellcore (N.J.), IBM (N.Y.), MIT (Ma.) et de l'université de Pennsylvanie (Pa.), avec la collaboration de Bell Atlantic, MCI et NYNEX. L'objet de ce banc d'essai est de relier quatre sites : Le Bellcore Research and Engineering à Morristown dans le New Jersey ; le IBM Computer Science Research Laboratory à Hawthorne dans l'état de New York ; le MIT Laboratory for Computer Science Cambridge dans le Massachussets ; et le Distributed Systems Laboratory de l'université de Pennsylvanie à Philadelphie (voir le **graphique 8**).

Agence	Budget 1991	Budget 1992	Demande pour budget 1993	HPCS	Budget 1993 d'ASTA	Programme NREN	BRHR
DARPA	183.0	232.2	275.0	119.5	49.7	43.6	62.2
NSF	169.0	200.9	261.9	28.6	125.6	45.1	62.6
DoE	65.0	92.3	109.1	10.9	69.2	14.0	15.0
NASA	54.0	71.2	89.1	14.1	61.4	9.8	3.8
NIH	13.5	41.3	44.9	4.2	22.6	7.2	10.9
DoC/NOAA	1.4	9.8	0.0	6.1	10.4	0.4	0.0
EPA	1.4	5.0	8.0	0.0	6.1	0.4	1.5
NIST	2.1	2.1	4.1	1.1	1.0	2.0	0.0
<b>Total</b>	<b>489.4</b>	<b>654.8</b>	<b>802.9</b>	<b>178.4</b>	<b>346.0</b>	<b>122.5</b>	<b>156.0</b>

	1991	1992	1993	1994	1995
1. Système informatique à hautes performances	55	31	141	173	216
dont :					
-- Générations futures/recherche	11	17	24	32	37
-- Outils de conception des systèmes	10	18	21	25	25
-- Mise au point de prototypes évolués	22	36	65	86	116
-- Evaluation des systèmes préliminaires	12	20	31	36	38
2. Technologies logicielles et algorithmes évolués	51	90	137	172	212
dont :					
-- Support des Grands Défis	9	19	34	43	48
-- Constitution des logicielles	15	30	41	60	78
-- Technologie des calculs	6	10	18	19	31
-- Centres HPCC	21	31	44	50	55
3. Réseau national de la recherche et de l'éducation	30	50	95	105	110
dont :					
-- NREN inter-organismes	14	23	55	50	50
-- R-D gigabit	16	27	40	55	60
-- Développement du réseau gigabit -- Adaptations structurelles aux services commerciaux				(Financement pas avant cinq ans)	
4. Recherche fondamentale	15	25	38	46	59
<b>Total des programmes HPCC</b>	<b>151</b>	<b>256</b>	<b>411</b>	<b>502</b>	<b>597</b>

Figure 7. « Bancs d'essai Gigabit aux États-Unis »

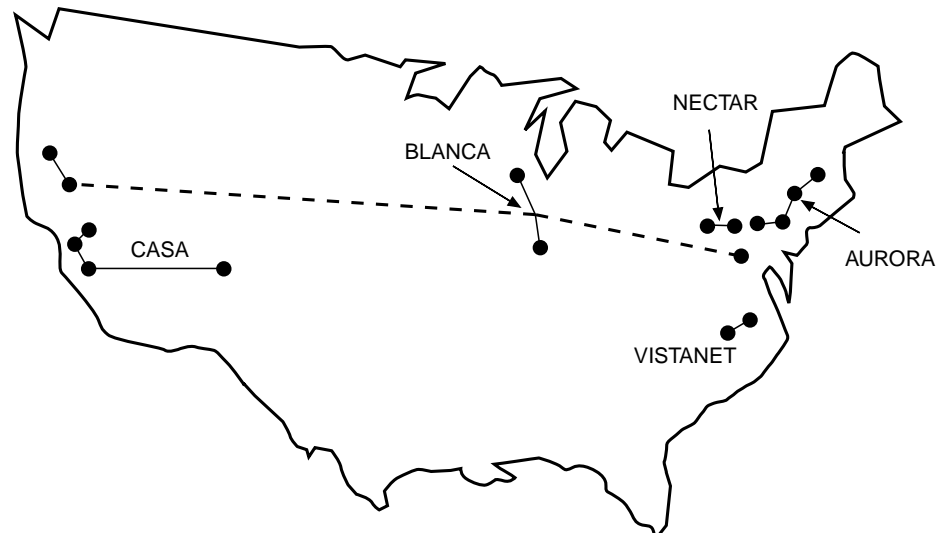
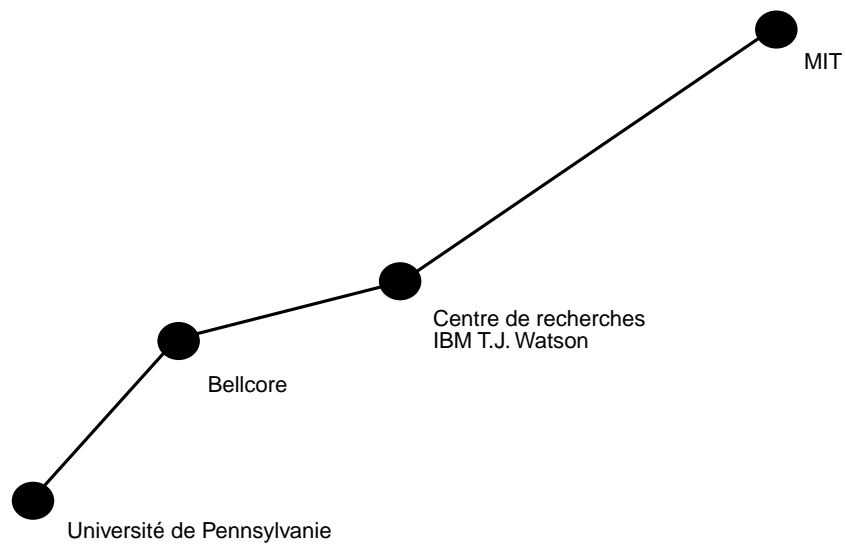


Figure 8. Le banc d'essai AURORA



### *Champ et domaine des études*

Le champ d'activité d'AURORA est l'exploration et l'évaluation des technologies alternatives de réseau adaptées aux réseaux gigabit.

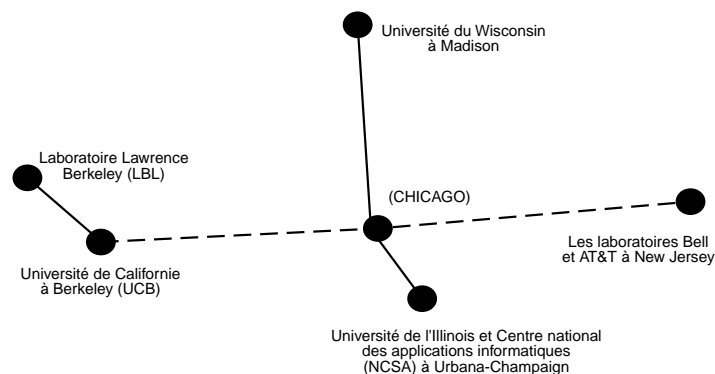
Deux grandes approches distinctes de domaines sont suivies, ATM et PTM (Packet Transfer Mode, en opposition avec les petites cellules d'ATM), pour offrir des solutions de rechange aux sujets majeurs de la recherche. A la suite du déploiement des réseaux indépendants d'ATM et de PTM, ils seront interconnectés afin de comprendre l'interopérabilité des technologies.

#### b) BLANCA

##### *Participants*

Ce projet réunit le Lawrence Berkeley Laboratory (LBL), le National Center for Supercomputing Applications (NCSA), l'université de Californie à Berkeley, l'université de l'Illinois à Urbana-Champaign et l'université du Wisconsin à Madison (voir **graphique 9**). Les industries collaborant à ce banc d'essai sont Ameritech, Astronautics, Bell Atlantic, Pacific Bell et AT&T.

Figure 9. Le banc d'essai BLANCA



BLANCA est basé sur le programme, en cours de réalisation, de Réseau universitaire expérimental (Experimental University Network -- XUNet) qui est à l'origine de la recherche et de la collaboration entre les trois universités ; il est financé et dirigé conjointement par AT&T, Ameritech, Bell Atlantic et Pacific Telesis.

A partir du premier banc d'essai XUNet I qui permettait des communications à grande distance à 1.5 Mbits/s, le réseau a évolué vers XUNet II qui comporte des commutateurs à 622 Mbits/s et des liens supplémentaires reliant AT&T Bell, NCSA et LBL. Cray Research sera connecté au commutateur XUNet de l'université du Wisconsin à travers un circuit, fourni par Norlight Corporation, d'un débit de 565 Mbits/s.

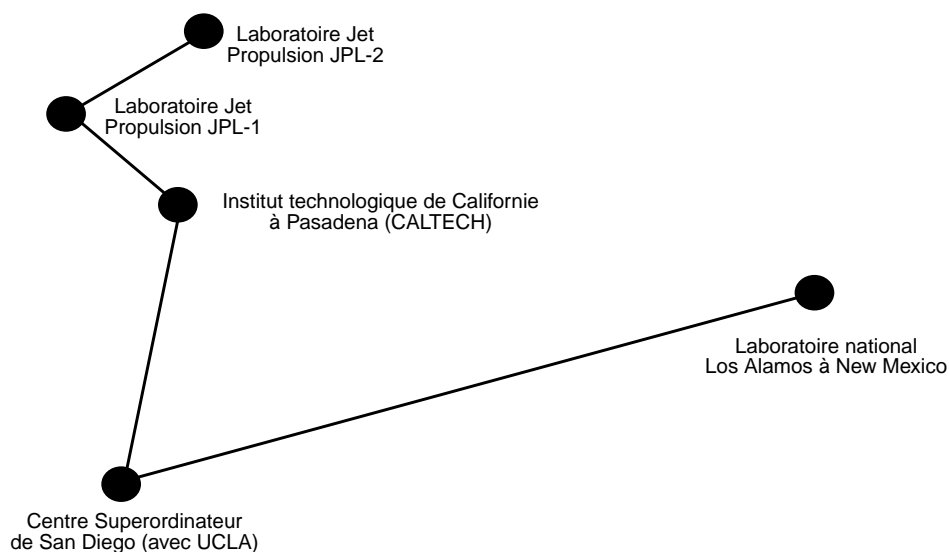


c) CASA

*Participants*

Le banc d'essai CASA réunit le Los Alamos National Laboratory (LANL) à New Mexico; le California Institute of Technology (CALTECH) ; le Jet Propulsion Laboratory (JPL), à Pasadena en Californie ; et le San Diego Supercomputer Center (SDSC) en collaboration avec l'université de California à Los Angeles (University of California at Los Angeles -- UCLA) (voir **graphique 10**). Ce banc d'essai bénéficie aussi d'autres collaborations, parmi la communauté des exploitants de télécommunications tels que MICI, Pacific Bell et US West.

Figure 10. Le banc d'essai CASA



*Champ et domaine des études*

Ce banc d'essai a pour objet les applications distribuées entre plusieurs ordinateurs à travers des réseaux grande distance à haut débit avec une latence des communications relativement forte. Cet environnement distribué de superordinateurs devrait offrir de nouvelles capacités de calcul dans le traitement des problèmes scientifiques de pointe (voir **graphique 11**).

d) NECTAR

*Participants*

Le banc d'essai NECTAR réunit la Carnegie Mellon University (CMU) et le Pittsburgh Supercomputing Center (PSC) avec la collaboration de Bellcore et Bell Atlantic/Bell en Pennsylvanie (voir **graphique 12**).

Le banc d'essai NECTAR relie les deux sites, CMU et PSC, distants d'environ 30 km.

Figure 11. Configuration réseau du banc d'essai CASA

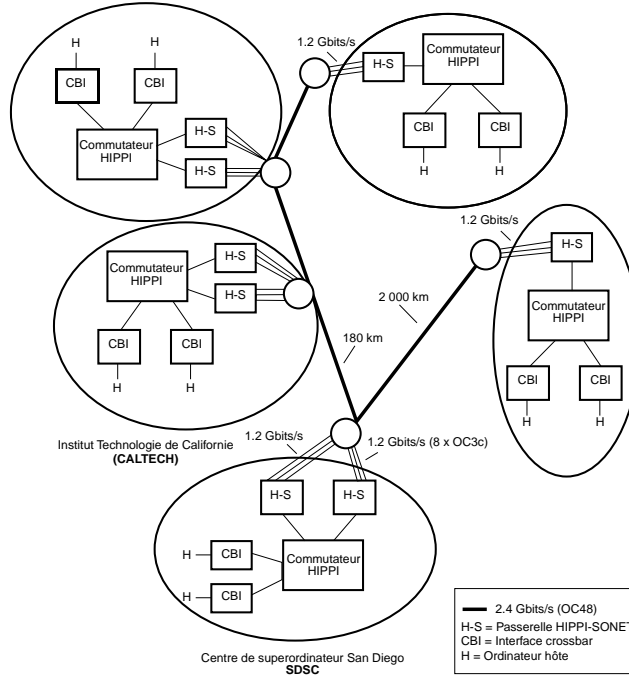
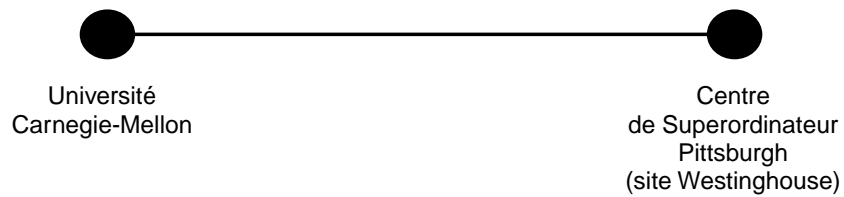


Figure 12. Le banc d'essai NECTAR



Le projet NECTAR du CMU est un des projets en cours de réalisation sur lesquels a été basé le banc d'essai gigabit NECTAR. NECTAR a été conçu comme un système d'interconnexion de ressources informatiques hétérogènes à travers des liens en fibre optique, d'importants commutateurs crossbar (appelés "HUBS") et des coprocesseurs réseau spécialisés (appelés "CABs").

#### *Champ et domaine des études*

Ce projet a pour objet la commutation gigabit en réseau local, les systèmes d'exploitation, les logiciels de communications réseau, les environnements de programmation et les applications distribuées. Le but du banc d'essai gigabit NECTAR est d'étendre les fonctionnalités du prototype précédent (avec des liens supportant un débit de 100 Mbits/s), et d'élaborer la génération NECTAR suivante avec des liens supportant un débit d'un gigabit par seconde ou plus. Un des domaines d'étude concerne la mise au point d'une interface SONET asynchrone afin de permettre la connexion du banc d'essai aux futurs réseaux de télécommunications.

L'environnement de programmation de systèmes hétérogènes initial (résultat de la collaboration entre le projet Mach OS et le projet NECTAR) devra être étendu à Cray, iWARP et à un grand nombre de stations de travail. L'ensemble des protocoles requis pour ces applications sera développé.

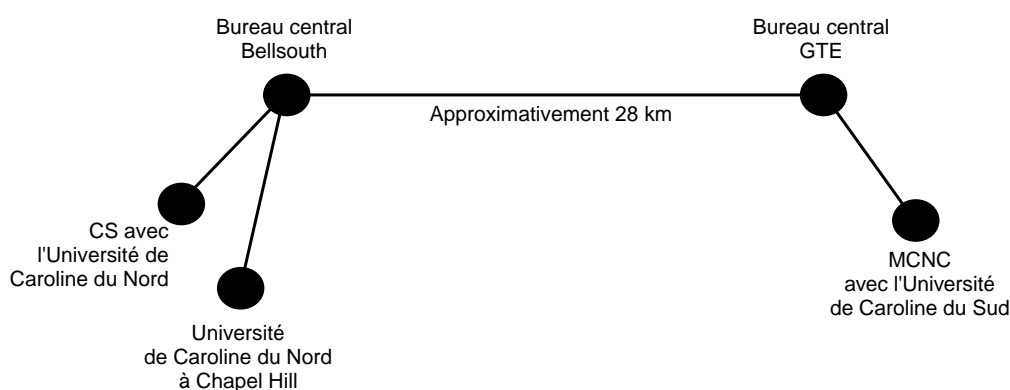
#### *e) VISTANET*

##### *Participants*

Le projet VISTANET réunit BellSouth, GTE, l'Université de Caroline du Nord (University of North Carolina -- UNC) à Chapel Hill, et MCNC en collaboration avec l'Université de Caroline du Sud (voir **graphique 13**).

Les sites sont tous situés dans la Caroline du Nord et les distances couvertes par le réseau sont relativement faibles, approximativement 28 km.

Figure 13. **Le banc d'essai VISTANET**



### *Champ et domaine des études*

Le réseau de recherche VISTAnet a pour objet les applications médicales. Ce projet servira de vecteur pour l'étude des technologies clé d'interconnexion réseau large bande et démontrera l'intérêt d'un réseau gigabit dans un environnement métaordinateur.

Les sujets de recherche d'un point de vue technologie réseau comprennent les protocoles, l'analyse des performances et les technologies de commutation (commutation temporelle asynchrone et répartiteur large bande), y compris leur interconnexion, destinés aux réseaux gigabit de distribution de services<sup>39</sup> multiples.

#### **6.2.7 Cornell University**

Les recherches prévues dans le cadre du programme HPCC seront menés sur les sites des bancs d'essai. Afin de réunir le plus grand nombre de chances pour aboutir à un accord sur d'autres techniques réseau, les sites de ces bancs d'essai ont été conçus dans le souci d'une coopération étroite entre les universités, les laboratoires nationaux, les centres de superordinateur et les principales organisations industrielles comprenant des industries utilisatrices, des exploitants de télécommunications et des constructeurs informatiques. Le groupe d'experts de l'OCDE a visité l'université Cornell qui est une des universités de pointe dans le domaine de la recherche universitaire aux Etats-Unis. Cette université, dont le programme informatique est d'un niveau particulièrement élevé, dispose d'un système électronique de bibliothèques pour la recherche, et abrite un des quatre centres superordinateur nationaux fondés par la NSF il y a presque dix ans (les trois autres centres se trouvent respectivement dans les universités de Pittsburgh, d'Illinois et de San Diego). L'objet des discussions était de se faire une opinion sur les utilisateurs et les applications de réseaux à haut débit.

