Comité de coordination des sciences et technologies de l'information

Rapport intermédiaire

Mai 2000

Préambule : Préparer l'entrée de la France dans la société de l'information 2
Chapitre I. Repenser les relations entre la recherche publique et les entreprises 8
Chapitre II. Mettre en place des priorités sectorielles 12
Chapitre III. Faire croître l'implication des organismes publics dans les STIC 14
Chapitre IV. Se doter des ressources publiques nécessaires 17
Chapitre V. Améliorer la formation 21

Préambule :
Préparer l'entrée de la France dans la société de l'information

Un domaine stratégique reconnu comme tel par l'Etat

Le développement des technologies de l'information aura constitué, on le sait maintenant, un fait absolument majeur de la deuxième moitié du 20me siècle. L'ampleur du phénomène, l'étendue et la profondeur de son impact, n'ont plus à être démontrés au gouvernement. Il suffit de citer le discours du Premier Ministre à l'Université d'été des Technologies de l'Information et de la Communication le 26 août 1999 : "*Une nouvelle économie*", "*La contribution à l'emploi de ces secteurs est déterminante*",, "*Il s'agit là d'un secteur qui modèle notre société…*"

Le CIRST de juin 1999 a fait des sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) la deuxième priorité de la recherche française, leur consacrant un important développement. En outre, le texte du relevé de décisions concernant les sciences de la vie, classées en première priorité, cite à quatre reprises les recherches en STIC comme déterminantes pour la recherche biologique et médicale (en génomique, télémédecine, imagerie médicale et robotique), sans compter les sciences de la cognition dont on sait l'impact qu'y a la recherche sur la représentation et la manipulation informatique des connaissances.

Les STIC sont à nouveau citées dans la section "sciences humaines et sociales" du même relevé de décisions, et comment ignorer le rôle clé de la simulation numérique dans tous les autres domaines qu'il évoque : énergie, transport, espace, sciences de la planète et environnement ?

Ceci souligne, s'il était besoin, ce que les Anglo-saxons appellent "*l'ubiquité*", le caractère omniprésent, des STIC dans tous les développements scientifiques, techniques, économiques, sociaux et culturels de ces années.

Le rapport du "Presidential Information Technology Advisory Committee" (PITAC) américain (http://www.ccic.gov/ac/) liste les défis et les bénéfices à attendre des transformations apportées par les STIC dans la façon dont nous

- communiquons,
- traitons l'information,
- apprenons,
- commerçons,
- travaillons,
- soignons les malades,
- concevons et fabriquons les choses,
- recherchons,
- traitons l'environnement,
- gouvernons.

Ce rapport rappelle que la croissance importante de l'économie américaine est due pour une large part aux STIC dont le développement résulte directement de l'effort de recherche de la décennie précédente. Ce que nous voulons souligner ici est le rôle fondamental de la recherche et développement pour l'essor des STIC et pour en récolter tous les bénéfices.

Recherche et développement : des composantes nécessaires du succès industriel

Au plan industriel, la situation a considérablement évolué ces dernières années. Mais on peut la schématiser en disant que l'activité s'inscrit entre une industrie des composants, nécessitant des investissements considérables alors que les générations de composants se succèdent au rythme d'une tous les dix-huit mois, et une industrie du logiciel où, bien qu'ils aient beaucoup augmenté depuis dix ans, les besoins en capitaux restent sans commune mesure avec ce que connaissent les autres grands secteurs technologiques : énergie, transports, …

Dans le premier cas, la disproportion entre les investissements et la durée de vie des produits est telle qu'investir au mauvais niveau technologique est suicidaire, dans le dernier cas, on voit que l'avantage concurrentiel doit se chercher au niveau des idées plus que des moyens.

Entre ces extrêmes, l'industrie des architectures matérielles (ordinateurs, commutateurs, architectures spécialisées) hérite des caractéristiques de ces deux secteurs d'activité sur lesquels elle repose.

Dans tous les cas, le rôle de la R & D est critique. Un autre facteur clé est la vitesse de mise sur le marché. Un encart du rapport du PITAC cité ci-dessus, signé des seuls membres industriels du comité, explique qu' *« à peu près tous les individus et toutes les ressources disponibles dans cette industrie sont tendus vers l'objectif de mettre la prochaine version et le prochain produit sur le marché. La durée des cycles de mise sur le marché descend jusqu'à six mois, voire trois. La société qui échoue sur ce point manque le prochain cycle et se trouve condamnée à l'échec.* »

On peut s'interroger sur le syndrome d'immaturité technologique ainsi décrit, mais le fait est que le monde est actuellement ainsi. Dans ces conditions, l'industrie a besoin qu'un réservoir d'idées et de techniques nouvelles, validées par des développements expérimentaux, soit disponible à chaque instant auprès de la recherche publique. Et pour avoir un accès rapide à ces connaissances, elle doit disposer d'un potentiel de recherche nationale, voire régionale, avec qui elle entretient un contact régulier, lui permettant de s'emparer des idées nouvelles avant qu'elles soient publiées et diffusées internationalement. En effet, le processus de dissémination de l'information scientifique au plan international prend plus d'un an, ce qui est au moins un cycle de vie des produits. Ce besoin est d'autant plus grand qu'à côté de ces cycles courts, des cycles longs demeurent, correspondant aux grandes ruptures technologiques. C'est d'ailleurs pour souligner la responsabilité de la puissance publique dans cette recherche à plus long terme que le rapport du PITAC a été écrit

Un réservoir de technologies et de main d'œuvre qualifiée

Enfin, dans cette industrie "de main d'œuvre intellectuelle", on sait que **la ressource humaine est la ressource rare par excellence**. On doit souligner le rôle du dispositif de recherche académique comme producteur de main d'œuvre hautement qualifiée et le rôle du transit des jeunes docteurs du laboratoire à l'industrie comme vecteur de transfert technologique.

Si cette analyse est correcte, on voit qu'il est crucial pour le pays d'investir dans un important effort de recherche national.

Les pays qui renonceront à courir en tête de cette course se trouveront relégués au rôle de simples utilisateurs de produits importés. Ceci d'autant plus que les produits de cette industrie sont souvent caractérisés par une grande fluidité. L'économie nationale s'emparera des bons produits et services d'où qu'ils viennent. Nous sommes ainsi menacés de connaître les suppressions d'emplois que la transformation du monde économique produira sans bénéficier des créations d'emplois à haut revenus, et des emplois induits, qu'elle engendrera.

L'effort actuel est massivement insuffisant,...

