



Siège : Domaine de Voluceau - Rocquencourt - BP 105 - 78153 Le Chesnay Cedex

Unités de recherche INRIA

Lorraine	Loria - Technopôle de Nancy-Brabois- Campus scientifique 615 rue du Jardin Botanique - BP 101 - 54602 Villers lès Nancy Cedex
Rennes	Irisa - Campus universitaire de Beaulieu - 35042 Rennes Cedex
Rhône-Alpes	ZIRST - 655 avenue de l'Europe - 38330 Montbonnot Saint Martin
Rocquencourt	Domaine de Voluceau - Rocquencourt - BP 105 - 78153 Le Chesnay Cedex
Sophia Antipolis	2004 route des Lucioles - BP 93 - 06902 Sophia Antipolis Cedex

Édité et imprimé par l'Institut national de recherche en informatique et en automatique

Plan stratégique

1999-2003

*Un institut de recherche
au cœur de la société de l'information*

Juillet 1999

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE
EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE



Plan stratégique 1999-2003

Juillet 1999

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE
EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE

Le Plan stratégique est disponible sous format électronique sur le site web de l’INRIA :
www.inria.fr/Strategie

Sommaire

1. La recherche, fondement de la société de l’information	9
2. L’INRIA aujourd’hui	19
3. La politique scientifique de l’INRIA	27
4. Une stratégie ambitieuse	41
5. L’organisation et les moyens de l’INRIA	67

Le texte du Plan stratégique court sur les pages de droite de ce document, les pages de gauche étant réservées à des encadrés présentant des illustrations ou des compléments, parfois importants.

Une table des matières détaillée peut être consultée à la fin de ce document.

Les grands défis scientifiques de l'INRIA

- **Maîtriser l'infrastructure numérique en sachant programmer, calculer et communiquer sur Internet et sur des réseaux hétérogènes.**
- **Concevoir les nouvelles applications exploitant le Web et les bases de données multimédia.**
- **Pouvoir produire des logiciels sûrs.**
- **Concevoir et maîtriser l'automatique des systèmes complexes.**
- **Combiner simulation et réalité virtuelle.**

Dans tout ce document, l'expression **Sciences et technologies de l'information et de la communication** (STIC) désigne un ensemble cohérent de sciences et de techniques dont la « production » s'incarne notamment dans des *logiciels*. Ce domaine, qui recouvre le spectre des activités de recherche de l'INRIA, inclut non seulement l'informatique, mais aussi les télécommunications et le multimédia, la robotique, l'automatique, le traitement du signal et le calcul scientifique*. On reviendra plus loin sur les synergies très nombreuses entre ces disciplines, et sur les liens très étroits qui unissent dans ce secteur science et technologie.

* La technologie des composants électroniques, essentiels au développement des STIC, est hors du champ considéré dans ce document.

Les objectifs stratégiques de l'INRIA

- **Contribuer au meilleur niveau mondial à la résolution des grands défis scientifiques** du domaine des STIC, favoriser la pluridisciplinarité et les synergies entre disciplines, veiller à l'exigence et à l'indépendance du processus d'évaluation de la recherche.
- **Obtenir des succès de renom international en matière de transfert technologique**, que ce soit par la valorisation des résultats de recherche en milieu industriel, par la création de sociétés de technologie ou par la diffusion de logiciels.
- Mobiliser plus particulièrement ses efforts sur quelques grands domaines d'application, avec une priorité sur les **télécommunications** et le **multimédia**, la **santé** et la **biologie**.



- **Renforcer la coordination avec les autres acteurs du dispositif de recherche national** dans le domaine des STIC, amplifier ses partenariats sous formes d'équipes communes avec les universités, écoles et organismes, autour de chaque unité de recherche et en menant une nouvelle politique d'élargissement géographique.
- Contribuer à l'accroissement de l'effort national de **formation par la recherche** dans le domaine des STIC, en liaison avec les écoles doctorales partenaires.
- Amplifier ses efforts en matière de **diffusion de l'information scientifique et technique** vers des publics variés.
- Accroître son rayonnement international et contribuer à **renforcer la communauté scientifique européenne** dans le domaine des STIC.