##### a) Historique de l'utilisation de la technologie de l'information à Cornell

Les premières discussions ont eu lieu avec le Dr. M. Stuart Lynn, Vice Président des technologies de l'information. Cornell a une longue tradition d'innovation dans le domaine des technologies en milieu universitaire. On considère à Cornell que les nouveaux outils de calcul et de communication, en particulier le réseau INTERNET et ses successeurs dont l'objectif final est le NREN, ne sont pas de simples outils de recherche améliorés, mais constituent les outils d'une nouvelle infrastructure d'information de base qui est en train de bouleverser les méthodes de recherche dans tous les domaines. Ainsi, la tâche de Lynn's en tant que directeur de l'université est d'assurer que ces nouvelles technologies soient adoptées rapidement et de la façon la plus performante possible.

##### b) Programme de bibliothèque basée sur l'électronique à la Bibliothèque Mann

La bibliothèque Mann est dédiée à la documentation de la recherche dans le domaine agricole. Cornell est l'établissement d'enseignement agricole sous le contrôle de l'état de New York, il comporte des installations de recherche agricole très importantes. Plusieurs projets en cours utilisent les technologies électroniques permettant un accès facile aux ressources d'information, non seulement par les chercheurs du campus universitaire mais aussi par les chercheurs du monde entier.

Trois projets ont été évoqués. Le premier concerne la passerelle Mann Library, qui est une interface utilisateur entre le réseau Internet et un certain nombre de bases de données résidant à la fois sur le campus universitaire et en dehors du campus. Le deuxième projet concerne les travaux pour la mise en forme électronique des résumés contenant du texte intégral ou des images de l'American Chemical Society Journals, qui pourraient ainsi être accessibles à travers le réseau. Le troisième et dernier projet concerne la construction d'un système électronique de recherche documentaire agricole portable, basé sur des disques optiques. Le coût d'un tel système devrait être très abordable et sa distribution dans le monde entier, en particulier vers les centres de recherche agricole du Tiers Monde, devrait être facile.

### **6.2.8 Visite du centre de théorie et du laboratoire de visualisation**

Le centre théorique Cornell est le seul centre superordinateur national doté d'un parc informatique IBM. Le parc comprend deux superordinateurs vectoriels/scalaires, les Systèmes d'entreprise IBM ES/3090-600, chacun rattachant six processeurs. Il est prévu de faire évoluer ce parc vers un seul superordinateur, le Système d'entreprise IBM ES/9000-900 hexa-processeurs qui permettrait des débits crête de 2.66 gigaflops.

Le centre Cornell centralise les travaux et le soutien des chercheurs universitaires, des agences gouvernementales, de l'industrie informatique et des industries utilisatrices qui en sont encore à découvrir les utilisations finales des superordinateurs.

Ce centre utilise un nouveau produit IBM, Power Visualisation System (PVS), qui lui permet d'assurer l'enseignement de l'art graphique et la recherche dans le domaine des techniques de visualisation. La recherche moderne porte essentiellement sur les moyens pour mettre, de façon performante, l'énorme quantité d'information générée par un superordinateur à la portée de l'oeil humain et de telle manière que les détails importants puissent être remarqués et compris.

A la fin de la matinée, les participants sont revenus dans le bureau de M. Lynn pour assister à une démonstration plus détaillée du système de base de données Gopher/WAIS à travers le réseau.

### **6.2.9 Conclusions**

Plusieurs exemples de recherche et d'expérimentation sur des utilisations finales de réseaux à haut débit ont été donnés par le Centre Cornell. En effet, si on ne parle pas de leurs applications potentielles, d'aucuns pourraient considérer ces programmes d'infrastructure nationale à haut débit comme des programmes pour pousser les technologies en avant. Or, les travaux de Cornell dans le domaine HPCC incluent des composantes de développement très orientées vers les applications. De plus, le réseau Internet a fourni une plate-forme pour des développements imprévus, tels que les technologies de recherche d'information de WAIS et de GOPHER, et pour des expérimentations au centre Cornell dans le domaine de la vidéo à balayage ralenti. La difficulté sera de mettre ces plate-formes expérimentales dans les mains d'utilisateurs créatifs.

## **6.3 Réseau Canadien pour l'Avancement de la Recherche, de l'Industrie et de l'Enseignement (CANARIE)**

### **6.3.1 Introduction**

CANARIE correspond à Canadian Network for the Advancement of Research, Industry and Education. Conçu pour faciliter les échanges d'idées et le développement de nouveaux produits et services, CANARIE aura une incidence déterminante sur l'infrastructure des communications canadienne du 21ème siècle. En fournissant de meilleurs équipements de test et en permettant une utilisation plus équilibrée des ressources nationales et un accroissement des compétences et des connaissances, CANARIE permettra au Canada de rester à l'avant-garde internationale des développements dans le domaine des télécommunications.

CANARIE est une initiative nationale et une opportunité nationale. Sa mission est de stimuler la création d'un système de communications électroniques destiné à tous les canadiens d'ici 2000. L'aboutissement de ses travaux sera d'abord l'organisation, parmi les membres du projet, d'un ensemble de services améliorant les communications, dans les communautés de l'enseignement, et aussi dans les milieux de la recherche des secteurs privés et publics. Un flot de nouvelles technologies, d'applications et de logiciels issus des laboratoires et des installations de test sera transmis à travers les réseaux aux milieux de la recherche et de l'enseignement. Ultérieurement, ces technologies et ces applications seront diffusées à travers les réseaux publics. Les milieux de la recherche et de l'enseignement pourront tirer avantage de ces systèmes évolués et les fournisseurs de l'industrie de l'information pourront développer de nouveaux produits et services pour accroître leur part sur le marché international.

D'autres pays consacrent des investissements importants en vue d'exploiter les synergies entre les ordinateurs et les télécommunications. Ils construisent des réseaux de communication plus rapides et plus puissants pour servir leurs communautés de R-D et de l'enseignement et, ainsi, se préparent une position plus concurrentielle sur les marchés des TI à l'échelle mondiale. Ces pays ont pris conscience que leur soutien pour des réseaux à haut débit dans les domaines de la R-D et de l'éducation, pourrait avoir un effet catalyseur pour l'amélioration de la compétitivité dans le secteur des technologies de l'information. En fin de compte, tous les secteurs de l'économie en tireront profit.

CANARIE réunira les forces intellectuelles du Canada en vue de stimuler l'accroissement de la productivité, de la créativité et la génération de plus de richesses. Au-delà du partage des ressources de base, il sera le vecteur d'un changement culturel. CANARIE favorisera véritablement des communications à haut débit à l'échelle mondiale, des réseaux d'information, la recherche et le développement, l'accès à l'information et la création de nouvelles techniques d'enseignement. CANARIE sera une source de profits pour pratiquement tous les secteurs économiques. En particulier, on s'attend à qu'il favorise le développement d'une nouvelle infrastructure des communications, capitale pour l'économie à base de connaissances qui se fait jour, et qu'il contribue ainsi à la compétitivité de tous les secteurs de l'économie, à la prospérité, à la création d'emplois et à la qualité de vie.

De plus, CANARIE vise à constituer un environnement dans lequel l'industrie des technologies de l'information canadienne pourra accélérer le développement des futures générations de technologies en réseau ouvert, de produits, d'applications, de logiciels et de services ; ainsi qu'à accroître les performances de la recherche, des développements et de l'enseignement grâce à une meilleure collaboration et à l'accès à l'information et aux ressources dans le monde entier.

### **6.3.2 *Plan de mise en oeuvre et d'investissement***

La mise en oeuvre de l'initiative CANARIE se fera en trois phases (voir **tableau 11**). Le montant total des investissements directs et indirects pour la Phase 1 s'élèvera à 115 millions de dollars canadiens, auquel le gouvernement contribuera à hauteur de 26 millions et le secteur privé à hauteur de 89 millions.

### **6.3.3 *Développement***

Pendant les quatre dernières années, plus de 200 personnes venant de 56 organisations représentant les communautés canadiennes de la recherche, les universités, les entreprises et le gouvernement, ont développé un plan de principe et d'action CANARIE en réponse aux défis auxquels le Canada est confronté.

### **6.3.4 *Applications et participants potentiels***

Les applications ainsi que les participants pouvant intervenir dans l'initiative CANARIE sont listés dans le **tableau 12**.

## **6.4 Sites HPCC visités en Allemagne et au CERN à Genève en octobre 1992**

Cette partie du rapport présente les principaux résultats de l'enquête OCDE dans le domaine HPCC en Allemagne et au CERN en Suisse.

Tableau 11. Les trois phases de l'initiative CANARIE

Phases	Planning et objectifs	Investissements directs et indirects
Phase 1	(Avril 1993 - Mars 1995)	
	Accroître les capacités du réseau national de R-D et d'enseignement et le commercialiser	115 millions (dollars canadiens)
	Constituer un réseau d'essai à haut débit en expérimentation	
	Lancer les développements des produits et services	
Phase 2	(Avril 1995 - Mars 1998)	
	Mettre en service le réseau d'essai à haut débit en expérimentation	
	Stimuler les développements de nouvelles technologies d'interconnexion, de produits, d'applications, de logiciels et de services	
	Continuer à accroître les capacités du réseau national R-D et d'enseignement	
Phase 3	(avril 1998 - mars 2000)	
	Faire migrer les applications et les technologies vers des réseaux opérationnels	

**Tableau 12. Les applications et les participants eventuels de l'initiative CANARIE"**

SECTEUR	APPLICATIONS POTENTIELLES	PARTICIPANTS POTENTIELS
Santé	<p>Diagnostics en collaboration                      Transfert d'images à haute définition                      Télé-enseignement                      Plannigramme des traitements par radiation                      Secteur de fourniture des équipements médicaux</p>	<p>Hôpitaux en campagne et en ville                      Médecins                      Chercheurs de la médecine                      Enseignement en hôpital</p>
Secteur pharmaceutique/ biotechnologies	<p>Analyse dynamique des molécules                      Accès aux données et outils pour analyser les données                      acquises dans le cadre du projet du génôme humain</p>	<p>Chercheurs universitaires                      Chercheurs des organisations gouvernementales                      Industries pharmaceutiques et des biotechnologies</p>
Aéronautique	<p>Ingénierie en coopération</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universités</li> <li>• Fabricants TI</li> <li>• Opérateurs et transporteurs de l'aéronautique</li> </ul>	<p>Constructeurs</p>
Astronomie	<p>Distribution des données acquises par le télescope de Hubble et d'autres sources</p>	<p>Chercheurs                      Médias</p>
Agriculture	<p>Accès aux données obtenues par télédétection des prévisions de récoltes                      Bureau canadien du blé                      Groupement d'approvisionnement agricole</p>	<p>Chercheurs                      Négociants céréaliers</p>
Pêche	<p>Accès aux données acquises par télé-détection :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agences gouvernementales</li> <li>• Industries de la pêche</li> </ul>	<p>Chercheurs</p>
Forêts	<p>Accès aux données acquises par télédétection pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aide à la gestion des forêts</li> <li>• amélioration des méthodes de protection des forêts</li> <li>• surveillance des parasites/ maladies</li> <li>• planification des moissons</li> <li>• permettre la détection rapide des incendies</li> </ul>	<p>Industrie forestière                      Agences gouvernementales</p> <p>Ministères des forêts                      Ministères de l'environnement                      Agences d'intervention dans les catastrophes</p> <p>Groupes d'environnement                      Communauté universitaire/de la recherche</p>
Ressources naturelles • Gaz •Mines	<p>Systèmes d'analyse des formations/gisements interactifs en trois dimensions</p>	<p>Recherche universitaire/enseignement                      Prospection et extraction du pétrole                      Exploitation et transformation minière                      Entreprises d'analyse sismique</p>
Education/Formations spécifiques	<p>Télé-enseignement                      Programmes pédagogiques basés sur ordinateur</p>	<p>Administrations de l'enseignement dans les provinces</p> <p>Ecoles publiques et privées                      Centre de formation en entreprise</p>
Médias/ Communications	<p>Développement de programmes en collaboration                      Accès à distance aux bibliothèques vidéo</p>	<p>Producteurs/radiodiffuseurs</p> <p>Câblo-opérateurs                      Diffuseurs par satellites</p>
Entreprises financières/ banques	<p>Transfert de document à haut débit                      Systèmes bancaires évolués</p>	<p>Banques et institutions financières                      Autres</p>
Planification urbaine	<p>Accès aux données acquises par télédétection                      Analyse en collaboration avec les systèmes d'informations géographiques                      Accès à des bases de données multiples (par exemple, "Statistics" au Canada)</p>	<p>Urbanistes</p> <p>Agences pour la protection de l'environnement</p> <p>Concepteurs                      Prestations d'aménagement/de service</p>



Sont décrites les visites et les présentations faites à :

1. TUBKOM (Université des sciences techniques de Berlin, Centre de recherche des technologies des communications large bande) ;
2. DFN (Deutsches Forschungsnetz, Réseau de recherche allemand) ;
3. BERKOM (Système de communications de Berlin) ;
4. SIEMENS Présentation sur le mode de transmission asynchrone ;
5. RUS -- Université de Stuttgart (Centre informatique régional, Institut des applications informatiques, ICA) ;
6. ICA -- Institut des applications informatiques (ICA), Université de Stuttgart ;
7. PAGEIN (Pilot Applications on a Gigabit European Integrated Network) ;
8. CERN (Centre de recherche de la Physique des Hautes Energies).

Cette partie du rapport inclut aussi les programmes HPCC nationaux de pays européens sélectionnés, qui ont été présentés lors des réunions de l'IETI ou pendant les visites in situ :

- Le programme HPCC du ministère de la Recherche et des Technologies (BMT, B. Reuse, Bonn) ;
- Le programme HPCC en Finlande (Prof. R. Nieminen) ;
- Le programme HPCC du Royaume-Uni (Dr. Cooper, Rutherford Lab.).

#### **6.4.1 TUBKOM (Université des sciences techniques de Berlin)**

*Hôtes : Messieurs les Dipl. Ing. M. Wolf, G. Kalkbrenner, J.Schlosser*

TUBKOM, fondé en 1978, est un centre de recherche situé à l'université des techniques de Berlin et dont la mission est de faire progresser les applications multifonctionnelles des technologies de communication dans la large bande. Ce centre travaille en partenariat avec l'industrie allemande et d'autres organismes de recherche (Institut de cardiologie allemand, Institut de physique, etc.) et collabore à différents programmes de la Commission des Communautés européennes dans le cadre des programmes ESPRIT et RACE.

Les objectifs de TUBKOM sont de :

- fournir un banc d'essai pour les technologies de communication large bande ;
- développer des applications novatrices des communications large bande ;
- intégrer des systèmes constructeurs multiples (systèmes hétérogènes) basés sur le modèle OSI ;
- de mettre en place des liaisons vers d'autres réseaux, tel que BERKOM, le réseau berlinois RNIS-B, et EBIT (European Broadband Interconnect Trial), le réseau pilote européen à large bande ;
- d'appliquer les communications large bande aux domaines de l'enseignement universitaire et de la recherche.

En collaboration avec le Advanced Networking Test Centre (ANTC, Centre de test des réseaux évolués) de Sunnyvale, Californie, et le European Advanced Networking Test Centre (EANTC, Centre européen de test des réseaux évolués), TUBKOM a installé en 1990 un réseau large bande à haut débit utilisant la fibre optique, qui a coûté 15 millions de DM. Ce réseau relie les départements de l'université via des stations de travail, des serveurs et des ponts basés sur la technologie des interfaces en fibre optique FDDI (Fibre Optic Distributed Data Interface) permettant des débits de 100 mégabits/s. La topologie de base de ce réseau est montré à la **graphique 14**. D'autre-part, il est prévu que TUBKOM utilise les ressources RNIS-B installées à BERKOM (**graphique 15**) pour accéder aux réseaux externes et aux réseaux internationaux.