Le poids relatif de la recherche en STIC à l'intérieur du dispositif national –évalué à 7,5%-- n'est ni à l'échelle de l'importance ainsi décrite, ni au niveau d'une (deuxième) priorité nationale, ni, tout simplement, à l'échelle des besoins et de la concurrence internationale. De petits que nous étions, nous sommes sur le point d'être nanifiés par l'effort gigantesque qui se met en place aux Etats Unis (366 millions de $ en plus pour l'année fiscale 2000, plus de 600 millions de $ prévus pour 2001 auxquels il faut rajouter 500 millions de $ pour les nano-technologies préparant les futures générations de composants). Et d'autres pays, européens ou asiatiques, chercheront à s'aligner sur cet effort. Un industriel de notre comité chiffre à plus de trois le facteur multiplicatif nécessaire dans l'ampleur de l'effort de recherche national dans les STIC. Le rapport qui suit adopte une recommandation prudente d'un facteur deux dans la proportion de la dépense publique de recherche consacrée au domaine.

... et laisse la porte ouverte à une fuite des cerveaux sans précédent

En outre**, le formidable effort américain est en train de nous priver de la ressource rare par excellence, les cerveaux les plus brillants**. D'une part, l'industrie américaine vient bien sûr faire son marché en Europe, avec des salaires que ni la Fonction Publique ni le privé ne savent offrir en France. Un jeune chargé de recherches parti aux Etats Unis fait état dans un article de "la Recherche"[1] d'un facteur 5. D'autre part --et c'est un phénomène aussi nouveau que massif-- pour les jeunes trop attachés à la recherche académique pour succomber aux sirènes des grands industriels US, se présentent des positions prestigieuses dans les universités américaines, elles aussi dépouillées de leurs chercheurs par le même mécanisme. A nouveau, à ces situations sont attachés des salaires et des moyens de travail sans équivalent dans le système français. Ce phénomène est particulièrement fort dans la recherche en réseaux, si mal dotée en France.[2]

Un effort à soutenir sur le long terme

Il reste une interrogation majeure quant à la façon de mettre en place l'accroissement massif de moyens auquel nous appelons : **le besoin est-il à long terme ?**

A cette question, deux éléments de réponse.

La croissance de la puissance des ordinateurs va continuer

D'une part, l'évolution technologique des matériels va se poursuivre encore longtemps. La célèbre "loi de Moore", qui constate un doublement de la puissance des ordinateurs tous les dix-huit mois, se vérifie depuis trente ans (un facteur un million). Nous sommes donc

[1] Mai 1999, p.18

[2] Suite aux recommandations du PITAC, l'administration américaine a passé de 65 000 à 115 000 le nombre de visas d'entrée pour des spécialistes de hautes technologies au cours de la campagne 99-2000. Ce nombre a été atteint le 16 mars, au milieu de la période de référence, et va être augmenté à nouveau « à titre exceptionnel ».

encore sur une courbe d'aspect exponentielle croissante, et n'avons pas encore atteint le ralentissement de la croissance qui ne manquera pas de précéder un plafonnement.

En outre, la vitesse d'augmentation des performances des processeurs a, jusqu'à présent, essentiellement dépendu de l'augmentation des fréquences d'horloge et de l'architecture interne de ces processeurs, étouffant toute avancée sérieuse dans le domaine des architectures multiprocesseurs et parallèles, le temps nécessaire au développement d'une architecture vraiment originale suffisant à faire rattraper par les processeurs individuels les gains de performances attendus du parallélisme. Mais quand la loi de Moore cessera de régner sur les fréquences, il y aura encore des années de progrès en performances à attendre de l'évolution des architectures.

En effet, les composants eux-mêmes, les processeurs, et, à fortiori, les systèmes de traitement incluant ces processeurs, sont devenus des objets si complexes qu'ils sont totalement dépendants du logiciel pour leur conception. De sorte que leur architecture, et par voie de conséquence leurs performances, bénéficiera encore longtemps des progrès à attendre du logiciel évoqués ci-dessous.

Le logiciel : une technologie encore très loin de sa maturité

D'autre part, quand bien même le matériel cesserait d'évoluer si rapidement, le logiciel continuerait d'être l'objet de progrès majeurs, que ce soit dans sa conception, sa production, sa validation ou sa maintenance.

Nous avons souligné plus haut la brièveté du cycle de vie de certains produits commerciaux. On pourrait aussi citer l'expansion surprenante du langage JAVA avant qu'il ne soit stabilisé et industriellement validé. Ou encore s'étonner du fait que des quantités de logiciels professionnels, écrits et mis en service jusqu'en 1995, ne "passaient" pas l'an 2000, ou du moins n'en offraient pas la garantie. Ce sont là les signes d'une grande immaturité de la technologie du logiciel. Les perspectives absolument extraordinaires offertes par la possibilité toute nouvelle de numériser et calculer ont été cause que la société s'en est saisie à un rythme effréné, ne permettant pas à la technologie de mûrir avant de se généraliser.

La recherche a montré sa capacité à engendrer des avancées majeures

Ainsi, il y a des décennies de recherche devant nous pour créer les concepts et les outils dont l'industrie a besoin.

On a vu un langage qui voulait être "temps réel", --ADA-- échouer à l'être en pratique par manque de concepts fondamentaux suffisamment avancés à l'époque de sa conception. Il a fallu attendre dix ans de plus (par exemple avec les langages synchrones) pour que de bons concepts soient disponibles, et dix ans encore de recherche fondamentale pour que des techniques de compilation appropriées rendent ces concepts opérationnels.

On a vu le paradigme de la programmation objet bouleverser la façon de concevoir les grands logiciels, etc... Des progrès bien plus grands seront nécessaires avant que la complexité combinatoire du logiciel soit dominée. Les exemples précédents ont montré que la recherche est capable d'engendrer les progrès majeurs dont ont besoin les technologies de l'information et de la communication.

Il n'est pas question ici de restreindre l'analyse, ni le champ d'action de la recherche, au long terme. Mais nous soulignons que l'ensemble

du dispositif, avec ses composantes court, moyen et long terme, va être sollicité pendant de nombreuses années.

Une nouvelle branche des sciences est née, qui ignore les frontières des disciplines établies

En résumé, et cette affirmation est d'une importance décisive pour les organismes de recherche, et les universités : **une nouvelle branche des sciences est née, aux côtés des sciences de la matière et des sciences de la vie : les sciences de l'information.** Elles seront, comme les premières, objet de recherche pour aussi loin qu'on sache dire. L'impact de ce fait majeur traverse toutes les sciences établies. Des proximités nouvelles apparaissent, les sciences humaines et de la vie rencontrent les sciences dites dures sur des terrains nouveaux, le rôle des mathématiques s'en trouve transformé et magnifié par le caractère opérationnel qu'elles acquièrent. Ceci impose de reconsidérer en profondeur l'organisation même de notre recherche.

A nouveau, les pays qui renonceront à mettre en place aujourd'hui le potentiel humain et financier permettant d'organiser cette recherche en profondeur seront distancés dans cette course de fond. On ne crée pas en catastrophe un corps de chercheurs suffisamment expérimentés pour encadrer les jeunes et faire fonctionner l'ensemble du dispositif.