- **Amplifier sa politique d'accueil**, et renforcer sa capacité à attirer des scientifiques du meilleur niveau mondial.
- Mettre en place une **politique de ressources humaines plus dynamique**, notamment dans les domaines de la formation et de la mobilité des personnels.
- Améliorer son fonctionnement interne et développer dans tous les services de support à la recherche **une culture de professionnalisme et d'efficacité**.

Synthèse

La **révolution technologique** liée au déploiement d'Internet, support de la convergence entre l'informatique, les télécommunications et l'audiovisuel, est directement responsable d'une part importante de la croissance actuelle des pays occidentaux. Fortement créatrice d'emplois, elle aura dans les prochaines décennies un **impact économique considérable**, et des **impacts sociaux et culturels** très profonds. Bien au-delà des secteurs classiques de l'informatique industrielle ou de l'ingénierie, au-delà des secteurs déjà cités des **télécommunications** et de l'**audiovisuel**, elle a un effet majeur dans les domaines de la **santé**, des **transports**, du **commerce**, de l'**environnement**, de l'**éducation**, etc. Dans certains de ces domaines, la France et l'Europe accusent un retard important par rapport à l'Amérique du Nord ; dans d'autres, elles disposent d'atouts solides et rien n'est encore joué.

La recherche financée sur des fonds publics est le fondement de cette révolution. Dans le domaine des STIC, le mouvement de transfert de la recherche académique vers l'innovation technologique ne fait que s'intensifier et s'accélérer : des recherches, parfois les plus fondamentales, se traduisent en potentialités technologiques nouvelles et contribuent avec une vitesse étonnante à ouvrir de nouveaux marchés. Tirées par ces applications à un rythme inconnu dans d'autres secteurs, mais aussi par une très forte dynamique scientifique, l'informatique et les mathématiques appliquées sont des domaines de recherche en pleine vitalité. La synergie entre ces deux domaines est indispensable pour s'attaquer aux problèmes de modélisation ou de conception complexes, et les interactions avec toutes les autres sciences ne cessent de se renforcer : **l'informatique et la modélisation seront au cœur de la science des prochaines décennies.**

Support essentiel du premier secteur économique des prochaines décennies, jouant un rôle clé dans la compétitivité de toutes les entreprises industrielles, le domaine des STIC est aussi celui qui, avec les sciences du vivant, a le plus fort impact social ; il est enfin **le domaine de recherche le plus créateur d'emplois**. Pour toutes ces raisons, la recherche dans ce domaine est devenue un secteur d'activité **absolument stratégique et extrêmement compétitif**. Il est impératif que ce domaine, identifié par le Comité interministériel de la recherche scientifique et technique de juin 1999 comme l'une des priorités de la politique de recherche nationale, bénéficie d'un **redéploiement** à son profit de moyens humains et budgétaires, au sein des universités et des écoles comme au sein des organismes de recherche.

Dans cette compétition internationale, **l'INRIA est l'un des principaux atouts français**. Au cours des prochaines années, il devra :

- réaffirmer son double objectif stratégique, **excellence scientifique et transfert technologique**, tout en accordant une très grande attention à ses actions en matière de formation par la recherche, de diffusion de l'information scientifique et technique, et de participation à des programmes internationaux ;
- amplifier sa politique de **partenariat avec les universités, les écoles et les autres organismes de recherche**, pour favoriser la réussite de l'ensemble du dispositif de recherche national dans le domaine stratégique des STIC et l'établissement des relations avec les autres domaines scientifiques.

Pour participer au meilleur niveau à la compétition internationale et atteindre les objectifs ambitieux qu'il se donne, il est vital et urgent que l'INRIA puisse inscrire son action dans une perspective de **croissance de ses effectifs et de ses moyens**. Le **plan de développement pluriannuel** que l'institut a présenté depuis deux ans au gouvernement prévoit une croissance au rythme annuel de 6 %*. Sa mise en œuvre ne peut plus être différée, et l'INRIA souhaite qu'elle soit inscrite dans son prochain contrat quadriennal.