Figure 14. Intégration du réseau TUBKOM dans le RNIS-B

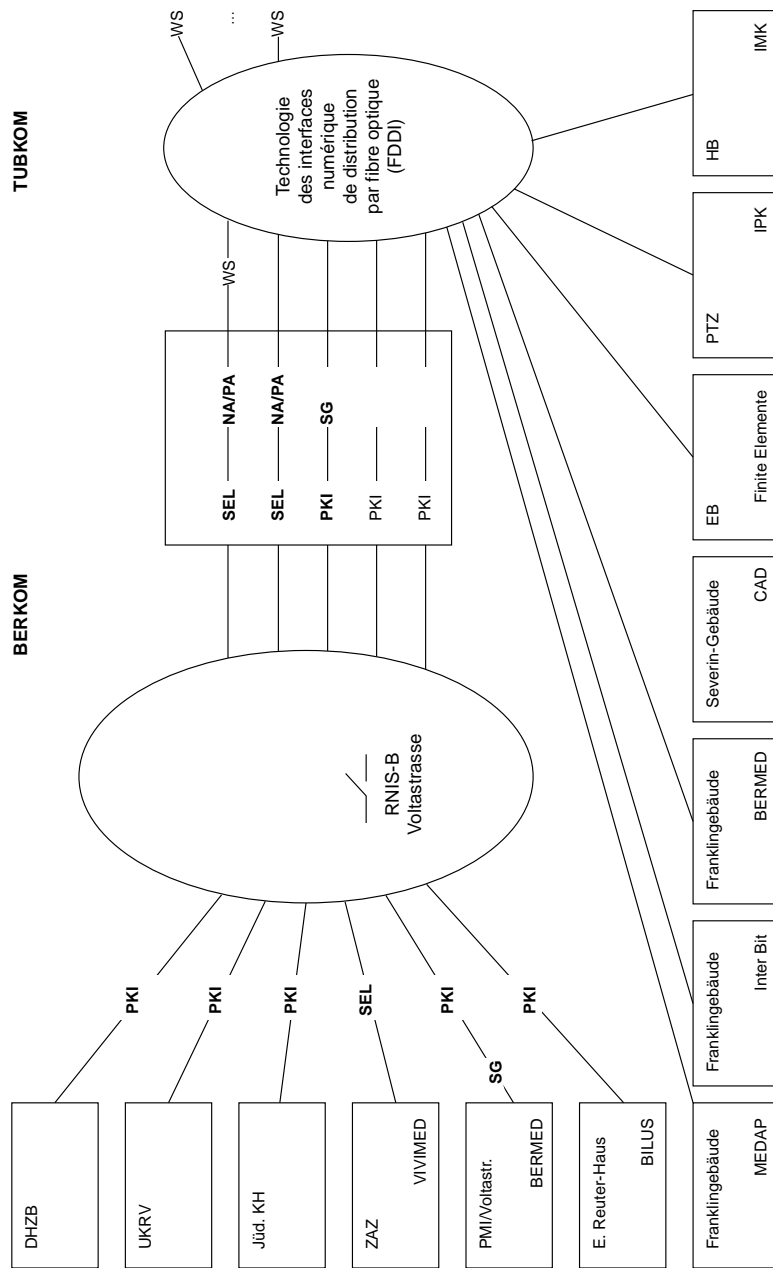
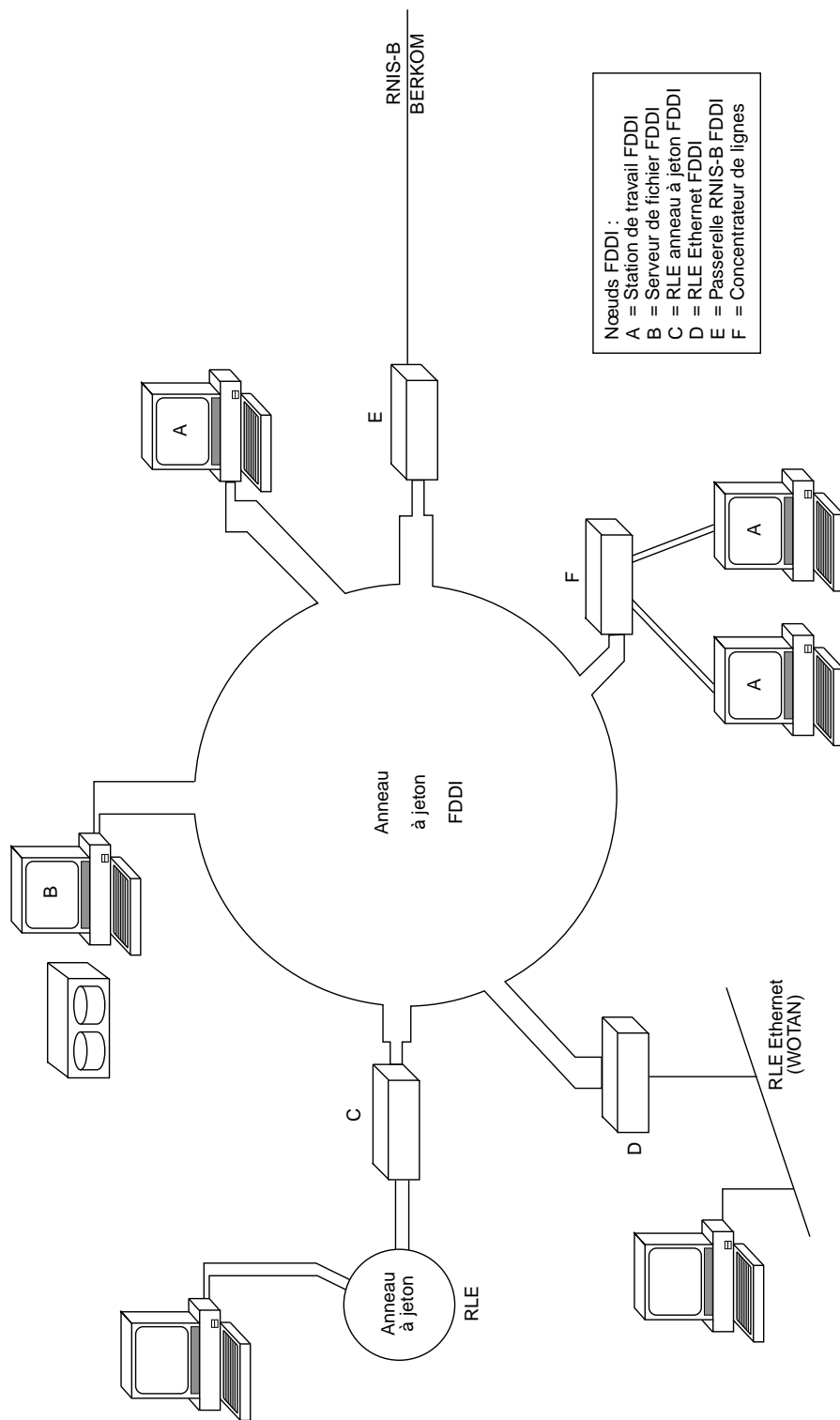


Figure 15. Réseau à haut débit TUBKOM



Les travaux de développement d'applications effectués par TUBKOM portent sur les domaines suivants :

- Techniques d'intégration assistée par ordinateur ;
- Fabrication intégrée par ordinateur (FIO) distribuée ;
- Conception assistée par ordinateur (CAO) et des graphismes ;
- Télévision haute définition (TVHD) ;
- Diagnostics et thérapie assistés par ordinateur ;
- Messagerie avec communication vidéo à haute résolution ;
- Chimie intégrée par ordinateur ;
- Télé-enseignement à travers des réseaux à haut débit.

Bien qu'elles constituent principalement un système pour la recherche et l'enseignement universitaire, les installations de test TUBKOM sont aussi exploitées par l'industrie. Les constructeurs des équipements d'interface en fibre optique (FDDI) ont accès au réseau TUBKOM afin de procéder à des tests de produits et de composants. En réalité, la collaboration avec l'industrie et les centres de recherche est en train de devenir une source majeure de revenu pour TUBKOM (estimé à environ 500 000 DM par an).

#### **6.4.2 Deutsches Forschungsnetz (DFN)**

*Hôte : Dr. Peter Kaufmann, Chef de projet*

Le DFN (le réseau de recherche allemand) est un réseau de recherche national reliant l'ensemble des universités, établissements d'enseignement supérieur et laboratoires de recherche en Allemagne. Il compte également quelques abonnés parmi les entreprises du secteur privé. Environ 300 ordinateurs hôtes sont interconnectés en Allemagne à travers ce réseau qui intègre un éventail de nouveaux services, dont la messagerie, les applications distribuées et les communications de données à haut débit. Le DFN est financé par BMFT, par les abonnements au réseau et les frais d'accès aux services par les utilisateurs. Le DFN qui est exploité comme un réseau privé, loue des lignes du réseau X.25 national de la Poste fédérale allemande (Deutsche Bundespost). Une passerelle fournit un accès transparent aux réseaux publics X.25.

Il est intéressant de noter que les services du DFN sont facturés aux utilisateurs sous la forme de frais fixes en fonction de connexions plus ou moins rapides (et non pas du volume de trafic).

Les chiffres ci-dessous reflètent l'exploitation actuelle du DFN :

- Accès à une liaison 9.6 kbps/s DM 15 000/an 155 usagers\*
- Accès à une liaison 64 kbps/s DM 52 000/an 145 usagers\*
- Accès à une liaison 2 mégabits/s DM 31 000/an 12 usagers\*

(\* Chaque usager peut avoir plusieurs connexions DFN).

DFN est interconnecté à l'échelon international avec :

- les réseaux publics X.25 ;
- COSINE (Coopération sur les Systèmes Ouverts de Communications en Europe) ;
- un projet Eureka pour les produits OSI ;
- IXI/EMPB (un nouveau réseau à dorsale européenne à 2 Mbits/s) ;
- EBONE (un service à 700 kbps/s via le CERN en Suisse, qui est en train d'évoluer vers un débit de 2 Mbps/s) ;
- ESNet (dorsale américaine au service de la communauté de la science des énergies ; dont la liaison actuelle à 256 kbps/s évolue pour passer à 2 Mbps/s) ;
- Un service à basse vitesse reliant la Pologne, la Roumanie, la Russie et les régions baltes, etc.

Il permet d'accéder aux services et applications qui suivent :

- X.400 pour la messagerie ;
- Réseau Européen de Recherches Universitaires (European Academic Research Network - EARN) (dorsale X.25 qui relie les centres informatiques aux grands systèmes IBM) ;
- le réseau DoD-IP (Department of Defence) à travers les réseaux INTERNET ;
- Protocole pour les applications de transfert, d'accès et de manipulation des fichiers (File Transfer, Access and Manipulation - FTAM; une norme de transfert de fichier compatible OSI).

Les responsables du DFN à Berlin envisagent une amélioration de l'infrastructure du réseau et des services d'application (**graphique 16**). Bien que les échéances ne soient pas fixées, il est prévu d'évoluer vers des services à 34 et 155 Mbits/s. DFN teste aussi quelques technologies de réseau évoluées tels que :

- les technologies de commutation de trame (similaires aux technologies X.25 mais avec la possibilité d'envoyer des rafales de données sans bloquer le réseau pendant les temps morts) ;
- les technologies DQDB/MAN (Distributed Queue Dual Bus/Metropolitan Area Network) (interface basée sur des réseaux métropolitains à double configuration de fibre optique ; deux projets pilote sont en cours chez Siemens et Alcatel) ;
- la technique temporelle asynchrone (une technique de division des cellules idéale pour les réseaux grande distance à haut débit).

Dans ces domaines d'application, des améliorations du DFN sont en cours en vue d'accroître son nombre des utilisateurs et d'établir des liens vers des centres de superordinateur. Des applications de bases de données multimédias, de communications multimédias et de vidéoconférence (**graphiques 17 et 18**) sont en cours d'expérimentation.

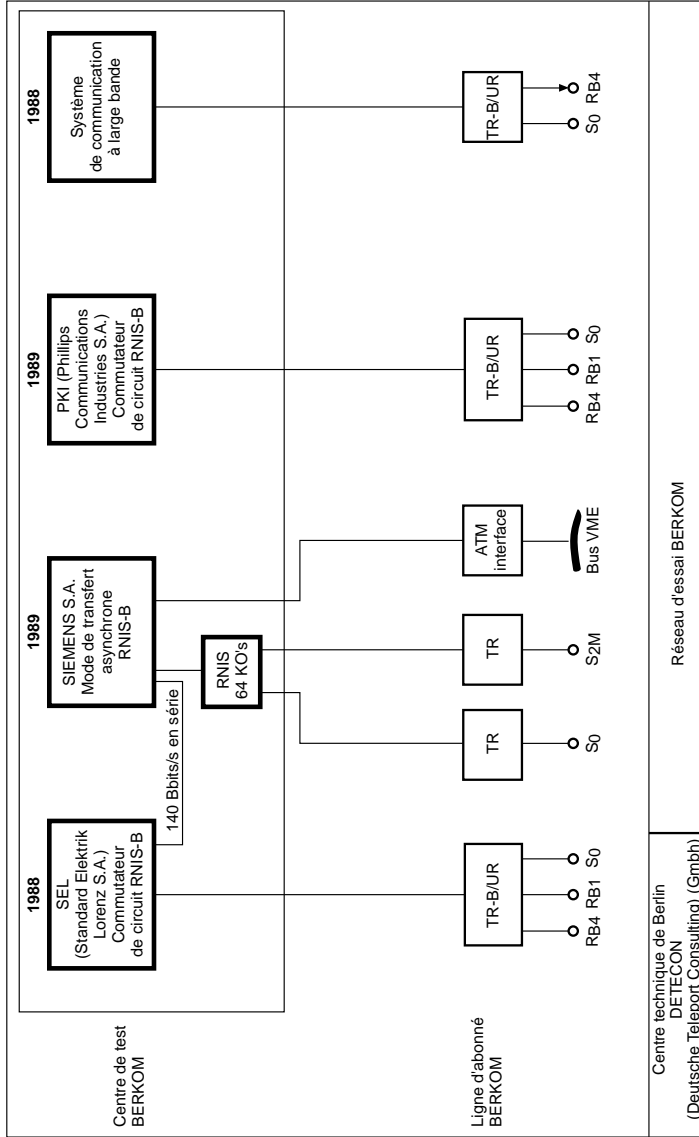
En visant la fourniture d'installations réseaux évoluées, le projet DFN s'est fixé des objectifs très ambitieux pour les quelques années à venir. L'adaptation de l'infrastructure existante pour installer des lignes à haut débit est une opération particulièrement coûteuse en Allemagne (le coût d'adaptation de l'infrastructure globale à un débit de 34 Mbits/s devrait dépasser 80 millions de DM/an). Le projet pense décentraliser sa structure de manière à implanter, dans un premier temps, les lignes à plus haut débit seulement dans les régions où elles sont nécessaires (par exemple, dans les régions à forte concentration d'universités, de centres de superordinateurs et d'organismes de recherche). Il serait prévu d'y intégrer le service à 2 Mbits/s. Le coût d'installation de ces systèmes régionaux, qui devraient utiliser des technologies compatibles avec le réseau, serait de 5 millions de DM par an. L'installation d'une dorsale à haut débit ne paraît pas faisable compte tenu du modèle de tarification actuel.

### **6.4.3 BERKOM**

*Hôte : Monsieur le Prof. Dipl. Ing. Radu Popescu-Zeletin, Chef de section. Dipl. Ing. Andreas Blase*

Le projet BERKOM (Berliner Kommunikationssystem) a été lancé en 1986 par le ministère fédéral des Postes et des Télécommunications dans le but de faire progresser le développement des services, des applications, et des équipements de terminaison du RNIS large bande (graphique 16). Le choix d'un site s'est porté sur Berlin du fait de son infrastructure des communications numériques à fibre optique (on avait également jugé que ce projet pourrait jouer un rôle important pour la réunification de Berlin-Est et de Berlin-Ouest). Ce projet est soutenu par le Sénat de Berlin qui contribue à son financement. Depuis 1992, la Communauté européenne soutient le projet BERKOM dans le cadre du programme de recherche sur les télécommunications, RACE.

Figure 16. Amélioration de l'infrastructure DFN et services d'application



TR : terminaison réseau ; UR : unité de raccordement abonné ; TC : terminal de commutateur.

Figure 17. **Projet de réseau pilote en Allemagne**

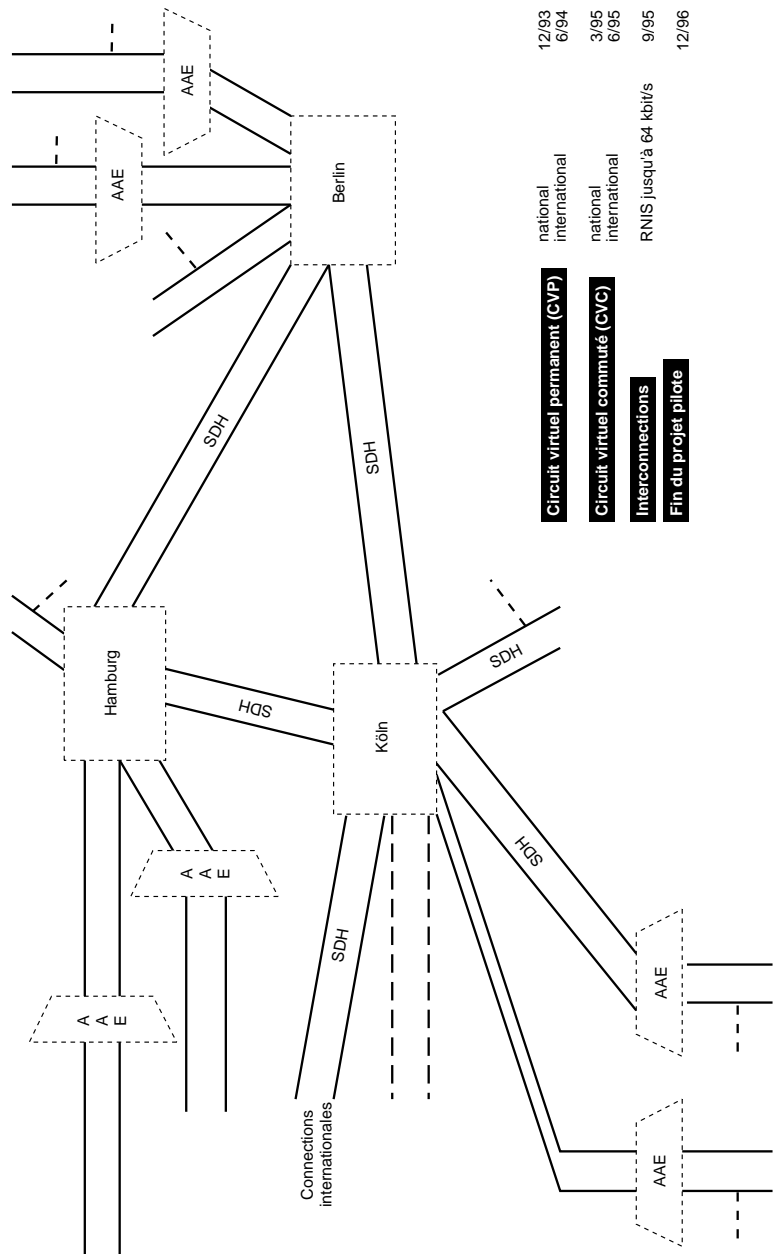
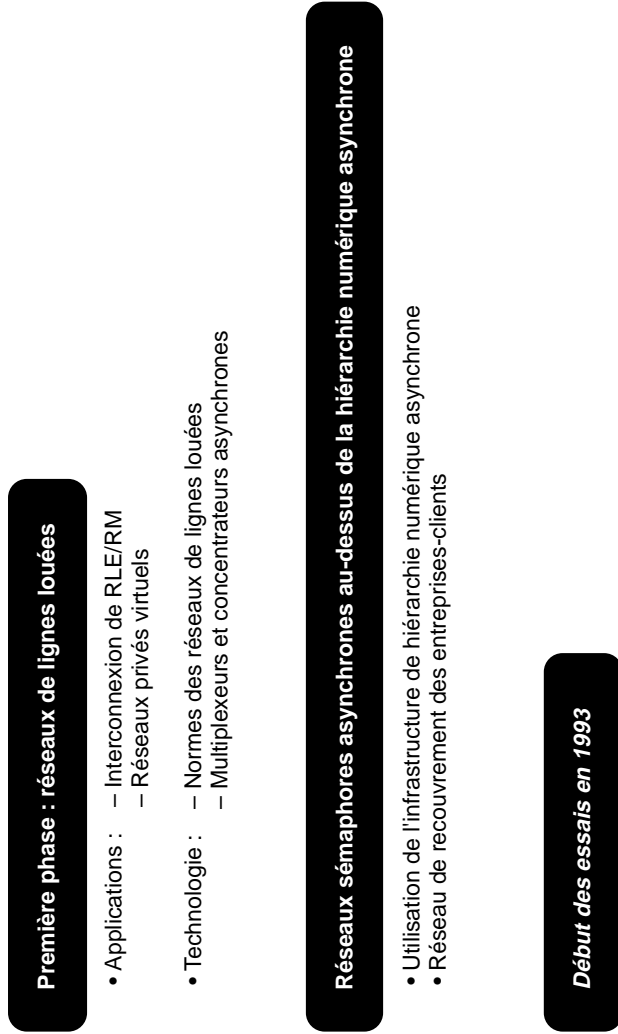


Figure 18. Introduction de la technique temporelle asynchrone



Vision O.N.E.