Préparer et accompagner l'entrée de la France dans la société de l'information

L'avance prise par les Etats Unis, et les moyens qu'ils déploient pour la préserver, dans le développement de la "nouvelle économie" exigent un effort sans précédent pour donner aux sciences de l'information une place à la hauteur des enjeux scientifiques et industriels qu'elles sous-tendent.

Mais au-delà du continuum numérique virtuel qui se construit autour de l'Internet, de "nouvelles frontières" apparaissent dans le développement de la société de l'information :

- traitement massif des informations et des données,
- nouveaux usages dans l'éducation, la santé, les loisirs,
- nouvelles organisations pour la production et la commercialisation,

servies par de nouvelles technologies :

- nouveaux dispositifs de transport et de traitement de l'information,
- nouvelles interfaces, terminaux et capteurs.

La société de l'intelligence et de la connaissance doit être en filigrane du développement des STIC dans l'ensemble de ses dimensions artefactuelles, cognitives, économiques et sociales.

Un travail interdisciplinaire doit donc être entrepris dès maintenant et les conditions doivent être recherchées pour sa valorisation dans toutes ses dimensions de recherches scientifiques et de recherches technologiques et applicatives.

Le rapport intérimaire qui suit se propose d'indiquer quelques pistes dans cette direction. Pour souligner la convergence des analyses, il le fait en adoptant pour plan les recommandations du rapport " La recherche et l'innovation dans les technologies de l'information et de la communication" dit "rapport Gilles Kahn" établi par le groupe thématique des travaux du Commissariat Général au Plan sur Recherche et innovation, place et stratégie de la France dans la compétition mon-

diale. Chacune de ces recommandations fera l'objet d'une fiche assortie de recommandations plus détaillées.

Chapitre I.
Repenser les relations entre la recherche publique et les entreprises

Nature et horizon des travaux de recherche

Le développement accéléré des marchés dans le domaine des STIC, la pression croissante sur l'innovation pour répondre aux attentes de ces marchés**, les situations de compétition exacerbée entre tous les acteurs (start-up, PME/PMI ou grands groupes) contribuent à donner au facteur "temps" une importance critique.**

Pour la plus grande partie des acteurs industriels des STIC, les priorités de recherche se situent actuellement sur un horizon de 1 à 3 ans. Cette situation ne signifie pas que des recherches à plus long terme ne sont pas nécessaires ou indispensables, mais, pour l'industrie, les enjeux majeurs - sinon vitaux - sont sur l'horizon indiqué. Il s'agit de concevoir, prototyper, expérimenter de nouveaux produits et services et de faire évoluer des normes. Ces travaux peuvent être conduits pour une part à partir de résultats de recherche existants qu'il faut intégrer, passer à l'échelle, valider ; pour une autre part, ils nécessitent un effort de recherche de base indispensable pour compléter les résultats et les technologies disponibles. Contrairement à l'idée reçue, il ne s'agit donc pas de travaux " de développement" mais d'études présentant des enjeux scientifiques et techniques importants dont les difficultés et risques sont amplifiés par l'importance du facteur temps.

Le modèle linéaire - recherche amont, recherche appliquée, développement industriel - est remis en cause. La seule façon de répondre à l'urgence est de paralléliser les phases traditionnelles. Ce bouleversement est illustré dans les changements d'organisation des laboratoires des grands groupes industriels, soit par la disparition pure et simple de ces organisations -jugées insuffisamment réactives et couplées aux besoins-, soit par une recherche organisée par "Programmes Stratégiques" et non plus par "Discipline". Cette évolution a été faite en 1998 au Laboratoire Central de Recherche de Thomson-CSF et vient d'être décidée par Alcatel pour son Corporate Research Center. En ce qui concerne les PME/PMI, on peut citer les commentaires de Pierre Haren, PDG de la société Ilog, dans un entretien au Bulletin de l'ANRT, qui expriment les mêmes préoccupations.

… les chercheurs des PME n'ont pas exactement les mêmes motivations que ceux des grands centres de recherche publics ou privés. Ils veulent avant tout avoir un impact positif sur le monde et savoir, non pas forcément que leur génie est reconnu, mais surtout que ce qu'ils ont fait fonctionne quelque part dans le monde et rend service.

De toute évidence, ce bouleversement du modèle classique de la R & D représente un défi majeur pour les relations entre la recherche publique et l'industrie dans le domaine des STIC. Si la coopération peut se poursuivre sans changements significatifs des modalités actuelles lorsque l'objectif se situe au-delà de l'horizon indiqué, ces modalités sont mal appropriées à la conduite en commun de travaux de recherche fortement contraints en terme d'objectifs et de calendrier et associant des aspects de recherche de base et des développements expérimentaux.

Il faut passer d'un système de coopération actuellement pour l'essentiel de type "à couplage lâche" à un système "à couplage ser-

ré" à la fois en terme de structures et de thématiques. Cela passe notamment par la création de plus de structures de recherche communes entre secteurs public et privé à des échelles de temps de 5 à 10 ans.

Les exemples de telles actions communes existent, et ont montré l'intérêt et les résultats d'un "couplage" relativement serré et d'une intégration concrète des personnels des deux structures aux seins d'équipes mixtes permanentes. Ces exemples sont trop peu nombreux. Ils doivent être encouragés et multipliés. L'initiative CNRT (centres nationaux de recherche technologique) du ministère de la Recherche pourrait faciliter la mise en place de telles structures.

Le mode de couplage proposé est le seul qui permette d'envisager l'accès aux financements considérables - de type capital-risque - existants. A l'échelle US, les investissements de capital-risque cumulés pour l'année 1999 se sont élevés à 33 milliards de dollars. Les chiffres pour l'Europe sont moindres mais également importants. Il faut insister sur le fait que les capitaux disponibles sont supérieurs à la capacité de dépenses de projets de recherche existants et donc qu'actuellement les décideurs de ces financements sont à la recherche de projets.

En l'absence de structures associant les laboratoires publics et les acteurs industriels et capables d'intéresser les investisseurs, les capitaux de ces investisseurs se dirigeront vers les sociétés d'autres pays, avec pour conséquence d'accentuer la pression auprès des chercheurs français pour rejoindre ces sociétés. La fuite des cerveaux a en partie pour origine le couplage insuffisant entre le secteur industriel et le secteur académique au niveau national. Les progrès sont à faire des deux cotés, mais il est urgent de les initier.

Mobilité des personnels de la recherche

Dans ce monde où recherche amont et développement doivent s'enrichir mutuellement, **il est essentiel de favoriser le déplacement des personnes et les allers et retours entre secteur public et secteur privé ou à l'intérieur du secteur public**.