* Ce qui revient à redéployer au profit de l'INRIA dans les quatre prochaines années 197 postes, soit 6 % des postes qui seront libérés au sein des EPST par des départs à la retraite durant cette période.

1. La recherche, fondement de la société de l'information

1.1 Un nouvel essor technologique et économique

Les sciences et technologies de l'information et de la communication transforment profondément nos sociétés.

Elles ont pénétré de manière massive tous les domaines de l'ingénierie ou de la production, des secteurs les plus traditionnels jusqu'aux industries de pointe. Modifiant les processus de conception et de fabrication, elles bousculent tous les métiers et ouvrent de nouveaux marchés avec une rapidité inconnue jusqu'à présent. **Visible ou invisible, l'ordinateur est partout** : environ la moitié de la valeur d'un avion civil est faite d'électronique et de logiciels, et certaines voitures de série actuelles contiennent plus d'informatique que le module lunaire utilisé par Neil Armstrong il y a 30 ans ! Le déploiement d'**Internet**, la pénétration des ordinateurs personnels, la combinaison de la micro-informatique et des télécommunications ont un impact sur l'organisation des rapports commerciaux entre entreprises, ou entre les entreprises et leurs clients, ainsi que sur les relations entre les personnes. La mise au point de nouvelles technologies et de nouveaux produits s'accompagne du développement de toute une économie de nouveaux services aux entreprises et au grand public. On voit apparaître de nouvelles formes de travail et de production de biens, de commerce et d'échange, d'enseignement, d'accès à la culture et au savoir, de jeux... Toutes ces transformations techniques, économiques et sociales s'opèrent à une vitesse extraordinaire, ouvrant **un formidable potentiel de croissance et de création d'entreprises et d'emplois**¹.

Cet essor économique et ces transformations sociales n'en sont qu'à leur début. Fondée sur des innovations technologiques qui continuent de s'accélérer, surtout dans le domaine des logiciels, la société de l'information connaîtra durant les prochaines décennies une évolution très rapide. Les STIC suscitent en effet une demande économique et sociale extrêmement forte : le marché mondial de ces technologies croît de plus de 10 % par an, le nombre de ménages reliés à des réseaux électroniques double environ tous les deux ans en Europe de l'Ouest, le phénomène Internet fait exploser la demande de produits et de services de télécommunications, la convergence entre informatique, télécommunications et audiovisuel continue de s'amplifier². Par leur caractère diffusant, les technologies utilisant l'informatique et la modélisation ouvrent des perspectives d'innovation considérables dans presque tous les secteurs de l'activité humaine : ingénierie, éducation, médecine, environnement, transports, commerce et distribution, finance, défense, etc.

Déjà très visible dans les sociétés développées, l'impact des STIC concerne toute la communauté humaine. Plus que les précédentes révolutions industrielles, cette « révolution de l'information » peut constituer une chance pour les pays moins développés en offrant de nouvelles possibilités d'accès à la formation et à la connaissance. Au-delà des enjeux scientifiques, technologiques et économiques qui font déjà l'objet d'une compétition exacerbée, **les enjeux éducatifs, culturels et sociaux sont considérables** pour tous les pays, et pour la planète dans son ensemble.

¹ Voir par exemple le rapport d'avril 1998 du département du commerce américain, «The emerging digital economy», disponible à <http://www.ecommerce.gov/emerging.htm>.

² Voir les récents travaux de l'OCDE sur le site www.oecd.org.