L'initiative BERKOM est généralement considérée comme le premier réseau large bande expérimental de ce type dans le monde entier. On prête à BERKOM des innovations majeures dans les applications à hautes performances, en particulier dans les domaines de la télé-médecine et de la télé-édition, ainsi que pour certaines expérimentations d'avant-garde de la technologie de commutation temporelle asynchrone.

Le maître d'oeuvre de BERKOM est DETECOM GmbH, une filiale de conseil de la Poste fédérale allemande (Deutsche Bundespost). La stratégie à long terme est définie par un comité directeur (composé essentiellement de hauts fonctionnaires) et par un comité de conseil réunissant des représentants des milieux scientifiques et industriels, ce dernier étant chargé d'élaborer le programme des travaux. Les projets de recherche réalisés par des organismes scientifiques sont financés à 100 pour cent alors que les projets de R-D industriels ne sont financés qu'à 50 pour cent.

Au moment de la création de BERKOM, il n'existait pas encore de normes internationales relative aux services RNIS large bande, on n'avait pas non plus d'idées précises sur les applications des communications large bande. BERKOM a suscité un intérêt considérable au niveau mondial autant pour ses considérations coté utilisateur et son évaluation du marché que pour les développements réseau. Le programme de travail de BERKOM comprenait six rubriques principales :

- les études de marché en vue d'évaluer le potentiel des futures applications large bande (représentant 3.2 pour cent du budget) ;
- des projets d'application dans les domaines de la médecine, de l'édition, des systèmes distribués et de la bureautique (32.2 pour cent du budget) ;
- le développement d'un modèle de référence pour l'intégration de services (6.91 pour cent) ;
- le développement des équipements de terminaison de réseau, c'est-à-dire les stations de travail multimédias (16.8 pour cent) ;
- le développement de passerelles (10.7 pour cent) ; et
- le développement de réseaux de test (29.4 pour cent).

Comme indiqué plus haut, le plus gros pourcentage du budget a été affecté au développement des applications. Une brève description de chacune des principales initiatives est donnée ci-dessous :

- Télé-médecine : la récupération d'images radiographiques à haute définition (rayons X, tomographie assistée par ordinateur, recherche médicale, etc.) de sites locaux et éloignés ;
- Télé-édition : la distribution électronique de publications (journaux, magazines, etc.) et la production décentralisée de documents d'un niveau de qualité élevée ;
- Fabrication intégrée par ordinateur (FIO) : la transmission à haut débit de flots de données dans les développements, la production, la simulation des procesus industriels et l'automatisation des séquences de fabrication ;
- Les systèmes d'information : les échanges de textes, voix et graphiques intégrés entre les utilisateurs dans un environnement bureautique.

Le principal acteur dans le projet BERKOM est l'industrie. Le réseau d'essai comporte deux commutateurs large bande mis au point par SEL ALCATEL, PHILIPS et SIEMENS (2 commutateurs de circuit et 1 commutateur temporel asynchrone) et 76 lignes d'abonnés. Le commutateur de circuits dessert les liaisons à 2 et 140 Mbits/s alors que le commutateur temporel asynchrone dessert les liaisons jusqu'à 120 Mbits/s. La technique temporelle asynchrone semble donc réunir le plus de suffrages pour la

constitution du RNIS-B. Le commutateur temporel asynchrone construit par SIEMENS et fourni à BERKOM en 1989 a été le premier commutateur de ce type dans le monde.

L'industrie participe aussi au titre de partenaire aux développements des équipements de terminaison de réseau permettant de raccorder les installations utilisateurs au RNIS-B. Une gamme de passerelles et d'adaptateurs de réseau ont ainsi été mis au point. Les équipements de terminaison multimédias sont également très répandus dans l'environnement BERKOM.

En tant que premier réseau d'essai, l'expérimentation BERKOM a bien sûr donné à l'Allemagne une forte avance dans le déploiement des réseaux large bande. On ne dispose toutefois d'aucun élément précis pour évaluer la rapidité avec laquelle les résultats de BERKOM pourront être transposés dans une mise en oeuvre à plus grande échelle de cette technologie. Le coût élevé des transmissions dans la large bande et les investissements nécessaires ont un effet très dissuasif sur l'introduction de nouveaux services. Les incertitudes du marché dues aux énormes difficultés pour évaluer la demande, rendent cette conjoncture encore plus aléatoire. D'un autre côté, seule une implantation plus étendue d'interconnexions nationales et internationales pourra provoquer un accroissement de la demande. Le scénario le plus probable est une évolution par étapes vers l'intégration de services large bande à un niveau régional, en commençant par les régions à forte densité de population et les campus spécialisés.

Selon BERKOM, la disponibilité des services large bande se traduira dans un premier temps par la constitution de réseaux privés virtuels connectés à des réseaux métropolitains (MAN). En fonction de l'augmentation de la demande au niveau régional, on passera à une deuxième étape, l'interconnexion des réseaux métropolitains à travers des liens à haut débit.

Compte tenu d'une demande du marché toujours imprécise, une proposition d'essai de la technique temporelle asynchrone, prévue pour démarrer en 1993, a fixé des priorités dans les applications possibles :

- les communications d'ordinateur hôte à ordinateur hôte (interconnexions rapides entre réseaux locaux) ;
- l'imagerie électronique (transfert de documents, FIO, tomographie assistée par ordinateur, etc.) ; et
- vidéo et multimédia (TVHD, vidéoconférence, etc.).

#### **6.4.4 Siemens AG**

*Hôte : Monsieur le Docteur rer. nat. Rainer Haendel*

Les discussions avec SIEMENS ont porté sur les aspects techniques de la technologie de commutation temporelle asynchrone. Une description détaillée des aspects techniques de ce mode de transmission n'entre pas dans le sujet de ce rapport, nous n'en donnerons donc que quelques observations générales.

La transmission asynchrone est de plus en plus reconnue comme le moyen de fournir les services de transferts à haut débit et simultanés de la voix et des données, et SIEMENS s'est bien sûr positionné en leader sur ce marché. Pourtant, tout le monde ne considère pas que la commutation temporelle asynchrone soit la seule solution de commutation dans les réseaux large bande.

La commutation temporelle asynchrone est basée sur l'hypothèse selon laquelle les réseaux transporteront dans l'avenir différents types de trafic (voix, données, vidéo). Si les utilisateurs peuvent dédier des circuits distincts selon chaque type de trafic, ce serait gaspiller les ressources que d'allouer des bandes de fréquence dédiées pour un trafic en mode discontinu quel qu'il soit. Dans le cas d'un trafic numérique, la transmission asynchrone découpe le flots de données en petites cellules. Deux périphériques asynchrones ou plus échangent un train constant de cellules. Si un utilisateur envoie un flot de données, les cellules les transportent, dans le cas contraire, aucune cellule n'est transmise.

Un commutateur temporel asynchrone reçoit des flots de données provenant de multiples utilisateurs. Du fait de la petite capacité des cellules, le commutateur est capable de multiplexer de façon statistique les données venant de différentes sources à travers une seule ligne. L'architecture asynchrone semble être la solution idéale pour des environnements couvrant de grandes distances avec un grand nombre d'utilisateurs différents. L'utilisation de la technique asynchrone est aussi considérée comme la technique de base des futurs réseaux locaux.

L'interface entre des stations de travail très puissantes et des superordinateurs nécessite une bande passante très élevée. La pratique actuelle est de définir des circuits dédiés pour ce type de trafic, cependant, et comme il a été remarqué précédemment, cette solution n'est pas intéressante en termes de coût sur de grandes distances. Considérons le transport des flots de données mixtes. Dans les applications multimédias, la visualisation scientifique et l'imagerie médicale, on utilise de plus en plus des stations de travail pour envoyer des messages vidéo vers des postes bureautiques. Le trafic en mode discontinu des transmissions multiples à haut débit est donc un argument supplémentaire en faveur d'un nouveau type de réseau public que la technologie asynchrone rend faisable.

La conférence chez SIEMENS a mis en valeur les principaux avantages des réseaux temporels asynchrones :

- la flexibilité pour répartir des débits binaires différents selon les connexions ;
- les principes de connexion virtuelle chemin/canal ;
- le multiplexage virtuellement illimité des différents débits binaires ;
- l'adéquation pour des échanges en mode discontinu ;
- la simplicité d'exploitation et de maintenance ;
- son assise sur une norme CCITT bénéficiant d'une large unanimité (bien qu'elle ne soit pas encore complètement définie).

SIEMENS a évoqué, bien que sommairement, un essai dans le domaine de la transmission asynchrone sous l'égide de la Poste fédérale allemande, dont le commencement est prévu 1993 et la fin en 1996. Cet essai implique des fonctionnalités entièrement RNIS-B et trois centres de commutation temporelle asynchrone comme illustré aux **graphiques 17 et 18**. Il s'agit d'utiliser un réseau asynchrone comme réseau sémaphore au niveau le plus élevé d'une infrastructure à hiérarchie numérique synchrone (SDH). La hiérarchie numérique synchrone est une nouvelle technique de transmission adoptée par le CENT, basée sur le concept SONET (Synchronous Optical network) en Amérique du Nord. SONET a été développé en vue de définir une norme de transmission et d'interfaces optiques.

SIEMENS considère que des ouvertures de marché importantes concernant les réseaux basés sur la technique asynchrone devraient apparaître dans les prochaines années. L'expansion rapide du marché des interconnexions des réseaux locaux est un signe encourageant. Les ventes de routeurs de réseaux locaux ont explosé au cours des dernières années avec des taux annuels de croissance dépassant 40 pour cent. La promotion par les principaux acteurs de l'industrie informatique des équipements de terminaison a beaucoup de succès (IBM a commencé à vendre des routeurs multiprotocoles dès 1992 ; on peut aussi citer d'autres constructeurs comme BP, SUN, NEXT, etc.). Un autre signe encourageant est la tendance des constructeurs à ajouter sur les équipements de terminaison des connecteurs asynchrones.

Les principaux exploitants de télécommunications au Japon, en Amérique du Nord et en Europe sont en train d'introduire des services de données à haut débit [commutation de trame, RNIS, services de données multimédias commutés (SMDS)] qui vont faire exploser les communications à large bande.

Le marché des réseaux métropolitains (MAN), réseaux optiques à haut débit pouvant atteindre 100 Mbits/s, s'annonce comme un des marchés les plus fébriles. Ces réseaux métropolitains sont utilisés pour interconnecter des réseaux locaux ; ils conviennent aussi pour les hauts débits de communication requis par les stations de travail et les serveurs de fichier. Ces réseaux sont généralement installés dans des zones urbaines d'où leur nom. Un seul réseau peut couvrir un rayon d'un diamètre de plus de 100 km et relier jusqu'à 1 000 stations.

Selon SIEMENS, les réseaux temporels asynchrones dans des configurations d'interconnexion de réseaux métropolitains, se taillera une part de marché importante. La capacité des réseaux temporels asynchrones à se connecter directement aux réseaux locaux a également été mentionnée comme ayant un très fort potentiel de marché.

#### **6.4.5 Centre informatique de l'université de Stuttgart, RUS**

*Hôtes : Monsieur le Prof. Dr. Dipl. Ing. R. Ruhle, Directeur, RUS*

Le centre informatique de l'université de Stuttgart (RUS) détient le record remarquable d'être le plus grand centre de superordinateur sur un site universitaire en Europe. Depuis les débuts des superordinateurs dans les années 60, RUS a utilisé les ordinateurs les plus puissants au fur et à mesure qu'ils apparaissaient. La configuration actuelle du centre RUS est illustrée aux **graphiques 19 et 20**. RUS s'est distingué comme un pionnier des réseaux de superordinateurs en Europe, en faisant la démonstration de la première transmission gigabit en 1989, et en détenant le record mondial de transfert de données à un débit de 95 Mbits/s sur une distance de plusieurs centaines de kilomètres.

En 1990, RUS a été le premier à démontrer la connectivité OSI à haut débit sur une grande distance entre des superordinateurs, en transférant des données entre le système CRAY-2 à Stuttgart et une station de travail à Berlin à un débit de 64 kbits/s à travers le réseau scientifique allemand (WIN) et, à un débit de 140 Mbits/s à travers un réseau large bande à fibre optique (Vorlaufer Breitbandnetz - VBN) de la Poste fédérale allemande.

En 1991, RUS s'est doté d'un système Cray Y-MP 2E qui est exploité comme un serveur de fichier dédié pour éliminer un goulet d'étranglement des accès aux fichiers et de gestion des données. Ce système est également utilisé comme tampon entre trois réseaux travaillant à des vitesses différentes : un réseau Ethernet à 10 Mbits/s, un réseau Hyperchannel à 50 Mbits/s et un réseau Ultra Network à 800 Mbits/s.

Plus de 1 000 stations de travail sont connectées au système CRAY-2. Ses utilisateurs sont, entre autres, des universités allemandes, des organismes de recherche et des centres de recherche industrielle (Porsche, Bosch, etc.).

La mission principale de RUS est de fournir des ressources informatiques aux organismes de recherche de l'université pour la résolution d'équations non-linéaires et d'équations aux dérivées partielles. La modélisation à grande échelle et les simulations numériques en chimie, la dynamique des fluides, le génie de la combustion, la climatologie, l'aérodynamique, la science des matériaux et la physique des plasmas sont les principaux domaines de recherche dans lesquels intervient ce centre de superordinateur. Les scientifiques ont accès à une large gamme de machines parallèles de RUS comme le montre les **graphiques 19, 20 et 21**.

RUS est également un banc d'essai important pour les développements d'infrastructure en collaboration avec la Poste fédérale allemande et l'industrie. Deux expérimentations ont été conduites récemment :

- le Vorlaufer Breitbandnetz (VBN) : réseau de vidéo conférence à appel automatique permettant la transmission de débits de 140 Mbits/s à travers des canaux à fibre optique. RUS a participé au développement d'une interface entre le réseau et l'interface en fibre optique FDDI (un réseau local à haut débit qui dessert le campus). Ces essais ont permis à RUS d'acquérir une expérience des interfaces et des applications à haut débit ; et
- les essais des réseaux métropolitains (MAN) : ces réseaux sont exploités comme des réseaux de communication à commutation de paquets à haut débit basés sur la norme DQDB (Distributed Queue Dual bus) de l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Les réseaux métropolitains servent principalement à interconnecter des réseaux locaux sur de longues distances.

### *Inventaire des systèmes informatiques du RUS*

RUS met à la disposition de la communauté scientifique différentes catégories d'ordinateurs à traitement parallèle :

- superordinateurs vectoriels :
  - ordinateurs à gros grains
  - mémoire partagée de grande taille
  - quelques processeurs vectoriels très puissants
  - machines : Cray-2, Cray- Y-MP, ETA-10
  
- ordinateurs instructions multiples et données multiples (MIMD) :
  - ordinateurs à moyens grains
  - mémoire locale
  - jusqu'à plusieurs centaines de processeurs de milieu de gamme
  - communication par transfert de messages
  - machines : Intel iPSC/2, Paragon, NCube, CM-5
  
- Ordinateurs instruction unique et données multiples (SIMD)<sup>40</sup> :
  - ordinateurs à grains fins
  - traitement massivement parallèle ( jusqu'à 10 000 processeurs)
  - processeurs relativement peu puissants
  - mémoire locale peu importante
  - machines : thinking machine (CM-2), MasPar.

RUS a participé aux essais et a fait la démonstration de transferts de données entre réseaux locaux jusqu'à 155 Mbits/s. La technique DQDB est très proche de la technique asynchrone, elle permet le transport de données classique et aussi les communications multimédias.