La loi Allègre sur l'innovation et la recherche a utilement complété le cadre juridique pour encourager ce mouvement, mais il est paradoxal que ce statut de la recherche publique, qui permettait déjà a priori toutes les formes de mobilité - entre différents corps de la fonction publique ; entre la fonction publique et l'industrie - avec un minimum de contraintes pour les intéressés, conduise à une mobilité aussi faible.

Des obstacles administratifs :

Pour la mobilité "public vers privé", il y a plusieurs natures d'obstacles :

- les mécanismes sont complexes et mal connus.
- La mobilité est insuffisamment prise en compte dans les critères d'évaluation.
- Les structures de rémunération de la fonction publique et du privé sont différentes, à la fois en terme instantané sur la répartition brut / net et en terme d'évolutions à moyen et long terme.

Des obstacles culturels :

- L'encouragement à la mobilité est probablement perçu par beaucoup de chercheurs comme une sanction déguisée.
- Les directeurs, responsables de laboratoires, enseignants ayant eux-mêmes une expérience limitée des questions de mobilité sont peu encouragés à la susciter dans leurs équipes.

En particulier, une des modalités du transfert de personnes entre recherche publique et secteur privé, très vivant aux Etats-Unis, est le recrutement important par l'industrie des doctorants formés aux STIC. Il doit être amplifié en France et, de ce point de vue, **un effort de compréhension et d'ouverture est nécessaire du coté des acteurs industriels, particulièrement dans le secteur des sociétés de services informatiques, où trop souvent le niveau de formation supplémentaire acquis par un docteur est mal reconnu et valorisé.**

Pour la mobilité "privé -> public", les règles de la fonction publique la limitent souvent du fait des difficultés de reconnaissance de l'expérience professionnelle acquise. Le développement de cette "mobilité inverse" serait pourtant important pour le secteur des STIC. Les pratiques de recherche académiques et pratiques de la recherche industrielle sont en effet complémentaires et ont tout à gagner à davantage se mêler.

Une des dimensions distinctives des situations comparées des chercheurs et/ou ingénieurs dans la recherche publique et dans l'industrie est l'axe "Individuel / Collectif". Dans la recherche publique, les statuts et les modes d'évaluation favorisent l'individuel. Le modèle industriel est davantage collectif dans le mode d'action, mais aussi dans les critères d'évaluation et de reconnaissance (avec cependant une forte tendance à l'individualisation des évaluations). La R & D expérimentale et/ou finalisée (plate-forme, prototype) sur un horizon moyen-terme nécessite des efforts collectifs. Comment favoriser ce collectif dans la recherche publique ?

La coexistence des deux modèles - individuel / collectif - est un des enjeux du développement des STIC ; de même, l'alternance entre des activités de types recherche exploratoire et recherche finalisée.

La dimension européenne

On peut constater que la recherche publique dans les STIC est faiblement structurée et organisée au niveau européen. Il s'agit pour l'essentiel d'une recherche "multi-nationale", sans structure forte européenne, depuis la suppression des programmes Esprit –BRA (Basic Research Action). Ceci résulte de situations historiques et de l'existence de particularismes nationaux. Les Programmes Cadres de R & D de la Commission européenne ont peu modifié cet état de fait. Les consortiums se font et se défont à l'occasion de chaque projet. Le groupement ERCIM (European Consortium in Informatics and Mathematics), fédération d'organismes nationaux, a été créé pour remplir une mission permanente d'animation de la recherche en STIC à l'échelle européenne. C'est un instrument utile, mais dans sa structure actuelle il n'a ni les missions ni les moyens pour jouer un rôle de coordination fort

Cette situation a été analysée récemment dans le rapport de la Commission européenne intitulé " Vers un espace européen de recherche". Citons un des constats de ce rapport :

L'effort de recherche européen est en réalité aujourd'hui la simple addition des efforts des 15 Etats membres et de ceux de l'Union. La fragmentation des efforts, l'isolement et le cloisonnement des systèmes nationaux de recherche, la disparité des régimes réglementaires et administratifs, ont des conséquences qui aggravent les effets du moindre investissement global dans la connaissance.

Cette situation fortement éclatée est préoccupante et fragilise le dispositif de recherche européen dans son ensemble. Cette fragilité ne peut que favoriser l'implantation européenne d'universités US - voir l'accord signé entre le MIT et l'Université de Cambridge avec un in-

vestissement de l'administration britannique de 120 millions de dollars - et l'attraction des meilleures compétences européennes par ces universités.

Les acteurs industriels nationaux se sont restructurés largement au cours des dernières années par acquisition, fusion, alliances, etc… pour atteindre la dimension européenne, sinon internationale nécessaire à leur survie. Face à cette évolution, encore incomplète, les dispositifs de recherche publique nationaux restent, comme indiqué dans le rapport cité, fragmentés et très faiblement couplés.

Recommandations :

I.a Compléter le dispositif actuel de programmes incitatifs aux coopérations entre industrie et recherche publique (R2IT et PCRD, Eureka) par des mesures d'encouragement à la création de structures mixtes (laboratoires publics – entreprises) plus stables dans la durée, par exemple dans le cadre de CNRT.

I.b Modifier les critères et les pratiques de l'évaluation et de gestion des carrières des personnels de recherche, notamment universitaires, pour valoriser effectivement :

- ⇒ **les coopérations efficaces avec le secteur privé,**
- ⇒ **la mobilité sous toutes ses formes,**
- ⇒ **Le travail collectif.**

I.c Identifier les freins réglementaires, administratifs et culturels à la mobilité entre secteurs public et privé, et les lever, fût-ce au prix de mesures transitoires spécifiques aux STIC ou à un secteur technologique qui les englobe.

I.d Renforcer la coordination des politiques de recherche au niveau européen, afin de faciliter le dialogue avec l'industrie et les organismes de standardisation. Placer les actions qui pourront être décidées pour renforcer la recherche en STIC dans un cadre et une perspective européens, en particulier en ce qui concerne les grandes infrastructures.

Chapitre II.
Mettre en place des priorités sectorielles

Les politiques scientifiques des établissements

Dans le domaine des STIC, parce qu'il est en évolution et en expansion très rapide, il est indispensable, peut-être plus encore que dans d'autres domaines scientifiques, que les différents acteurs du dispositif de recherche public établissent les principaux éléments de leur politique scientifique et leurs priorités thématiques, et affichent publiquement ces choix. **Ces grands acteurs (CEA, CNRS, INRIA, GET, et les principales universités et écoles actives dans le domaine des STIC) doivent se concerter au sujet de leurs politiques scientifiques, et mener ensemble des actions d'animation de la communauté scientifique française dans ce domaine**.