#### **6.4.6 Institut des applications informatiques (ICA) à l'université de Stuttgart**

*Hôte : Monsieur le Prof. Dr. John Argyris*

A Stuttgart, le groupe d'experts a rencontré le Prof. John Argyris, qui dirige l'ICA. L'ordre du jour comprenait des présentations par les membres de l'institut sur des applications superordinateur correspondant à un large éventail de projets de recherche (des informations plus détaillées sont fournies dans un rapport annexe disponible auprès du Secrétariat). Toutes ces applications ont confirmé l'importance industrielle et technologique de HPCC. En fait, ces présentations ont prouvé de façon claire l'interaction dynamique entre les nouvelles applications et leurs besoins en traitement d'information. L'institut est spécialisé dans la simulation de phénomènes physiques et techniques complexes des sciences de la nature. Les travaux scientifiques de cet institut portent sur :

- la recherche fondamentale utilisant la simulation par ordinateur de phénomènes physiques fondamentaux comme les turbulences, la combustion, les systèmes dynamiques non-linéaires et leur transition vers un état chaotique; les propriétés de nouveaux matériaux comme les revêtements en céramique ; et l'aérodynamique hypersonique de la rentrée dans l'atmosphère, y compris les processus de transformation chimique ;
  
- l'utilisation technologique de cette recherche fondamentale et de sa simulation sur ordinateur, comme par exemple, la production d'énergie de remplacement avec les projets d'énergie éolienne, les processus industriels de métallurgie et de couplage thermo-mécanique ; et
  
- l'utilisation des architectures ordinateurs-modem, notamment les ordinateurs à traitement parallèle et le développement des concepts spécifiques des algorithmes parallèles.

Figure 19. Services UNIX  
Environnement de systèmes ouverts

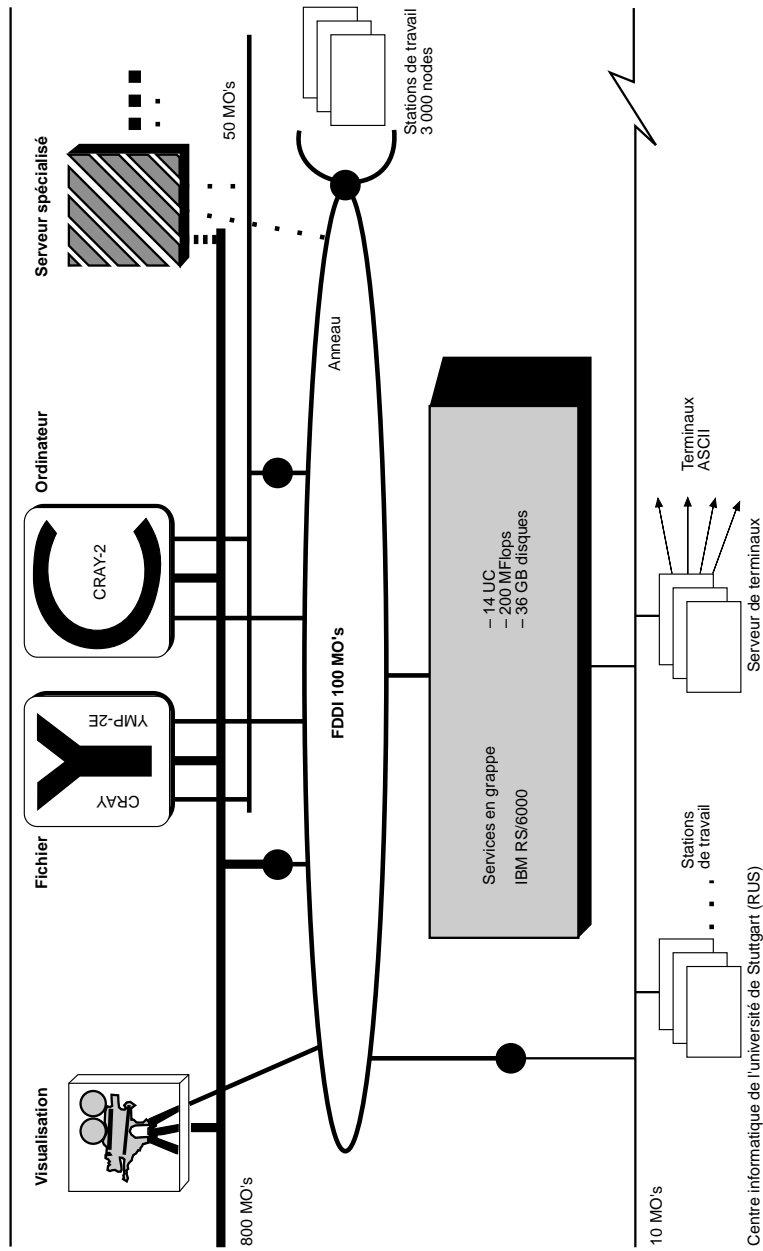
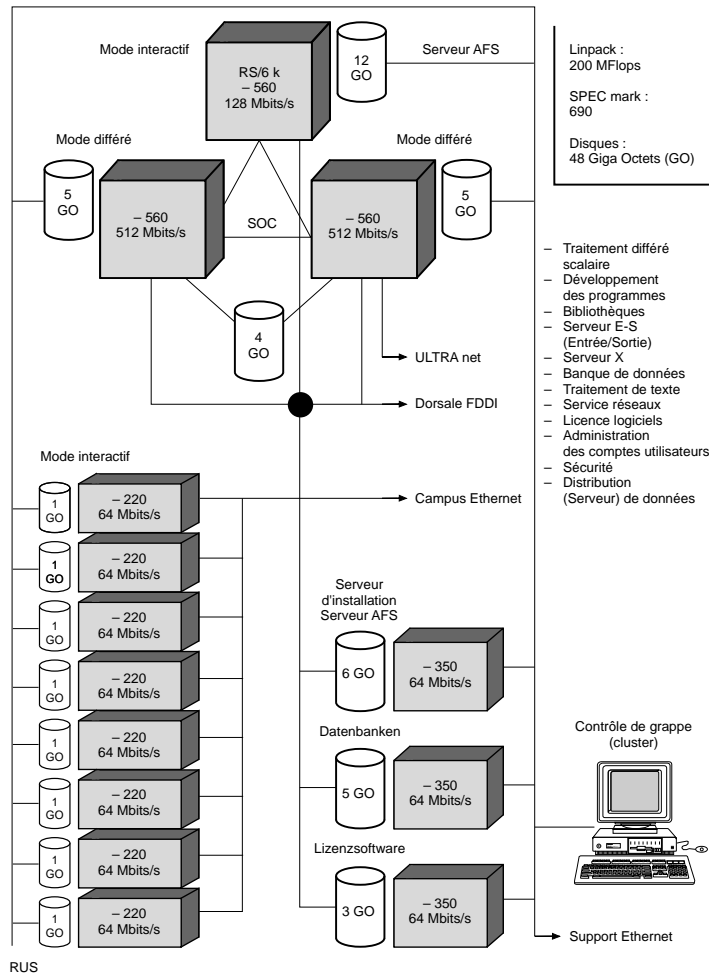
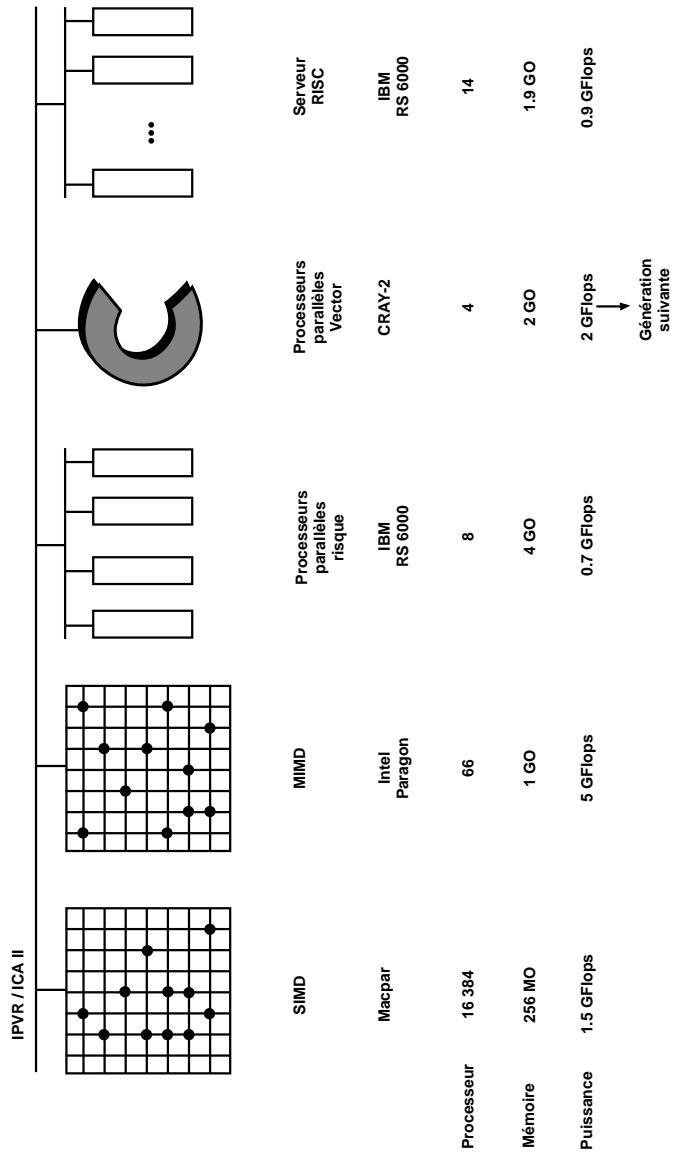


Figure 20. Services en grappe  
SERVus



RUS

Figure 21. Ordinateur-serveur RUS





#### 6.4.7 PAGEIN

Au cours de leur visite en Allemagne, le groupe d'experts OCDE a souvent entendu des références à PAGEIN (Pilot Applications on a Gigabit European Integrated Network), qui est un projet de communications gigabit soutenu par la Commission des Communautés européennes, et auquel participent RUS et d'autres organisations. Le but de PAGEIN est de démontrer et d'évaluer un banc d'essai trans-européen des applications des communications intégrées large bande. Les différents partenaires de PAGEIN sont mentionnés dans la **graphique 22**.

PAGEIN, qui est soutenu par le programme de la Communauté européenne, RACE, a pour objet de faire progresser la collaboration R-D européenne dans les domaines de l'intégration des superordinateurs, des bases de données, des serveurs des connaissances et des réseaux large bande avec la visualisation et les technologies multimédias associées.

Ce projet est lui aussi applicatif avec une priorité pour les développements de la recherche appliquée et de la recherche industrielle dans les domaines aérospatial et de la dynamique des fluides. Une solution en plusieurs phases a été mise en oeuvre avec, pour mettre en service un lien à 140 Mbits/s entre les superordinateurs et certains utilisateurs, qui évoluera, dans une phase ultérieure, vers un réseau large bande asynchrone pan-européen.

#### 6.4.8 CERN

Le CERN est -- au moins pour l'Europe -- un paradigme. Sa communauté d'utilisateurs collaborant à l'échelle mondiale dans le projet de la Physique à haute énergie (High Energy Physics -- HEP) est extrêmement dépendant des réseaux HPCC. La dépendance du CERN par rapport aux réseaux HPCC est plus grande que celle respectivement de l'Agence spatiale européenne (ESA), de la NASA et des météorologues de l'ECMWT à Reading.

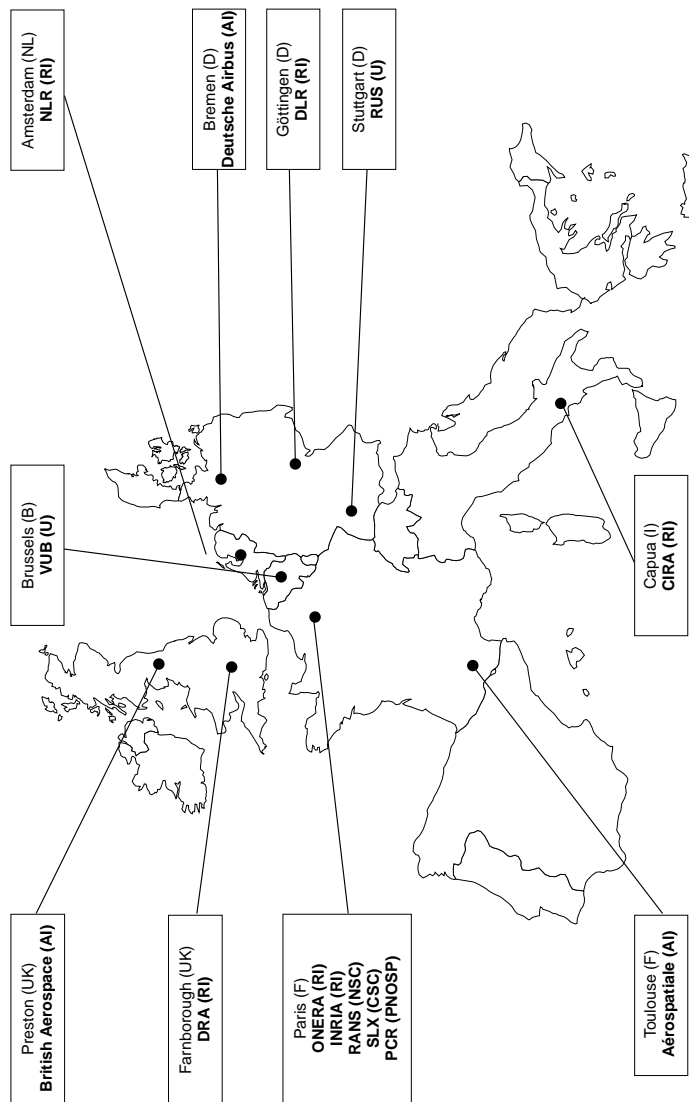
Ce réseau est encore un réseau de la première génération dont des développements ultérieurs sont prévus, en fonction de la mise en oeuvre des recommandations du Rapport RUBBIA.

L'usage que fait le CERN des réseaux HPCC encourage la recherche en collaboration entre sites éloignés dans le monde entier. Son projet pilote de transmission asynchrone, qui est soutenu par le programme RACE, porte sur les applications multimédias et le transfert de débit de l'ordre du gigabit. Au niveau de développement actuel, son réseau optique, le banc d'essai BETEL à transmission asynchrone 34 Mbits/s, relie le CERN avec Lyon, Sophia-Antipolis et Paris.

Pour le CERN, le coût des télécommunications est le principal obstacle à l'expansion des interconnexions en réseau pan-européen : les lignes louées en Europe sont beaucoup plus chères qu'aux Etats-Unis (entre cinq et dix fois plus chères). Il est admis par tous que c'est un des facteurs qui empêchent le développement d'une industrie de l'informatique scientifique européenne.<sup>412</sup>L'acquisition des données et l'analyse des données interactives représente le plus grand défi dans le domaine HEP. Pour une seule expérimentation LHC prévue en 2000, l'acquisition et le filtrage des données nécessitera des capacités équivalentes à un millier des superordinateurs d'aujourd'hui et à un million de gigabits de mémoire. Une collaboration continue avec les constructeurs informatiques est essentielle pour pouvoir répondre à ces besoins applicatifs en traitement d'information. Par exemple, le lien entre le CERN et l'université Cornell est fourni par IBM. Le programme de développement réseau informatique du CERN requiert le groupage de stations de travail de différents constructeurs.

Enfin, l'intégration LHC ne pourra se faire qu'avec la mise en place d'un réseau large bande pan-européen permettant aux chercheurs HEP de se relier aux ressources d'information situées sur des sites géographiquement disséminés. Bien que la fibre optique ait permis d'accroître les capacités de transmission, la communauté de recherche déplore toujours l'absence, d'une part, de bancs d'essai de réseau européen équivalents aux bancs d'essai gigabit aux Etats-Unis, et, d'autre part, de mécanismes de marché compétitifs qui fassent baisser les prix.

Figure 22. Le Concertium PAGEIN



RI = Institut de recherche ; U = Université ; AI = Industrie Aérospatiale ; PNOSP = Opérateur des réseaux publics fournisseurs services ; CSC = Compagnie des services ordinateurs ; BSC = Compagnie des services réseaux.

## 6.5 Programmes publics et stratégies des TI et des superordinateurs<sup>41</sup>

### 6.5.1 Programme HPCC gouvernemental allemand

Pendant qu'ils étaient à Berlin, le groupe d'experts OCDE a rencontré Monsieur B.Reuse du ministère fédéral de la recherche et des technologies (BMTF) dans le cadre d'une discussion portant sur la stratégie des pouvoirs publics et les programmes allemands dans le domaine des TI. Monsieur Reuse est chargé des technologies de traitement de l'information, comprenant les superordinateurs, les logiciels et l'intelligence artificielle. Dans son exposé, Monsieur Reuse a déclaré qu'en Allemagne, les TI sont considérées depuis le début comme une technologie stratégique et qu'un certain nombre de programmes a été mis en place par le BMTF en vue de développer la recherche et les capacités de production dans ce domaine à l'échelon national. Le **tableau 13** montre la progression des dépenses consacrées par le BMTF à la R-D et à la diffusion des TI.

Le but de ce programme TI est de renforcer la recherche fondamentale dans le domaine des TI et de créer une large base de connaissances et des structures de recherche. Le programme BMTF, coordonné avec des programmes apparentés de la Commission des Communautés européenne, soutient le développement de :

- projets de recherche interdisciplinaire : les TI et le génie mécanique, la technologie des microsystèmes, les télécommunications dans le domaine des TI, la bioinformatique ;
- la coopération R-D entre les universités, les centres de recherche, l'industrie et les groupes utilisateurs, avec l'objectif d'aider à la constitution d'une infrastructure allemande de recherche public puissante, et -- grâce aux projets en collaboration -- d'accélérer le transfert des technologies des réalisations de la recherche vers une production et un usage industriels.

Tableau 13. Programmes de recherche TI de 1984 - 1992 (en millions de DM actuels, 10<sup>6</sup>)

Type	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Soutien de projets spécifiques (comprenant le soutien des Big Science Centers)	583	624	787	834	779	702	732	832	1 001
Soutien des organismes de recherche (Max Planck Society) Fraunhofer Society)	52	55	57	63	65	66	67	82	109
<b>Total</b>	<b>635</b>	<b>679</b>	<b>844</b>	<b>897</b>	<b>844</b>	<b>768</b>	<b>799</b>	<b>914</b>	<b>1 110</b>

Source : "Informationstechnik Förderkonzept 1993 - 1996, Ministère fédéral de la recherche et des technologies, page 116, novembre 1992, Bonn.

En 1991-92, un montant supplémentaire de 300 millions de DM a été affecté à ce programme afin de soutenir la R-D dans le domaine des TI dans les régions de l'ex-Allemagne de l'Est, et pour ce faire, en constituant les organismes de recherche appropriés. A ce jour, les dépenses TI du BMTF représentent environ 12 pour cent du budget R-D total dont la ventilation est donnée dans le tableau ci-dessous.

Ce niveau élevé de soutien de la R-D et les investissements correspondants (voir **tableau 14**) seront maintenus dans le moyen terme.

Tableau 14. Programmes TI 1993-1996 (en millions de DM actuels)

Type	1993	1994	1995	1996
Recherche institutionnelle	464	459	467	477
Recherche spécifique des projets	671	670	670	670
Montant total de la promotion des TI par le BMTF	1.135	1.129	1.137	1.147

Source : "Informationstechnik, op. cit., page 117.

Le BMTF est en train d'élaborer un programme supplémentaire de promotion HPCC, destiné à augmenter le financement de la R-D, et qui doit être annoncé début 1993. Ce programme qui est axé sur les applications évoluées HPCC, utilise celles-ci comme moyen de levier pour s'attaquer aux problèmes clés de HPCC. Il est basé sur l'hypothèse selon laquelle les systèmes massivement parallèles (de l'ordre du téraflop) seront développés par l'industrie d'ici le milieu de 1995 sans le concours des financements publics.

Le soutien de BMTF concerne en particulier :

- les outils pour adapter les logiciels d'application existants aux nouveaux besoins des processeurs parallèles ;
- les outils pour développer de nouveaux logiciels d'application de traitement parallèle ainsi que les outils de génie logiciel flexibles, par exemple pour la vérification des spécifications, la détection des erreurs, le contrôle des performances et la visualisation ;
- les normes d'interface pour le transfert des logiciels d'application vers d'autres systèmes et d'autres architectures parallèles ;
- des outils de visualisation flexibles et conviviaux, par exemple pour la simulation et des applications en temps réel utilisant HPCC ; et
- le développement de réseaux à haut débit de l'ordre du gigabit qui soient fiables et économiquement viables.

Le **tableau 15** présente le financement de ce programme pour 1992-1996 et décrit sa structure.

Tableau 15. Structure du BMTF -- Financement de l'informatique à hautes performances parallèle\* (en millions de DM)

	1992	1993	1994	1995	1996
Simulation et modèles de prévisions dans toutes les disciplines	--	2.0	4.0	4.0	4.0
Recherche mathématique	--	3.0	6.0	7.0	7.0
Concepts TI, algorithmes, méthodes logicielles	9.0	8.0	12.0	12.0	12.0
Financement de base de l'informatique parallèle au profit des centres KFA et HP à Jülich	4.0	7.0	4.0	4.0	4.0
Financement de base de l'informatique parallèle au profit des centres GMD et HP à Birlinghoven	2.8	4.8	3.1	3.2	3.3
Informatique parallèle chez GMD	15.2	14.2	15.0	15.0	15.0

\* Les superordinateurs vectoriels ne sont pas inclus dans ce programme.

## 6.6 Les superordinateurs en Finlande<sup>42</sup>

Les ordinateurs donnent aux scientifiques et aux ingénieurs des puissances de calcul et des outils polyvalents, qui sont sans précédent, pour résoudre des problèmes complexes. Au Centre de calcul scientifique, la communauté R-D finlandaise dispose de superordinateurs, d'outils de visualisation, d'interconnexions réseau et de bases de données scientifiques.

### 6.6.1 Centre de calcul informatique

Les traitements informatiques et la simulation avec des ordinateurs de grande puissance font partie intégrante de la recherche contemporaine dans les domaines de la science et de l'ingénierie. L'accès à des outils informatiques à haut débit a donné jour à ce qui est maintenant appelé la *science du calcul*. Venant s'ajouter à l'observation, l'expérience et la théorie, cette quatrième catégorie scientifique est en train de révolutionner la recherche dans ses disciplines traditionnelles. La modélisation numérique permet de s'attaquer à des systèmes et des problèmes complexes, caractérisés par le nombre de variables allant jusqu'à plusieurs millions, dans un environnement de couplages non-linéaires, de conditions aux limites et de conditions initiales complexes. Le choix du terme *Grands Défis* a été bien choisi pour qualifier de tels problèmes dont on trouve des exemples dans des sujets ayant une aussi grande portée que les changements climatiques mondiaux, la cartographie du génôme humain, la conception de nouveaux médicaments et la modélisation microscopique des propriétés des matériaux. Cette approche par le calcul favorise aussi la méthode des scénarios : en plus des questions habituelles "comment" et "pourquoi", le scientifique peut aussi poser de nouvelles questions "quoi si".

### 6.6.2 Centre de calcul informatique scientifique : le méta-ordinateur

Le Centre de Calcul scientifique (CSC) est le Centre national des superordinateurs en Finlande, situé à Espoo près du campus de l'université technologique de Helsinki. Sa mission principale consiste à fournir des services de calcul sur superordinateur aux chercheurs universitaires disséminés dans le pays. Il fournit également ces services à l'Institut Finlandais de Météorologie (Finnish Meteorological Institute - FMI), le Centre de recherche technique de Finlande (Technical Research Centre - VTT) et les organisations industrielles de recherche. Les ressources du centre peuvent être accédées à travers les liens nationaux et internationaux à haut débit du Finnish University and Research Network (FUNET, Réseau de Recherche et de l'Université finlandais). L'interconnexion du FUNET est actuellement basée sur la technologie de commutation de trames, il est aussi utilisé pour expérimenter, en coopération avec les exploitants des télécommunications finlandais, des réseaux temporels asynchrones évolués. En fait, ce réseau temporel asynchrone pilote, qui connecte cinq noeuds situés sur deux villes à 200 km l'une de l'autre, constitue le banc d'essai européen de réseau grande distance. Son débit qui est actuellement de 34 Mbits/s, passera prochainement à 155 Mbits/s.

Le concept moderne du système informatique à grande puissance est basé sur le "métaordinateur". Les trois principales fonctions sont le calcul rapide, le stockage massif de données et la visualisation scientifique qui sont connectées à travers des canaux à haut débit. Au SCS, la première fonction est exécutée par les superordinateurs vectoriels (Cray XMP/432, Convex 3840), les machines multiprocesseurs super-scalaires (SUN S690), et des fermes de stations de travail. Le stockage de données est traité par un ordinateur serveur de fichiers (Convex 3220) et un robot de bande magnétiques (StorageTek). L'élément central du Laboratoire de visualisation est un dispositif graphique (Silicon Graphics 4D/380) doté d'un disque optique et de sorties vidéo. Toutes ces machines sont couplées à travers un réseau gigabit (UltraNet) qui permet le transfert rapide des données ainsi que l'exploitation optimale de différentes architectures informatiques pour l'exécution de tâches de calcul variées (**graphique 23**).

Aujourd'hui, les vitesses de traitement crête des superordinateurs "traditionnels" ont atteint les quelques milliards d'opérations en virgule flottante (gigafllops) par seconde. Elles sont obtenues avec des architectures vectorielles et un parallélisme limité comportant entre 4 et 16 processeurs. Cette technologie est bien au point et dispose d'un environnement logiciel avancé. Le paradigme qui apparaît dans le monde

des ordinateurs scientifiques de grande puissance est celui du traitement parallèle massif utilisant les ressources utiles de centaines voire de milliers de processeurs utilitaires interconnectés. Malgré des besoins très complexes en développement d'algorithmes et en logiciels, les gains de productivité en termes de puissance de calcul sont très importants. Le processeur massivement parallèle est un complément naturel à l'environnement métaordinateur.

En plus des supports techniques et de maintenance essentiels dans l'environnement métaordinateur, le CSC, qui compte des spécialistes dans tous les domaines de la science et de l'ingénierie, est aussi très actif dans le domaine des logiciels et de la recherche. L'accent est également mis sur le développement d'algorithmes dans le contexte de projets de recherche liés aux sciences du calcul. Le Laboratoire de visualisation offre à la communauté scientifique des services d'animation et d'infographie. En plus des formations utilisateur périodiques, il organise des symposiums, des ateliers et des cours d'été à l'attention des chercheurs.

### **6.6.3 Domaines d'application**

Les ressources du CSC sont largement exploitées par la communauté R-D finlandaise. Parmi les chercheurs, les sciences physiques (dont l'astrophysique), la chimie informatique, les biotechnologies et l'ingénierie sont les domaines les plus travaillés. Les ressources des superordinateurs du site sont utilisées à environ 80 pour cent par la communauté universitaire. En second, vient le FMI qui utilise le superordinateur Cray quatre fois par jour pour faire tourner son programme de modélisation météorologique (HIRLAM) lui permettant de fournir des prévisions précises pour une période allant jusqu'à 48 heures. Le FMI conduit aussi plusieurs programmes de recherche de calcul informatique dans les domaines des sciences spatiales, des modèles de pollution et des études climatiques. Le VTT utilise ces ressources essentiellement pour des simulations d'éléments finis dans l'ingénierie structurale et la dynamique des fluides.

Un projet de recherche caractéristique des superordinateurs est la simulation de l'atmosphère solaire. Ces conditions extrêmes sont décrites dans un ensemble d'équations différentielles non-linéaires de densité, de pression, de température et des champs de vitesse des fluides qui sont couplées aux équations de Maxwell dans le domaine de l'électromagnétique. Ces équations magnéto-hydrodynamiques fournissent une pléthore de solutions qui ne sont accessibles qu'à travers les techniques numériques. Ces solutions révèlent des propriétés nouvelles et inattendues comme les phénomènes générateurs de courant dans les états turbulents.

Le calcul informatique des matériaux est une science tout aussi passionnante. Les scientifiques et les ingénieurs peuvent prédire, à partir de modèles de calcul informatique, les propriétés mécaniques, électriques et chimiques de matériaux allant des macromolécules biologiques jusqu'aux supports magnétiques, films minces et matériaux supraconducteurs.

### **6.6.4 Expériences industrielles**

Les utilisateurs industriels des installations HPCC en Finlande incluent des sociétés de différentes tailles, de la très grande société à la petite entreprise industrielle. Leurs besoins varient dans une proportion très grande, allant de la grande puissance de calcul à l'accès à des réseaux ou encore à l'utilisation d'équipements de visualisation scientifique à haute définition.

Les expériences réalisées dans ces trois domaines sont très encourageantes. Les superordinateurs sont maintenant reconnus comme une solution viable pour la vérification des nouveaux principes de conception, complémentaires ou bien de remplacement de la construction de prototypes informatisés réels. Les techniques de visualisation scientifique se sont rapidement imposées dans des domaines comme le marketing et la formation. L'accès aux réseaux de recherche est pour les sociétés une source d'informations très précieuse.

La carence de liens de communications appropriés (permettant un débit minimum de 2 Mbits/s) pour relier de nombreux sites industriels existants est considérée comme un sérieux inconvénient. Le coût des communications ne représente pas un problème important.

### **6.6.5 Ouverture pour l'avenir**

Le calcul scientifique est un outil indispensable pour la résolution de la plupart des défis importants auxquels nous sommes confrontés. L'infrastructure en question comprend des stations de travail utilisateurs, différents types de superordinateur, des serveurs graphiques, des machines de bases de données, des unités d'archivage de masse et des serveurs de courrier électronique. Les communications transportées par les réseaux informatiques globaux sont performantes. Des normes de systèmes ouverts et l'harmonisation des systèmes constructeurs hétérogènes sont une porte ouverte vers un environnement informatique homogène. Les outils de calcul informatique ouvrent de nouveaux horizons aux scientifiques. Les développements à long terme ainsi que les efforts de recherche concernant les techniques de calcul elles-mêmes sont une condition essentielle à l'exploitation optimale de ce potentiel.

## **6.7 SuperJANET au Royaume-Uni et ses applications pilotes<sup>43</sup>**

L'initiative du SuperJANET fut lancée en 1989 sous l'égide du Conseil informatique dans le but de constituer une assise pour le développement d'un réseau large bande national au service de l'enseignement supérieur et de la recherche britanniques. Le réseau envisagé dans les premiers temps était un réseau basé sur la technologie de la fibre optique qui offrait des performances très élevées, et la prise en compte dans le développement d'une évolution possible vers des débits de plusieurs gigabits par seconde. On était alors conscient que le développement du réseau SuperJANET nécessiterait une collaboration étroite entre les exploitants de télécommunications et les industries en général.

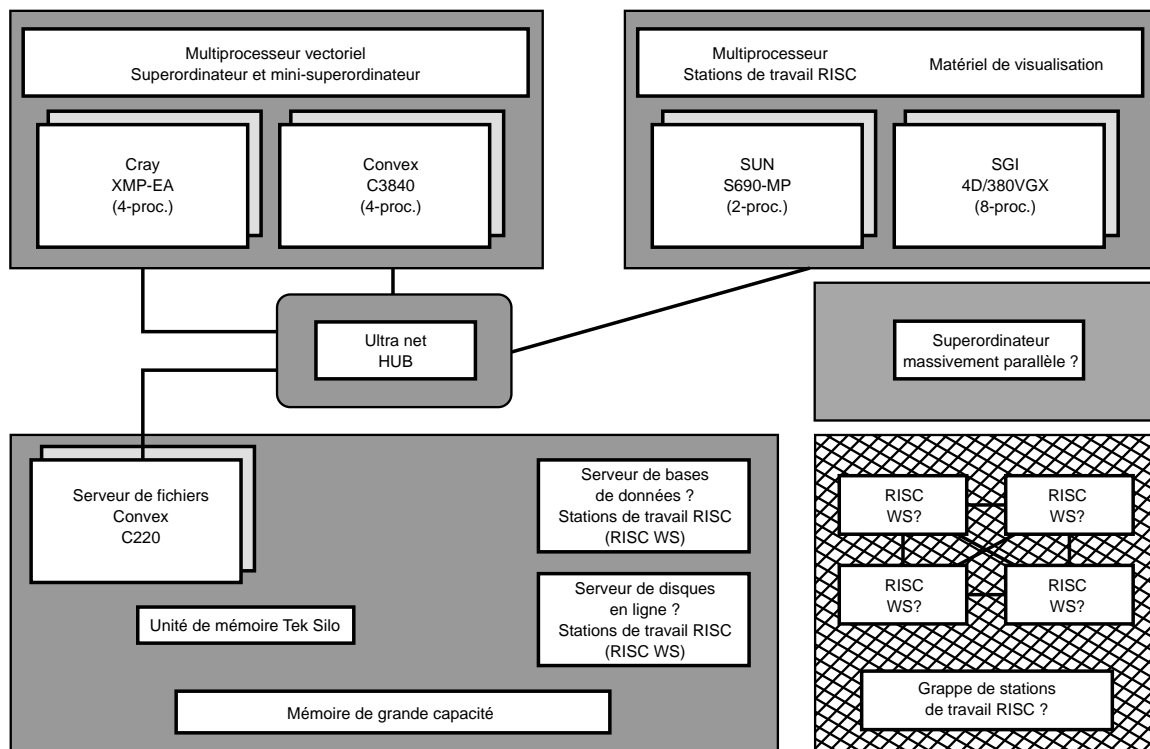
En décembre 1991, consécutivement au soutien fourni par le Secrétaire d'Etat du Département de l'Education et de la Science, le Universities Funding Council (Conseil budgétaire des universités) a approuvé le financement de la première phase du réseau et l'équipe du projet SuperJANET fut constituée pour aider à définir les premiers travaux. Cette équipe réunissait des membres du Joint Network Team, de l'université de Cambridge, du Rutherford Appleton Laboratory et de l'University College de Londres. Cette équipe choisit la technique asynchrone comme la technologie phare du réseau SuperJANET et un Groupe de conseillers techniques de la technologie asynchrone, chargé de l'intégration de cette nouvelle technique, fut constitué. Une recommandation fut émise par l'Equipe pour se pourvoir d'un réseau à hiérarchie numérique synchrone (SDH) à fibre optique, comme étant la meilleure base pour les développements du SuperJANET.

En Mars 1992, 19 organismes furent appelés à faire des propositions pour le développement en collaboration d'un réseau à hiérarchie numérique synchrone à fibre optique avec des niveaux de performance atteignant 622 Mbits/s qui constituerait la dorsale nationale. Les cinq propositions reçues ont démontré la validité du projet SuperJANET et la très grande probabilité selon laquelle la première phase du réseau pourrait être mise en oeuvre dans les délais et pour le financement prévus.

### **6.7.1 Le Conseil Budgétaire approuve le projet**

L'étude des réponses à l'appel d'offres a abouti à une recommandation en faveur de British Telecom (BT). Le développement de SuperJANET, un réseau de communications évolué pour l'enseignement supérieur en Grande-Bretagne, fut annoncé le 10 novembre 1992 par le Conseil budgétaire des universités. Le contrat de cette nouvelle entreprise conjointe -- attribué à British Telecom -- équivalait à 18 millions de livres sterling sur quatre ans, ce montant devant être révisé à la fin de l'installation du projet pilote. SuperJANET doit offrir à l'enseignement supérieur et aux organismes de recherche britanniques la possibilité d'accéder au service de communication le plus évolué qui soit pour des activités d'enseignement et de recherche.