Le comité se félicite des coordinations qui ont été mises en œuvre entre ces acteurs au niveau de leurs laboratoires ; Le fonctionnement actuel nécessite néanmoins d'être amélioré : **il manque une coordination d'ensemble dans l'élaboration de la politique scientifique des organismes et établissements et dans leurs programmes d'action en matière de STIC.**

Une coordination à l'échelle nationale

Cette coordination doit avoir pour but :

- Une explicitation des finalités, missions, fonctionnement, etc …, propres à chacun des types d'établissements,
- Une vision programmatique moyen / long-terme globale rendue cohérente par une concertation entre les acteurs,
- Une prise en compte active et concrète de la dimension européenne.

L'explicitation des finalités et missions a pour objectif de favoriser la constitution d'équipes / laboratoires stables et de taille critique avec la participation très souhaitable de la recherche privée.

Cette coordination devrait être menée dans une perspective offensive de mise en ordre de bataille des acteurs français face aux défis de la société de l'information. **En particulier, elle devrait déboucher sur la création coopérative de nouveaux pôles de compétences et sur l'organisation des interactions transdisciplinaires avec les autres champs scientifiques.**

Elle devrait permettre aux organismes pluridisciplinaires d'améliorer leur compréhension des enjeux dans le domaine et de mieux y réorienter leurs moyens. Ceci devrait se traduire au sein des organismes à la fois par un redéploiement en terme de postes et par une sensibilisation des chercheurs des autres disciplines à l'impact des STIC dans leur domaine et aux opportunités de coopération transdisciplinaire.

Le comité, où sont représentés institutionnellement la plupart des établissements concernés, demandera à ceux-ci de faire le point une fois par an sur l'évolution des réflexions et des actions menées sur ce plan.

Les actions récentes lancées par le gouvernement

Concernant l'action du Ministère de la recherche, les actions concertées incitatives constituent des initiatives utiles, sur des thèmes intéressants. Surtout, les trois réseaux nationaux de recherche et d'innovation technologique lancés dans le domaine des STIC concernent tous les trois des domaines très importants (micro- et nanotechnologies, télécommunications, et technologies logicielles). **Ces**

programmes constituent des initiatives très bienvenues pour amplifier les travaux de recherche et d'innovation menés en France dans ces domaines et renforcer les communautés concernées, dans lesquelles on commence à observer des « effets réseaux » très positifs (comme pour la réflexion collective menée récemment sur « l'Internet du futur »). L'annexe à ce chapitre expose plus en détail l'avis du comité sur les orientations prises.

Il faut cependant prendre garde à deux aspects :

- D'une part, **il est essentiel d'améliorer la réactivité de l'organisation de ces réseaux du point de vue administratif**. Cela est vital dans certains secteurs des STIC où la réactivité technologique est essentielle.
- D'autre part, **ces actions en faveur de la coopération entre les milieux académiques et les milieux industriels pourraient conduire à un appauvrissement de la capacité de recherche à moyen ou long terme, si elles ne s'accompagnent pas d'un renforcement suffisant des moyens des laboratoires publics**.

Définir des thèmes prioritaires et proposer de nouvelles actions nationales

Même si certains thèmes prioritaires se dégagent à l'évidence (c'est le cas des thèmes liés aux technologies des réseaux, où le manque de spécialistes en France est préoccupant), le comité n'a pas été en mesure jusqu'ici d'approfondir suffisamment sa réflexion pour proposer dès aujourd'hui de façon précise des thèmes prioritaires pour la politique nationale de recherche dans le domaine des STIC. Ce sujet est au cœur du programme de travail du comité pour les prochains mois, et fera l'objet d'un rapport complémentaire au deuxième semestre 2000. La définition de thèmes prioritaires, accompagnée éventuellement de propositions d'actions concrètes, nécessitera un travail de réflexion approfondi sur la dynamique scientifique propre du domaine des STIC, et des forces et faiblesses françaises dans ce domaine. Il faudra aussi tenir compte de l'interaction avec les autres domaines scientifiques (notamment les sciences du vivant, les sciences sociales), vers lesquels de nouveaux programmes incitatifs pourraient utilement être lancés, et avec d'autres grands secteurs d'activité de la nation (on pense notamment aux aspects liés à la défense).

Recommandations :

II.a Organiser la coordination entre organismes de recherche et établissements d'enseignement supérieur dans la définition de leur politique scientifique et de leurs programmes d'action dans les STIC.

II.b Protéger les capacités de recherche amont des laboratoires en accompagnant les programmes de recherche coopérative d'un renforcement des moyens des laboratoires, moyens propres ou via des actions incitatives.

La détermination précise des secteurs prioritaires où investir ces moyens est encore en cours et les recommandations associées seront l'objet principal du rapport du second semestre 2000.

Chapitre III.
Faire croître l'implication des organismes publics dans les STIC

Organisation et structuration

La communauté de recherche publique en STIC repose sur une organisation multipolaire, que le comité juge satisfaisante, car elle permet une diversité des points de vue qui lui paraît essentielle pour répondre aux besoins, étant donné l'ampleur du domaine à couvrir et de l'effort à engager.

Le comité a étudié la répartition de l'effort de recherche publique entre organismes de recherche à vocation nationale et établissements d'enseignement à priorité régionale (universités et grandes écoles). Parmi les organismes de recherche à vocation nationale, cet effort se répartit entre un organisme pluridisciplinaire à visée d'amélioration des connaissances (le CNRS), un organisme de recherche finalisé (l'INRIA) et des organismes à finalités plus technologiques (CEA, CNES, ONERA,…). Issu des évolutions récentes du secteur des télécommunications, le GET est un établissement d'enseignement et de recherche spécialisé à vocation nationale. Une réflexion stratégique est en cours d'achèvement en son sein, en dialogue avec les autres organismes, en vue de préciser son positionnement.

Le comité estime cette répartition raisonnable dans la mesure où elle n'implique pas une conception étroite des rôles de chacun des acteurs et n'empêche pas une collaboration rapprochée entre eux (Une description plus détaillée des acteurs en présence est présentée en annexe à ce chapitre).

Le fonctionnement actuel de ces structures nécessite néanmoins d'être amélioré sur plusieurs points.

Le soutien des organismes à la recherche universitaire

Une implication plus forte des organismes nationaux, principalement du CNRS de l'INRIA et du GET, dans les laboratoires universitaires est nécessaire.

L'irrigation du tissu universitaire par ces organismes est essentielle pour donner au plus grand nombre de laboratoires les moyens de mener une politique de recherche et de transfert ambitieuse. Les politiques volontaristes qu'ils ont mises en place doivent être poursuivies et amplifiées, ce qui suppose des moyens supplémentaires.