Figure 23. Centre de calcul informatique scientifique :  
le méta-ordinateur d'architectures



### 6.7.2 Applications et structure du réseau

La technologie à hautes performances de la fibre optique mise en oeuvre dans SuperJANET permet de transmettre la voix, les données et les images. Les premières applications mises en service seront : le calcul à hautes performances, le télé-enseignement, l'édition électronique, la distribution électronique de documents, l'imagerie médicale et les services d'information multimédia. Un réseau pilote doit être constitué en mars 1993 pour relier six sites : les universités de Cambridge, d'Edimbourg et de Manchester, l'Imperial College of Science, Technology and Medecine, l'University College à Londres et le SERC Rutherford Appleton Laboratory. La connexion de sites supplémentaires en 1993-94 doit amener le nombre total des sites reliés à environ 50. La connexion d'autres sites sera prévue en fonction de financements supplémentaires.

SuperJANET complètera le Joint Academic Network (JANET) qui, depuis 1983, dessert 200 sites de la communauté universitaire. Les avantages de ce nouveau réseau sont sa vitesse et les types d'applications pouvant être intégrés. Les performances du réseau SuperJANET seront nettement supérieures à celles de JANET, entre 10 et 100 fois plus rapides. Le caractère évolutif des technologies utilisées lui permettra d'atteindre des performances mille fois supérieures à celles de JANET. Ce débit très élevé permet la transmission de communications extrêmement complexes comportant image, voix et données.

SuperJANET fournira un réseau étendu à hautes performances offrant de très grandes possibilités d'applications dans le domaine non seulement de la recherche mais aussi de l'enseignement. Des applications tout à fait nouvelles pourront ainsi être développées dans certains domaines comme, par exemple, l'imagerie médicale et les bibliothèques de mémoire virtuelle. L'accroissement de ses capacités favorisera une plus grande efficacité et de meilleurs résultats de l'enseignement supérieur britannique en donnant aux établissements la possibilité de développer de nouvelles méthodes de stockage, de traitement et de distribution de tous les types d'information.



L'adjonction de SuperJANET au réseau JANET constituera une infrastructure desservant un très grand nombre de sites universitaires et de recherche et offrira une large gamme de performances pour répondre à tous les besoins, à la fois ceux des universités, des organismes de recherche, des organisations gouvernementales, de l'industrie et du commerce.

### **6.7.3 SuperJANET -- un banc d'essai des interconnexions réseaux évoluées**

La capacité de transmission du SuperJANET sera jusqu'à cent mille fois supérieure à celle du réseau téléphonique classique. Les sites connectés pendant la première phase du projet seront les universités de Cambridge et de Manchester, le Rutherford Appleton Laboratory, le University College de Londres, l'Imperial College de Londres et l'université d'Edimbourg (**graphique 24**).

Le réseau est conçu pour utiliser les technologies de communication les plus évoluées -- la hiérarchie numérique synchrone -- et le nouveau service de données multimédias commuté (SMDS) de British Telecom.

Ce réseau marquera une étape importante dans la mesure où il permettra aux universités et aux laboratoires de recherche de développer des outils nouveaux et de pointe dans les domaines de l'enseignement et la recherche. Bien que le réseau existant JANET soit déjà un succès, l'apparition de nouvelles applications encore plus exigeantes nécessitera l'amélioration de l'infrastructure réseau existante. De plus, celle-ci sera conçue de manière à ce que les établissements de l'enseignement et les organismes de la recherche britanniques fournissent à l'industrie le personnel qualifié et spécialisé dont elle aura besoin dans la décennie à venir.

SuperJANET est considéré comme la seule installation se prêtant à un banc d'essai idéal de connexion en réseau évolué. La communauté universitaire représente une clientèle exigeante disséminée sur un territoire géographique étendu, ces utilisateurs pourront aider à tester certaines des nouvelles installation dans un environnement réel avant qu'elles ne soient mises à la disposition générale.

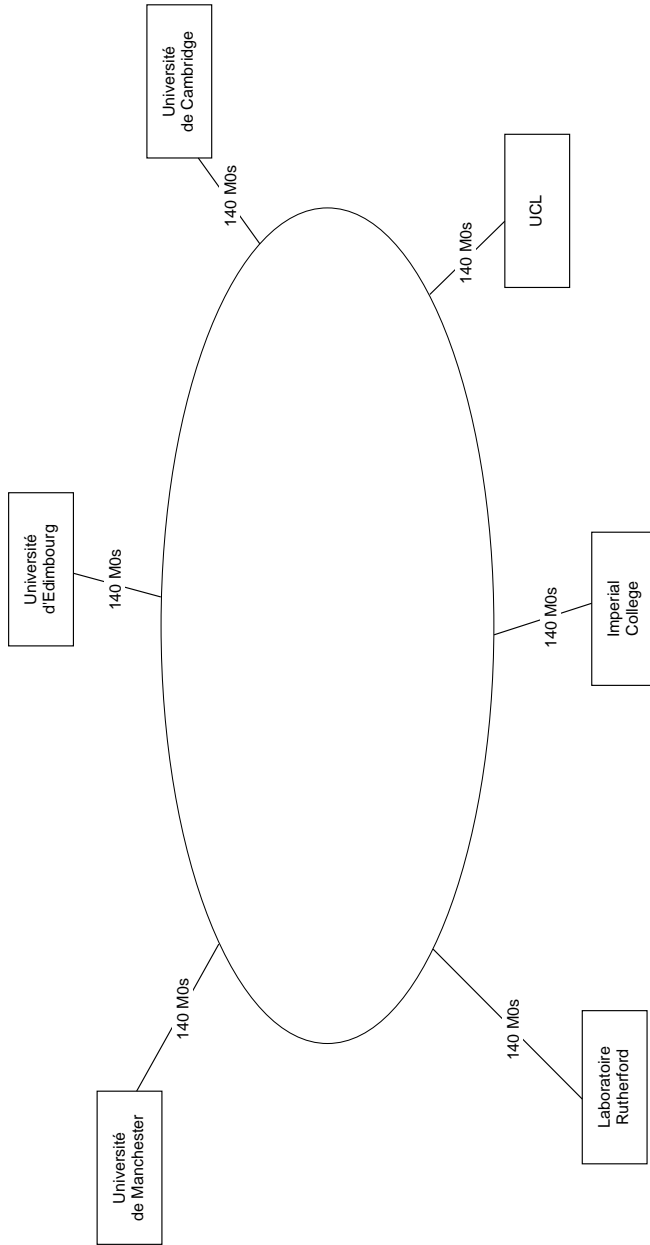
### **6.7.4 Résumé du projet SuperJANET**

BT et la communauté universitaire britannique vont collaborer au développement d'une plate-forme SuperJANET de commutation large bande évoluée, basée sur la commutation temporelle asynchrone. BT fournira à la fois un réseau à fibre optique et une diversité de services sur lesquels sera basé le développement de SuperJANET. Le but est de connecter le plus grand nombre de sites et d'offrir une plage de vitesses d'accès pour répondre aux besoins des différents sites. La communauté universitaire aidera BT à tester et piloter de nouveaux services dans la large bande.

BT doit fournir contractuellement un réseau à hiérarchie numérique synchrone desservant jusqu'à 16 sites, offrant des accès à 1 x 155 Mbits/s et 2 x 155 Mbits/s et des débits de transit réseau atteignant 622 Mbits/s. Préalablement à l'installation du réseau à hiérarchie numérique synchrone, les sites seront équipés d'une fonction PDH à 140 Mbits/s. Un réseau de services de données multimédias par commutation offrant au début un accès de 10 Mbits/s, sera ensuite ajouté au réseau à hiérarchie numérique synchrone.

Les travaux concernant la commutation temporelle asynchrone sont prévus de commencer en même temps que la phase pilote du réseau en Mars 1993. La collaboration avec BT portera sur deux études concernant d'une part la possibilité de migration du service de données multimédias commuté vers une plate-forme asynchrone, et d'autre part les conditions de l'interopérabilité des services asynchrones sur une grande distance avec des réseaux temporels asynchrones locaux.

Figure 24. Le réseau pilote SuperJANET  
Mars 1993



Réunion OCDE du 26 octobre 1992.

Le plannigramme est le suivant :

- Mars 1993 Installation sur six sites d'un réseau PDH à 140 Mbits/s en vue de constituer un réseau pilote. Les projets de la communauté universitaire concernant ce réseau pilote prévoient un réseau de données à hautes performances et un réseau pilote asynchrone.
- Sept. 1993 Extension du réseau PDH pour desservir six sites supplémentaires, notamment les universités de Birmingham, Cardiff, Glasgow, Leeds, Newcastle et Nottingham. A ce niveau du développement, quatre autres sites pourraient encore être reliés au réseau PDH. De plus, les sites PDH seront reliés au réseau pilote de services de données multimédias commutés.
- Nov. 1993 Extension du service de données multimédias commuté à au moins 29 sites supplémentaires. La sélection des sites reste à faire.
- Déc. 1993 Introduction par paliers du réseau SDH sur les sites reliés au réseau PDH.
- Début 1994 Mise en place d'un service de données multimédias commuté complet sur tous les sites.

BT prévoit également d'intégrer SuperJANET dans l'essai de transmission temporelle asynchrone conduite à l'échelle européenne, qui, selon une annonce récente, est prévue avec les exploitants de télécommunications publics (ETP) en France, en Allemagne, en Italie et en Espagne pour 1994.

#### **6.7.5 Applications-pilote de SuperJanet**

Le réseau pilote est destiné à stimuler et à soutenir un large éventail de nouvelles applications capables d'exploiter les fonctions hautes performances et multi-services de SuperJANET.

Les organisations correspondant au premier lot de sites interconnectés se sont réunies en juillet afin d'identifier les domaines d'application pouvant être intégrés dans le réseau pilote. Une deuxième réunion s'est tenue en octobre pour examiner un ensemble de propositions du projet.

En plus de l'intégration d'applications spécifiques, le but du réseau pilote est de fournir une infrastructure à hautes performances pour l'usage général de six sites et, indirectement, d'une communauté plus large. Le réseau pilote interconnectera les installations existant sur ces sites telles que les réseaux avec une interface fibre optique (FDDI), l'interconnexion avec le réseau JANET étant également prévue. Ce réseau pilote devrait pouvoir intégrer par exemple une exploitation générale, dans un mode distribué, entre plusieurs sites de X-Windows et de quelques types de communications vidéo. La fonction vidéo pourrait être utilisée dans le but de promouvoir un éventail d'activités en collaboration, par exemple le partage de conférences et séminaires, de vidéoconférences.

Une description sommaire des applications pilotes en question est donnée ci-dessous.

#### **6.7.6 Enseignement**

Un large éventail d'activités liées à l'enseignement et à la formation devrait être accessible à travers SuperJANET. Le University College de Londres dispose d'installations uniques pour piloter l'intégration à travers SuperJANET de cours de chirurgie dans un mode vidéo interactif. L'idée consiste à mettre en place une série de démonstrations chirurgicales entre le University College de Londres et d'autres centres reliés à SuperJANET. Une gamme de services interactifs comprenant des démonstrations chirurgicales à partir du bloc opératoire, des démonstrations cliniques en amphithéâtre, des discussions entre chirurgiens spécialisés, l'élaboration conjointe de cours vidéo et les possibilités d'adapter les cours et

méthodes auto-éducatives existantes au télé-enseignement. L'enseignement de la chirurgie tout comme l'enseignement de la plupart des thèmes médicaux dépendent beaucoup du transfert des informations statiques et animées visuelles. Le changement des méthodes d'enseignement en milieu hospitalier limitera la diversité des cas cliniques humains servant de sujets pour ce type d'enseignement. Dans l'avenir, il faudra recourir aux applications vidéo interactives et à l'utilisation partagée des installations pour fournir aux étudiants la diversité des informations nécessaire. Les unités chirurgicales d'enseignement de l'hôpital St. Mary (Imperial College) et des universités de Edimbourg, Glasgow, Manchester et Cambridge soutiennent cette proposition.

#### *Visualisation et interaction des données de superordinateur*

Les superordinateurs peuvent produire d'énormes quantités d'information et, dans de nombreuses applications, ces informations ne peuvent être comprises par l'utilisateur que si elles sont présentées sous la forme d'images, le plus souvent d'images couleurs animées. Des applications des superordinateurs pouvant être intégrées à travers SuperJANET sont citées en exemple ci-dessous.

#### *Modélisation moléculaire*

SuperJANET permettra la visualisation sur une station de travail à distance du résultat en temps réel de calculs de mécanique quantique exécutés sur le Cray YMP de Rutherford. Ces visualisations permettront la représentation des modèles de liaison des molécules, des modes de vibration et des cartes de densité d'électrons. Cette application pilote pourra aider à déterminer les modes de visualisation faisables sur un réseau secondaire. Des résultats fructueux pourraient inciter d'autres groupes travaillant dans le domaine de la chimie informatique en milieu universitaire à utiliser des techniques similaires.

#### *Etudes des réserves pétrolifères*

La technique de visualisation des infiltrations peut être utilisée pour étudier des méthodes de récupération du pétrole applicables dans les gisements pétrolifères de la Mer du Nord. Cette application démontrera comment on pourrait exploiter le potentiel de SuperJANET pour réaliser un progiciel de visualisation à distance de bonne qualité dans le domaine de la modélisation interactive et des études d'infiltration visqueuse. Ce serait d'un grand intérêt pour l'industrie pétrolifère. Cette application résidera dans le superordinateur Connection Machine (CM) de l'université d'Edimbourg.

#### *Calcul de Dynamique des fluides ( Computational Fluid Dynamics -- CFD)*

Cette application démontrera l'utilisation de techniques de visualisation évoluées pour les prévisions d'écoulement et de combustion dans les moteurs à pistons. Les calculs très poussés de dynamique des fluides seront exécutés sur le Cray YMP de Rutherford et les résultats de visualisation seront transmis à travers SuperJANET à l'Imperial College.

#### *Modélisation atmosphérique globale*

Plusieurs universités collaborent au développement d'un modèle informatique de l'atmosphère terrestre qui sera utilisé dans les recherches climatologiques. Le logiciel réside dans le superordinateur Cray YMP du Laboratoire Rutherford Appleton et des utilisateurs de l'université de Cambridge pourront être impliqués à travers le réseau pilote SuperJANET. Cette application du réseau pilote démontrera la rapidité de la visualisation d'une séquence de cartes météorologiques générées par le Cray. Elle donnera aussi à l'utilisateur connecté à distance la possibilité de sélectionner des segments de ligne droite sur la carte et d'afficher certaines variables dans le plan vertical correspondant. On s'attend à ce que le succès de cette application pilote provoque des demandes pour l'utilisation des installations à partir d'autres sites.

#### *Système hétérogène de superordinateurs en mode distribué*

Cette application utilisera SuperJANET pour interconnecter deux superordinateurs d'architectures différentes -- par exemple, le superordinateur Cray YMP du Laboratoire Rutherford Appleton et la

Connection Machine de l'université d'Edimbourg -- pour les réunir en une seule unité de calcul. Certaines catégories d'applications de superordinateurs sont plus performantes si les différents éléments de calcul pouvaient être exécutés sur différents types d'ordinateur. SuperJANET fournira le lien à hautes performances entre les deux superordinateurs, il pourrait aussi fournir un accès à un utilisateur d'un troisième site. L'application spécifique choisie pour être intégrée dans cet environnement pilote concerne le traitement d'images tri-dimensionnelles et le rendu 3-D de données médicales. L'entrée des données et le traitement en trois dimensions se feront sur la Connection Machine de l'université d'Edimbourg, les données de sortie seront transportées à travers SuperJANET vers un autre superordinateur en vue d'exécuter le rendu 3-D et les calculs des isosurfaces. Les performances SuperJANET démontreront que la totalité des calculs peut se faire de façon interactive.

### 6.7.7 *Services de l'information*

#### *Distribution des documents de bibliothèque*

L'augmentation du coût des journaux scientifiques bien au-delà de l'inflation normale est la cause de la suppression d'abonnements et de l'impossibilité de publier de nouveaux titres dans le domaine de la recherche. Le coût du stockage à long terme des archives papier est aussi une des préoccupations majeures de nombreuses bibliothèques universitaires. Le partage des ressources entre ces établissements semble être une des solutions à long terme, mais les procédures de prêt entre les bibliothèques sont lentes et représentent une charge de travail importante. La distribution de documents à travers SuperJANET offre donc la possibilité d'un service rapide et peu coûteux. Le but du projet est donc de faire la démonstration de la demande et de la distribution de documents entre sept universités (dont deux anciennes écoles polytechniques) en vue d'instaurer un service permanent entre tous les sites universitaires britanniques au fur et à mesure qu'ils pourront être reliés à SuperJANET. Ce projet pourra être étendu à d'autres types de documentation, par exemple des thèses ou des graphiques électroniques. Les économies potentielles en termes d'encombrement physique sont, sur le long terme, considérables.

#### *Fichiers spéciaux*

Le projet vise donc à démontrer la possibilité d'accéder à distance à des documents spéciaux pour leur consultation en temps réel par des experts sur différents sites. La très haute définition des images qui permettra de refléter avec précision le contenu de ces documents, est un élément important. Les documents utilisés pour cette première application pilote seront des fragments de la Genèse et des manuscrits persans illustrés stockés à l'université de Manchester. La British Library (bibliothèque britannique) a montré son intérêt dans ce projet en fournissant des images de très haute définition de quelques-unes des pièces rares faisant partie de sa collection. Un des avantages de cette technique est de permettre un accès facile et à partir de sites disséminés à des documents rares ou précieux sans risque qu'il soient endommagés.

#### *Banc d'essai d'un journal électronique*

La proposition consiste à créer un banc d'essai pour expérimenter la diffusion de journaux électroniques sur le réseau SuperJANET avec la collaboration d'un certain nombre d'éditeurs, dont des sociétés savantes, des éditeurs universitaires et des sociétés prestataires d'édition. Chacun des éditeurs participant au banc d'essai fournira des articles d'un sujet de sa spécialité. Le journal électronique couvrira un large éventail de rubriques et fournira des fonctions variées selon la catégorie du sujet afin de pouvoir exploiter et tirer profit de toutes les ressources disponibles à travers SuperJANET. L'éventail des problèmes couverts par ce projet pourrait inclure, par exemple, l'utilisation dans des articles de recherche scientifique, de mathématiques, de formules et de structures de chimie, de graphiques, de simili-gravures et de micrographies contenus dans des articles de recherche scientifique. Dans les disciplines littéraires, ce projet permettrait l'utilisation des couleurs, de la notation musicale, de cartographie, de notes de bas de page, etc.

### **6.7.8 Consultation à distance**

#### *Réseau de consultation pathologique*

Le coût élevé des consultations en pathologie rend difficile voire impossible d'avoir, sur une région sanitaire, un nombre suffisant de pathologistes dans toutes les spécialités. Le Royaume-Uni ne compte, par exemple, que deux ou trois spécialistes de la pathologie des os. Les spécialistes de pathologies rares travaillent souvent dans des universités, SuperJANET serait donc un moyen pour permettre à ces pathologistes en milieu universitaire de donner des consultations sur la totalité du territoire. Le projet pilote vise donc à démontrer la réalisation de ce concept en établissant une liaison entre les pathologistes et des blocs opératoires au moyen de stations de travail multimédias couplées à des microscopes. La transmission des images microscopiques de haute définition et les communications audiovisuelles entre les blocs opératoires et les pathologistes se feront à travers SuperJANET. Ce projet est dirigé par les pathologistes de l'université de Manchester.

### **6.7.9 Accès à des systèmes à distance**

#### *Imagerie neuronale*

Dans ce domaine, le but est de démontrer l'accès à distance à des ressources partagées. On dispose aujourd'hui des techniques permettant d'acquérir des images du cerveau humain représentant son organisation et son fonctionnement avec une très grande précision. Les volumes de données correspondant à ces traitements informatiques sont déjà importants et le seront encore plus. De nouveaux progrès permettront bientôt l'acquisition d'images neuronales successives dans un intervalle de quelques millisecondes. L'unité MRC de l'hôpital de Hammersmith possède un certain nombre de ressources informatiques évoluées pour générer des images neuronales qui intéressent des chercheurs d'autres sites. Dans le cadre de ce projet pilote, des images neuronales acquises à Hammersmith seront transférées à travers SuperJANET, pour analyse aux départements de psychiatrie de l'université d'Edimbourg et du University College de Londres, et pour traitement aux centres de superordinateur de l'université d'Edimbourg.

#### *Données de télédétection*

Ce projet devrait faire la démonstration de l'utilisation de SuperJANET pour la transmission vers plusieurs sites des images de la surface de la terre générées par un radiomètre à hautes performances développé par le SERC et embarqué dans le satellite ERS-1 de l'Agence spatiale européenne. Ces images sont stockées dans une base de données du Laboratoire Rutherford Appleton. L'intégration de ce service dans SuperJANET permettra à des utilisateurs de sites connectés à distance de récupérer et de survoler des fichiers d'images volumineux, ce mode d'accès étant aujourd'hui impossible du fait des performances insuffisantes des réseaux existants. Cet objectif est d'une grande importance pour le centre de données géophysiques (Geophysical Data Facility) du Laboratoire Rutherford Appleton qui a pour mission de fournir des données d'images satellite à un certain nombre d'universités. Les sites utilisateurs visés par cette application pilote seront le University College et l'Imperial College où la classification des images de nuage constitue avec les recherches relatives au réchauffement de la planète un des principaux sujets d'étude. D'autres fichiers de données géophysiques à haute définition et de volume important seront bientôt disponibles et leur diffusion en mode interactif vers une communauté d'utilisateurs géographiquement disséminés constituera un objectif très important que SuperJANET permet d'atteindre.

### **6.7.10 Communications de groupe**

#### *Pandora*

Cette application vise à démontrer la possibilité pour un ensemble de stations de travail évoluées connectées en réseau d'acheminer des communications de groupe à partir des postes bureautiques des utilisateurs. La station de travail Pandora, mise au point par le laboratoire de recherche Olivetti à

Cambridge, représente l'état de l'art en matière de station de travail multimédia permettant les communications vidéo, audiophoniques et de données. Cette station de travail est utilisée par le Laboratoire Olivetti et par l'université de Cambridge. SuperJANET permettra l'utilisation des stations de travail entre des sites très disséminés. Ce projet examinera aussi la possibilité d'interconnecter des stations de travail multimédias à des installations audio-visuelles de qualité professionnelle qui sont utilisées pour la vidéoconférence et le télé-enseignement. Une proposition de ce projet est d'utiliser SuperJANET pour connecter le réseau Pandora de Cambridge au réseau vidéo de l'université de Londres via l'University College de Londres.

#### *Collaboration entre physiciens*

Le but de cette application est de démontrer l'usage de SuperJANET pour la collaboration entre des physiciens du domaine de la haute énergie disséminés sur plusieurs sites. Les services permettront l'échange de graphiques entre deux utilisateurs distants, l'envoi d'images, telles que des courbes d'oscilloscopes, à des ingénieurs connectés à distance, le partage de programmes de cours, et l'utilisation d'un système de fichiers distribué.

#### *Démonstration de recherche en coopération et d'enseignement*

Un des Grands Défis de la chimie est de comprendre les structures tri-dimensionnelles de molécules complexes et leur interaction avec des molécules plus petites, telles que les médicaments et les métabolites. De récents progrès dans le domaine des stations de travail, associées à une liaison SuperJANET permettent à plusieurs sites de collaborer en vue de fournir de nouveaux outils dans ce domaine. Ce projet utilisera des outils multimédias informatisés mis au point par l'Imperial College en vue de créer un système distribué multisites pour la recherche et l'enseignement, en collaboration dans le domaine de la chimie moléculaire.

## **ANNEXE : MEMBRES DE L'EQUIPE DES EXPERTS DU PIIC/OCDE POUR HPCC**

- ETATS-UNIS** Fred Weingarten, Computing Research Association (CRA), Washington, D.C. ;  
Kenneth Flamm, Brookings Institution, Washington D.C. ;  
David Farber, University of Pennsylvania, Pittsburgh, Penn. ;  
Charles Brownstein et Larry Rosenberg, National Science Foundation, Washington, D.C.
- JAPON** Shoichiro Asano, NACSIS, Tokyo ;  
Kazuo Ito, Electronics Policy Division, MITI, Tokyo ;  
Isao Shimizu, Association for Promotion of New Generation Network Services, Tokyo ;  
Yoichi Muraoka, School of Science and Engineering, Waseda University, Tokyo ;  
Tsuruhiko Nambu, Department of Economics, Gakushuin University, Tokyo .
- EUROPE** Federico Carminati, CERN, Genève ;  
Jürgen Seetzen, VDI, Berlin ;  
Paul Christ, University of Stuttgart, Stuttgart.

## **MEMBRES DE L'EQUIPE DES EXPERTS DU PIIC/OCDE POUR HPCC :**

- AUSTRALIE** Michael McRobbie, The Australian National University, Canberra ;
- CANADA** André Dubois, Department for Industry, Science and Industry, Ottawa ;
- OCDE**  
**Secrétariat :** Dieter Kimbel, OCDE, Paris.



## Notes

1. Un gigabit équivaut à un billion de bits:  $10^9$ .
2. Rapport Rubbia, page 3.
3. Rapport Rubbia, page 3.
4. Voir le rapport Rubbia, *op. cit.*, Vol. 1, page 6 et Kawahara, K., "Dynamics of Fluid Motion", 1992.
5. Voir Gartner Group, Inc., HPCC; "Investment in American Competitvity" cité par Rubbia, et aussi la publication PIIC N°30, "Information Networks and New Technologies", pp. 23-27.
6. Voir: Grand Challenges 1993, The FY 1993 US Research and Development Programn *op. cit.*, p. 16.
7. Voir "A brief Description of the CNRI Gigabit Testbed Initiative", (CNRI), Washington DC, janvier 1992, p. 8.
8. Se référer aussi au chapitre 5 pour plus de détails.
9. Pour information, un téraflop = 1 000 gigaflops ; un gigaflop = 1 000 mégaflops ; un mégaflop = un million d'opérations en virgule flottante par seconde.
10. Pour information, un téraoctet = un million de mégaoctets ; un mégaoctet = un million d'octets.
11. Pour plus de détails, voir: Switching Technology for Broadband ISDN, Khaki Hishinuma, Executive Manager, Research Planning Department, NTT Communication Switching Laboratories, revue "Japan Computer Quarterly", N°. 91, 1992.
12. Voir aussi "Financial Times" du 26 mai 1993.
13. Voir le Financial Times du 13 avril 1993.
14. Gopher: Initialement, une expression idiomatique désignant aux Etats-Unis un employé garçon de courses : et WAIS (serveur d'informations sur un large territoire), une démonstration de ces applications a été faite au groupe d'experts de l'OCDE à l'université Cornell at Ithaca, N.Y.).
15. Voir "The 1993 forum Engelberg": Energy and Environment: A Question of Survival.
16. Source : Status Report on the European Gigabit Initiative, *op. cit.*, page 47.
17. Concernant les réseaux européens, voir le "Livre blanc de la Commission des Communautés européennes sur la Croissance, la Compétitivité et l'Emploi", Financial Times du 10 décembre 1993.
18. Gartner Group, voir le rapport Rubbia, *op. cit.*, p. 7.
19. Par exemple, le vice-président des Etats-Unis, Albert Gore, a déclaré lors de la présentation du "National High Performance Computer Technology Act" (loi sur la technologie informatique à hautes performances nationale) que "la nation qui pourra intégrer l'informatique à hautes performances dans la totalité de son économie, gagnera, selon toutes probabilités, une position de domination intellectuelle, économique et technologique dans le siècle prochain.
20. Voir M. Porter, "The Competitive Advantage of Nations", Macmillan, New York, 1990.
21. Se référer aux arguments présentés dans le paragraphe 1.2 de ce rapport concernant les objectifs des programmes HPCC en Australie, au Canada, en Allemagne et au Royaume-Uni.
22. US Bill National Competitiveness Act 1993, Sénat des Etats-Unis, 21 janvier 1993.
23. Se référer aussi au témoignage de Robert Allen, Président et CEO, AT&T , dans une réunion du sous-comité chargé du financement des télécommunications du Congrès des Etats-Unis, 24 mars 1993.

24. Voir le Status Report on the European Gigabit Initiative, R. Popescu-Zeletin, Berlin, p. 31.
25. Rapport Rubbia, Genève, Octobre 1992, page 11.
26. Pour plus de détails, voir la note 27.
27. Concernant l'Europe, cette possibilité a déjà été demandée par D. Faber, Université de Pennsylvanie, Etats-Unis, et par R. Huber, Commission de la Communauté Européenne, DG XIII, dans leur présentation à la 2ème conférence sur "International Broadband Islands: Bridging the Services Gap Conference" (les îlots à large bande internationaux : créer une passerelle entre les services) qui s'est tenue à Athènes du 15 au 16 juin 1993.
28. Se référer au Programme on Next Generation Optical Fibre Network (Programme sur le réseau à fibre optique de la prochaine génération), Projet de loi en préparation pour être soumis à la Diète en juin 1993.
29. La tarification établie en fonction des coûts dans les réseaux RNIS-N et RNIS-B : ou une possibilité de décroissance des tarifs :
  1. Les vitesses de transmission permises à travers les fibre optiques et avec la commutation temporelle asynchrone, RNIS-B) équivalent au moins à 1500 fois les vitesses de transmission numériques à travers des fils en cuivre ordinaires des vieux modèles de téléphone (Plain Old Telephone - POT) dans les réseaux RNIS-N pourraient entraîner une diminution considérable des coûts des communications quotidiennes dans la bande étroite , c'est-à-dire la téléphonie et la transmission des documents (données). Cette diminution pourra se faire sous réserve que le coût que représente pour les abonnés l'investissement dans des systèmes à large bande n'excèdent pas 10 à 25 fois le coût de notre bon vieux téléphone .
  2. Nous avons fait un calcul en nous référant à un cas très simple afin d'expliquer ces considérations rudimentaires :
    - Prenons un groupe de 100 utilisateurs (correspondant à un établissement de taille moyenne ou à un groupe dans un établissement plus important qui représenterait, dans le futur, une ligne RNIS-B). Le coût moyen de l'utilisation des vieux modèles de téléphone s'élèverait à 60 000 Ecu/an 100 utilisateurs (personnes) et 200 jours par an ( $100 * 200/\text{jour travaillé} * \text{personne}$ ) représenteraient un coût des vieux modèles de téléphone de l'ordre de 3 Ecu/jour travaillé \* personne. Ce qui correspondrait en Allemagne à 4 unités à 0.125 Ecu pour des appels locaux et à 20 unités pour des appels à distance. La connexion de la ligne serait de 34 mn/personne 34 mn représentent  $1,8 * 10^3 = 1,15 * 10^8$  bit/jour travaillé / personne ou 115 Mbits/s, l'occupation système serait donc seulement de 1,15 s/jour travaillé \* personne. Considérons maintenant la tarification d'un systèmes RNIS-B de 150 Ecu/heure et un tarif de base de 20 000 Ecu/an, l'utilisation du vieux modèle de téléphone serait réduit à  $(150/3600) * 1,15 = 0.05$  Ecu/jour travaillé \* personne plus  $20000/20000 = 1$  Ecu/jour travaillé \* personne, c'est-à-dire 1,05 Ecu/jour travaillé \* personne comparé aux 3 Ecu/jour travaillé/personne. Un autre mode de tarification pourrait, bien sûr, être choisi, les rapports entre le coût RNIS-N et le RNIS-B étant alors respectivement différents. Toutefois, selon ce raisonnement, les services mentionnés à travers le RNIS-N pourraient être nettement moins chers s'ils passent par le RNIS-B.
  3. Il en résulterait une augmentation notable dans l'utilisation de la large bande générique pour des communications vidéo point à point ou multipoint, ou bien le traitement de modèles de conception en coopération, ou des prises de décision en coopération ou encore la recherche documentaire. Provoquant, dans le futur, une connexion de la ligne RNIS-B par personne d'environ 2 mn/j.s.\*pers. ce qui correspond à 120 mn/m de vidéo conférence par personne et par mois compte tenu que la capacité de transmission de 100 Mbits/s peut être partagé en lignes parallèles d'environ 35 Mbits/s de téléphonie vidéo.
30. Ce chapitre est basé sur une contribution du Professeur Michael McRobbie, Australian National University, Canberra, Australie, et membre du groupe de recherche OCDE sur HPCC.
31. Pour plus de détails, voir: Switching Technology for Broadband ISDN, Khaki Hishinuma, Executive Manager, Research Planning Department, NTT Communication Switching Laboratories, dans "Japan Computer Quarterly", N°. 91, 1992.
32. TCP = Transmission Control Protocol (protocole de transport) : IP = Internet Protocol (protocole inter-réseau)

33. Voir The 1993 forum Engelberg: Energy and Environment: A Question of Survival.
34. Dans le cadre des rencontres à Tokyo entre les 20 et 23 juillet 1992, les études ont été conduites par 11 participants représentant des Etats-Unis, du Canada, d'Allemagne, de Suisse, d'Australie et du Japon. Le calendrier des réunions fut le suivant :
- |            |                         |  |
|------------|-------------------------|--|
| 20 juillet | Matin<br>Après-midi     | Entretiens chez MITI<br>Entretiens chez MPT  |
| 21 juillet | Matin<br>Après-midi     | Centre de recherche NTT à Yokosuka<br>Démonstrations et Entretiens au Centre de recherche chez NTT à Yokosuka                |
| 22 juillet | Matin<br><br>Après-midi | Présentations à l'institut de recherche sur la dynamique des fluides<br>Présentations sur RWC chez ETL (MITI) à Tsukuba City |
| 23 juillet | Matin<br><br>Après-midi | Présentations chez NACSIS<br><br>Entretiens de conclusions chez NACSIS   |
35. CII -- Centre for the Informatisation of Industry, situé au sein du Japan Information Processing Development Centre (JIPDEC).
36. CCITT -- Comité consultatif international télégraphique et téléphonique, une des organisations au sein de l'Union internationale des télécommunications (UIT). Consécutivement à la réorganisation de l'IUT, les responsabilités du CCITT en matière de normalisation sont maintenant rattachées à la Section de la normalisation de l'IUT.
37. La Corporation of National Research Initiatives (CNRI) a été mandaté pour conduire et analyser les cinq bancs d'essai gigabit ; pour des informations plus détaillées, se référer au "CNRI Gigabit Initiative", CNRI, Washington DC., Janvier 1992, et le "Status Report on European Gigabit Initiatives", Prof. R. Popescu-Zeletin, Berlin 1993.
38. Pour des informations plus détaillées, se référer au "CNRI Gigabit Initiative", CNRI, Washington DC., janvier 1992, et le "Status Report on European Gigabit Initiatives", Prof. R. Popescu-Zeletin, Berlin 1993.
39. Les machines SIMD (Single Instruction Multiple Data, instruction unique - données multiples) comportent une unité de contrôle qui diffusent les instructions devant être exécutées, un certain nombre de processeurs (chacun exécutant les mêmes instructions), un certain nombre de mémoires et un réseau. Les machines MIMD (Multiple Instruction Multiple Data, instructions multiples - données multiples) ont par contre un certain nombre de processeurs (chacun exécutant des instructions différentes), un certain nombre de mémoires et un réseau. Ces deux modes de parallélisme sont différents dans la mesure où les processeurs des machines MIMD (Multiple Instructions Multiple Data, instructions multiples - données multiples) travaillent en mode asynchrone les uns par rapport aux autres, contrairement au mode de fonctionnement des processeurs des machines SIMD. Il en résulte une plus grande flexibilité du système multiprocesseurs aux dépens, toutefois, de pertes de transmission et d'une complexité des programmes.
40. Rapport compilé par le Secrétariat de l'OCDE.
41. Par le Prof. Risto Nieminen, Helsinki ; Présentation lors d'une réunion de l'IETI à Paris.
42. Par le Dr. R. Cooper, Laboratoire de Rutherford, Royaume-Uni ; Présentation lors de la visite in situ à Berlin, 26 octobre 1992.