Concernant le CNRS, dont la politique d'association de laboratoires est ancienne, on constate que son implication dans les laboratoires universitaires à ce titre est en volume moitié moindre dans le domaine des STIC de ce qu'elle est dans les autres domaines**. Cette disparité doit être rapidement résorbée.**

Les formes prises par ces coopérations doivent clairement varier en fonction des configurations locales et du type de projet. La structure du type unité mixte de recherche a l'avantage de donner une meilleure visibilité de l'extérieur à des équipes proches géographiquement. Une structure plus souple et plus évolutive de projets communs à plusieurs laboratoires peut être plus adaptée pour coordonner des activités scientifiques communes réparties sur plusieurs sites.

Dans tous les cas, les organismes doivent travailler pour faciliter l'environnement logistique et la visibilité des actions de recherche,

afin d'éviter que le sentiment d'appartenance à un organisme ne vienne contrecarrer l'unité d'action des projets.

Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire de corriger le déséquilibre induit depuis une dizaine d'années par l'écart considérable de recrutement entre universités et organismes.

*Les organismes en r**etard sur les universités***

Le recrutement important d'enseignants-chercheurs dans les universités, principalement pour les besoins d'enseignements, et la stagnation du nombre de chercheurs dans les organismes ont gravement diminué la capacité des organismes à animer et à entraîner la communauté universitaire dans le domaine des STIC.

Cette correction doit être recherchée à la fois par une augmentation des moyens affectés à la recherche dans le secteur pour répondre aux enjeux (cf. chapitre IV) et par le développement de l'alternance entre universités et organismes pour les enseignants-chercheurs. L'augmentation des effectifs dans les organismes doit se faire de manière planifiée et organisée. Le comité recommande qu'ils présentent des plans d'action coordonnés à cet effet.

Mobilités dans la recherche publique et alternances de fonctions

Les difficultés rencontrées par les enseignants chercheurs dans leurs activités, leurs demandes concernant la réduction des heures de service indiquent que l'exercice simultané des deux métiers est très difficile dans le contexte actuel des STIC. La priorité est donnée à la formation par les enseignants-chercheurs et ceci est essentiel pour maintenir le très bon niveau de qualité de cette formation. Pratiquement, la productivité de l'activité en recherche des enseignants-chercheurs est affectée directement par cette situation. Pour la grande majorité c'est une source de difficultés et de frustrations.

Il paraît donc essentiel dans le cadre d'une augmentation globale des ressources en STIC d'en consacrer une part importante à favoriser l'alternance sur des durées de l'ordre de 3 à 5 ans entre les fonctions d'enseignant chercheur et les fonctions de chercheur dans les organismes, dans l'industrie ou à l'étranger.

L'alternance (années sabbatiques, détachements) ne peut être qu'une excellente chose. Elle ne peut pas résoudre seule le problème du manque de personnel sous peine de perturber gravement l'activité de formation qui est à la source de tout le dispositif. Sa mise en place doit s'accompagner de nouveaux postes de manière à préserver le nombre d'enseignants effectifs.

Il faut donc mieux organiser et définir les conditions d'activité en alternance des deux métiers de chercheur et d'enseignant chercheur : dans les universités, en effectuant une réelle gestion prévisionnelle de ces alternances du point de vue des effectifs d'enseignement ; dans les organismes, par une augmentation du nombre de postes d'accueil et par une meilleure compensation aux universités de ces mises à disposition.

Animation des communautés de recherche

La coordination des laboratoires sur le terrain est nécessaire et fonctionne de manière satisfaisante dans beaucoup de cas, mais doit être encore améliorée par une action d'animation plus structurée. La coordination à caractère stratégique des organismes devrait donc être complétée par des actions d'animation des communautés de recherche..

Ceci pourrait passer notamment par un soutien aux sociétés savantes, dont le faible développement en France sera à terme préjudiciable dans un monde où les réseaux se substituent de plus en plus aux organisations hiérarchisées.

Pour éviter des dérives vers la constitution de chapelles trop restreintes et pour éviter des doublons avec l'animation disciplinaire des organismes, l'accent pourrait être mis sur l'animation des réseaux de recherche et d'innovation technologique, des programmes européens ou d'autres actions à caractère pluridisciplinaire.

Recommandations :

III.a Augmenter l'implication des grands organismes de recherche du secteur, notamment le CNRS, l'INRIA et le GET, dans la recherche et l'enseignement universitaires.

III.b Augmenter le nombre de postes d'accueil dans ces organismes, en accompagnant cette mesure d'une meilleure compensation aux établissements d'enseignement dans le cas d'accueil d'universitaires.

III.c Demander à ces organismes de coordonner des plans de croissance de leurs moyens dans les STIC à hauteur des besoins identifiés.

III.d Demander aux autres organismes de recherche et aux établissements d'enseignement supérieur de définir leur stratégie de déploiement des STIC dans leur recherche et dans leur fonctionnement.

III.e Rétablir le financement de structures d'animation des communautés de recherche au niveau national et au niveau européen permettant de faciliter les échanges autour des programmes d'action prioritaires. Le financement des actions d'animation des réseaux de recherche et d'innovation serait, dans le contexte actuel, une action immédiate aisée à mettre en œuvre.

Chapitre IV.
Se doter des ressources publiques nécessaires

Un accroissement de la part des STIC dans le BCRD est nécessaire

Il ressort de tout ce qui précède que le niveau actuel de l'effort public de recherche est massivement inférieur au nécessaire. Une appréciation soigneuse et prudente conduit à recommander **un redéploiement des moyens publics vers les STIC conduisant à un doublement de leur part dans les 5 ans,** passant ainsi d'approximativement 7,5% de l'effort public à 15%. Pour situer ce chiffre de 15 %, il faut noter qu'il est de l'ordre de grandeur de la part du secteur spatial (17% du BCRD) et très loin de la part des sciences de la vie (24%) ou de celle du programme Société de l'Information dans le 5ème PCRD (25%).

Cet accroissement doit être modulé

Cet accroissement ne peut ni ne doit être homothétique sur toutes les ressources et modalités. Il faut d'abord distinguer l'effort en direction des organismes du domaine des STIC ou des départements STIC des organismes pluridisciplinaires, et les secteurs utilisateurs.

Concernant les organismes et les départements directement consacrés aux STIC, l'urgence n'est plus à augmenter les programmes incitatifs. Comme on l'a vu, les laboratoires dans leur configuration actuelle ne peuvent guère répondre au-delà de leur implication actuelle à de nouveaux appels d'offre du type réseaux coopératifs. Et un accroissement de cette part de leur activité menacerait directement la recherche à plus long terme qui constitue le socle des percées technologiques futures. Il faut donc passer maintenant à une phase de reconstitution de leurs moyens propres, à des titres divers suivant les domaines, et de façon modulée d'un type de ressource à l'autre.

Notons à ce propos que préparer cette phase et assurer une transition après le passage du CNET dans le secteur concurrentiel était un des objectifs explicites assignés au RNRT par le rapport qui en a proposé la création.

L'examen des domaines prioritaires est le programme que le comité s'est fixé pour le premier semestre 2000. Mais on peut d'ores et déjà faire l'analyse des types de ressources.

- La ressource la plus critique est celle des personnes. Il ne suffit pas d'insuffler de l'argent non convertible en permanents. Au CNRS et à l'INRIA, par exemple, **doubler le nombre de postes mis au concours** ne fera que ramener la "pression" au recrutement au niveau moyen des autres concours du CNRS. Un effort analogue doit être fait dans l'ensemble des organismes, écoles et universités.
- **Il faut augmenter le support administratif et technique plus vite que le nombre de scientifiques** : on a oublié, dans les années passées, qu'un chercheur doit être entouré des compétences techniques et administratives nécessaires pour être efficace. La situation d'extrême pénurie actuelle est un frein majeur à la productivité des scientifiques. L'absence d'ingénieurs est un obstacle au développement de logiciels expérimentaux et d'autres expériences. **L'objectif est d'atteindre, par redéploie-**

ment de postes, le même taux de support que dans les autres disciplines.

- **Les moyens de fonctionnement** font aussi partie de l'environnement nécessaire. L'indigence des laboratoires (principalement universitaires et CNRS) en moyens de fonctionnement est un obstacle à une production scientifique autre qu'à court terme. L'augmentation de ces moyens ne revêt pas la même urgence dans tous les contextes et doit être conduite très énergiquement là où la situation l'exige.
- Par contre, **il faut inciter les organismes et départements non spécialisés dans les STIC à accroître leur effort d'appropriation et de ces technologies et de spécification de besoins propres** les concernant. C'est dans cette optique que de nouvelles actions incitatives pourraient être lancées.

Cet accroissement nécessite d'attirer et de retenir certaines catégories de personnels

Une des difficultés centrales pour mettre en œuvre une augmentation significative des moyens de la recherche publique est un défaut d'attractivité des carrières offertes du bas en haut de l'échelle. Ignorer cette difficulté conduirait à stériliser en partie l'effort par ailleurs nécessaire.

Au-delà d'un système de bourses raisonnable, les perspectives de carrière offertes aux doctorants doivent être attrayantes. Il faut combattre vigoureusement la campagne médiatique de désinformation sur le thème « la thèse mène au chômage », thème qui est une contrevérité flagrante dans le domaine des STIC.

Il faut se donner les moyens de retenir les ingénieurs dans les laboratoires. Une première mesure devrait être l'extension de la prime de fonctions informatiques à tous les ingénieurs de spécialité informatique.

Il faut trouver les moyens de libérer une plus grande part du temps des enseignants chercheurs pour de la recherche, que ce soit en diminuant la charge d'enseignement (incorporation de tâches lourdes dans le « service ») ou en généralisant les solutions d'alternance avec des postes de recherche (détachements, années sabbatiques, etc…). Quelle que soit la méthode, cela exige un plus grand nombre d'enseignants pour la même population étudiante.

Compléter ce dispositif par la mise en place de plates-formes expérimentales à disposition de la recherche publique et privée

Le problème de l'équipement des laboratoires peut être pris en compte par le processus général préconisé. Par contre, il faut des procédures adéquates, type TGE ou plate-forme coopérative avec les entreprises, pour certains équipements collectifs, au premier rang desquels des plates-formes d'expérimentation des nouveaux réseaux, et d'expérimentation des technologies et des usages.

Gagner en efficacité dans l'utilisation des ressources.

Dans la fonction publique, les méthodes de gestion actuelles, héritées d'une longue histoire, ne sont plus adaptées à la réactivité qu'exige la discipline ni au taux de croissance nécessaire.

On doit trouver des solutions alternatives au modèle où tous les personnels permanents sont des fonctionnaires, multiplier les positions de 1 à 5 ans de différents types, faciliter le recours à de la sous-traitance pour les fonctions qui s'y prêtent. Les obstacles psychologiques ne doivent pas être ignorés, mais abordés avec détermination. Les obstacles réglementaires doivent être levés par voie réglementaire.

Adapter le cadre réglementaire à la recherche en STIC

A textes à peu près constants, on constate que la lourdeur des contraintes et les délais administratifs vont croissants. (Ceci au point que les petits laboratoires ne pourront plus s'engager dans les procédures d'appel à propositions de type R2IT ou PCRD, où ils vont avoir perdu trop de temps et d'argent). Ceci démontre qu'il y a une part d'interprétation, et que cette lourdeur pourrait décroître dès avant que les textes ne soient modernisés. Il appartient au pouvoir politique de l'obtenir.

Ceci ne suffira pas. Il faut innover aussi au plan administratif. Il est inconcevable qu'à une époque, et dans un secteur d'activité, où toutes les procédures sont soumises à renouvellement, où le Gouvernement ne cesse d'appeler l'industrie à l'innovation en toutes choses, l'administration, seule, reste immuable sur un modèle hérité du 19ème siècle et sans cesse rigidifié depuis. Dans un domaine où l'industrie a besoin d'une collaboration efficace avec le secteur public, cet immobilisme a la capacité d'empêcher la France d'entrer en compétition avec des nations modernes.

Mettre fin à une interprétation restrictive des textes

A court terme, il est possible pour l'administration de lever un certain nombre de contraintes, non toujours justifiées réglementairement, qui minent l'efficacité des mesures favorables à la recherche et au transfert technologique : l'impossibilité d'utiliser le FRT (Fonds de la Recherche Technologique) pour financer des CDD, les contraintes bureaucratiques excessives dans la soumission et le suivi des projets européens, les délais de mise en place administrative des projets sur financement incitatif, les méfiances de certaines universités concernant les rapports avec les entreprises dans le cadre de la loi Allègre sur l'innovation et la recherche, les contrôles inutiles de plus en plus tatillons sur le remboursement des frais de mission.

Recommandations :

IV.a Réaliser une rupture dans la dynamique de la recherche en STIC en France par le doublement en cinq ans de leur part dans l'effort de recherche national (passer de 7,5 à 15% du BCRD, soit un redéploiement d'environ 1 milliard de francs par an pendant 5 ans) afin de :

- ⇒ renforcer les moyens propres des laboratoires du domaine des STIC par un rattrapage immédiat du déficit en ITA et IATOS, un doublement du nombre de postes mis au concours, une remise à niveau des moyens de fonctionnement.
- ⇒ donner ainsi un nouvel essor à la recherche fondamentale actuellement menacée,
- ⇒ continuer les efforts en financement de la recherche coopérative et du transfert, et cibler des actions incitatives vers les organismes et départements utilisateurs potentiels.

IV.b Attirer et retenir des personnels de recherche et de support technique de qualité :

- ⇒ revaloriser l'image de la thèse auprès du public et des étudiants,
- ⇒ revaloriser les salaires des ingénieurs et techniciens informaticiens des laboratoires en reconnaissant leur qualification au travers de la prime de fonctions informatiques,
- ⇒ libérer sur la durée une plus grande part du temps des enseignants-chercheurs, par exemple en aménageant une alternance avec les organismes compensée par des postes d'enseignants chercheurs.

IV.c Renforcer les programmes coopératifs par la mise en place de plates-formes expérimentales à disposition de la recherche publique et privée.

IV.d Mettre en place un dispositif incitatif fiscal fort favorisant la participation des entreprises au financement des laboratoires publics.

IV.e Gagner en efficacité dans l'utilisation des ressources :

- ⇒ faciliter le recours à la sous-traitance pour les tâches techniques et administratives
- ⇒ rendre plus efficace le fonctionnement des programmes incitatifs

Chapitre V.
Améliorer la formation

En tant que science, l'Information se doit d'avoir un enseignement approprié : pour qu'une science appartienne entièrement à la culture d'une société, son enseignement doit se faire pour le plus grand nombre. D'autre part, on a vu que les besoins en spécialistes de ce domaine sont énormes. L'organisation de leur formation est donc critique pour le développement de l'industrie, de l'économie et de la société.

Généraliser l'enseignement des sciences de l'information :

Une véritable formation aux Sciences de l'Information et de la Communication doit toucher tous les publics et commencer plus tôt qu'actuellement dans l'ensemble des filières d'enseignement. **Il importe donc d'établir un cursus pour l'informatique dans l'enseignement secondaire**, au même titre qu'un cursus a été établi dans les années 70 pour la biologie. De façon concomitante, le cursus actuel de mathématiques et, dans une moindre mesure, celui de physique et certains enseignements professionnels, devront évoluer.

S'agissant d'une discipline devenue aussi fondamentale que la physique, l'enseignement de base en informatique ne saurait exister sans un corps d'enseignants dans les collèges, les lycées et les classes préparatoires.

En effet, il ne s'agit plus d'enseigner l'utilisation des moyens informatiques. Pour les outils fondamentaux (traitement de texte, courrier électronique, Web,... ce que les Américains appellent la "computer literacy") cela se fera en primaire, et pour les outils plus évolués (langage de programmation de base, tableurs,...), cela doit être une illustration d'un cours d'informatique et non son objet. Dans ces conditions, le recours au volontariat de professeurs ayant fait l'effort de se former après leurs études n'est plus suffisant.

Il faut noter le cas préoccupant des classes préparatoires aux grandes écoles scientifiques : actuellement seulement un tiers des élèves suivent une option d'informatique en section MT, et rien n'est prévu en section PC.

C'est pourquoi il convient de **viser la création d'un corps spécialisé d'enseignants, c'est à dire d'un CAPES et d'une agrégation d'informatique**. Il a été proposé ailleurs de créer de tels concours en "mathématiques et informatique". Ceci serait un premier pas dans la bonne direction. Cela a été vu comme un moyen d'installer progressivement les programmes. Mais envisagerait-on, par exemple, de remplacer l'agrégation de physique chimie par une agrégation de mathématiques et sciences physiques ? (Il s'agit dans les deux cas d'associations de disciplines partageant des démarches et des outils.) Le temps presse. La France a déjà pris beaucoup de retard. Il faut étudier dès à présent les conditions du passage à une situation plus conforme aux besoins de la société.

D'une manière générale, l'absence d'un véritable enseignement de base des STIC risque fort de devenir un problème de société, qui existe peut être déjà : celui d'une nouvelle fracture sociale entre ceux qui ont la possibilité d'acquérir - pour l'instant hors des circuits établis – une culture STIC, et ceux qui ne l'ont pas (ce que les Américains appellent le "digital divide "). **Seul un enseignement de qualité dès le pri-**

maire et le secondaire peut lutter efficacement contre cette nouvelle discrimination sociale.

Dans l'enseignement supérieur, une prise en compte actualisée des STIC est nécessaire dans la formation de tous les étudiants, et plus particulièrement dans les filières de sciences dites " dures ".

La situation est un peu meilleure, mais non satisfaisante, dans les DEUG en sciences. Ce problème, qui prive nos futurs scientifiques d'une connaissance de base des STIC, est d'autant plus aigu qu'il n'existe pas actuellement de cursus dans l'enseignement secondaire.

Former suffisamment de spécialistes :

Les études récentes font état d'une croissance rapide des besoins en spécialistes particulièrement sensible pour le niveau Bac + 4-5. Les estimations s'établissent en effet à 8-9 % par an sur 2001 -2005 sur un effectif actuel de 400 000 emplois. Cette demande s'avère persistante puisqu'elle se maintiendrait à 6-7 % sur 2005-2010, totalisant 245 000 nouveaux emplois Bac + 4-5 (dont 137 000 ingénieurs) sur cette période de 10 ans. Prenant en compte, le déficit actuel, les départs à la retraite et une exportation importante des compétences dans ce domaine très concurrentiel, **le flux annuel à ce niveau de formation devrait atteindre 18000 à 22 000**.

Face à cette demande, **le dispositif actuel d'enseignement supérieur semble être à même de former de 10 000 à 12 000 étudiants** dans le domaine (de l'ordre de 5000 ingénieurs et 5000 DEA/ DESS).

Un autre sujet de préoccupation **est l'évolution accélérée des métiers et des profils requis**. Métiers d'intégration, d'architecture, d'intermédiation et profils plus relationnels et managériaux accompagnant le transfert du rôle moteur dans l'économie des TIC, des technologies vers les services et les usages. Ces métiers seront exercés dans l'environnement de plus petites entreprises et laisseront une place importante à l'entrepreneuriat. Il s'agit donc d'une évolution qualitative marquée qui se conjugue et vient aggraver la demande quantitative. Elle demande une évolution en profondeur des cursus, la disponibilité d'un corps enseignant à large spectre de compétences et d'expérience dans un contexte externe très concurrentiel.

De nouvelles formations initiales sont en cours d'élaboration, la formation continue joue un rôle de plus en plus important, les entreprises elles-mêmes prennent des contre-mesures de formation interne, mais le déficit constaté risque de s'élargir gravement étant donnée la dynamique nécessairement lente d'une telle correction, si des mesures vigoureuses ne sont pas prises dès maintenant.

Recommandations :

V.a Établir des cursus d'informatique pour l'enseignement secondaire ; organiser des enseignements bien identifiés des STIC dans toutes les filières de l'enseignement supérieur

V.b Créer un CAPES et une agrégation d'informatique

V.c Augmenter les effectifs d'étudiants dans les filières spécialisées de niveau bac+5/ingénieur

V.d Susciter un élargissement multidisciplinaire de certains cursus pour englober les aspects de services et d'usage des TIC