L'innovation technologique continue de s'accélérer. On peut parler d'un véritable tourbillon technologique, avec ce que cette image implique en termes d'accélération et d'agitation. Dans le domaine des STIC, une partie des rêves les plus fous inspirés il y a trente ou quarante ans par la perspective de l'an 2000 se réalisent aujourd'hui ou se réaliseront demain. Des programmes de recherche actuels ont déjà pour objectif de donner accès, de partout (en voiture, au bureau ou chez ses amis), sans fil et sans clavier (par commande vocale), à des services de communication multi-

supports et multimédia permettant de consulter un océan d'informations accessibles à travers une interface personnalisée ou de participer à une vidéoconférence improvisée avec des collègues répartis sur les cinq continents. Ailleurs, on envisage les révolutions que pourrait apporter la possibilité d'embarquer des logiciels dans presque tous les objets de la vie quotidienne, et jusque dans les vêtements que nous portons. Ailleurs encore, on met au point et on expérimente déjà en milieu clinique les premiers équipements de téléchirurgie « minimalement invasive ».

Donnant accès à de multiples sources d'information nationales et internationales, permettant un nouveau type de communication, de nature collaborative et interactive, Internet a d'ores et déjà un impact très fort sur l'ensemble des activités

éducatives. Il en est de même dans le domaine culturel, où la numérisation de l'information est désormais systématique, et où les nouveaux réseaux de télécommunications bouleversent les possibilités d'accès au patrimoine.

La recherche scientifique joue un rôle clé pour l'innovation technologique dans le domaine des STIC. La commutation de paquets, à l'origine de l'Internet que nous connaissons aujourd'hui, a été proposée vers la fin des années 60 par des universitaires visionnaires, et soutenue pendant une vingtaine d'années par les pouvoirs publics américains avant de connaître l'explosion actuelle. La technologie du Web mise au point au début des années 90 au CERN* repose très largement sur un assemblage de protocoles et de logiciels développés au cours des deux décennies précédentes au sein de la communauté académique. Le succès remarquable de ST-Microelectronics (ex SGS-Thomson) est fondé sur des acquis scientifiques

profonds, en particulier du LETI, soutenus ensuite massivement par des programmes européens et nationaux. La société RSA, dont le nom rappelle celui de trois universitaires (Rivest, Shamir, Adleman, tous trois en pleine activité aujourd'hui), a fondé son succès et un quasi-monopole en matière de systèmes cryptographiques à clés publiques sur des résultats théoriques concernant la difficulté de factoriser de très grands nombres entiers. Une majorité des entreprises qui dominent actuellement le marché américain de l'informatique ou des télécommunications sont nées dans les dernières décennies au voisinage immédiat des grands centres de recherche académiques.

Le processus de transfert des résultats de la recherche publique dans le domaine des STIC prend des formes très variées: à côté des collaborations des centres de recherche avec des entreprises, ou du mouvement de **création de sociétés de technologie** dont le dynamisme est exceptionnel dans ce secteur, il faut souligner le phénomène des « **logiciels libres** », qui recouvre lui même une grande diversité de situations. La diffusion gratuite de ces logiciels, modifiables et rediffusables avec leur code source et toutes les informations nécessaires à leur maintenance, leur évolution et leur adaptation, a fondé une nouvelle méthode « collective » de conception et de mise au point d'un programme. La communauté académique internationale a produit

depuis quelques années sur Internet (et souvent pour Internet), dans des conditions de fiabilité étonnantes, des systèmes intéressant une très vaste communauté, qui se sont répandus à grande vitesse et sont souvent devenus des standards de fait. Ces logiciels ne restent pas limités à un usage par la communauté académique: certains sont aussi utilisés dans l'industrie, d'autres ont donné lieu a posteriori à la création de sociétés commerciales. C'est notamment grâce à ce phénomène du développement de logiciels libres que la communauté académique a jusqu'ici gardé un rôle significatif dans les instances de standardisation, où les batailles entre industriels font parfois rage.

1.2 Le rôle de la recherche publique

Dans le secteur des STIC, la plupart des succès technologiques de ces dernières années résultent d'une heureuse combinaison entre la recherche fondamentale, le talent pour construire des prototypes convaincants, l'esprit d'entreprise et le soutien massif des pouvoirs publics. Parce qu'elles touchent à des enjeux stratégiques pour les sociétés développées (communication, protection de l'information, commerce, compétitivité industrielle) et parce qu'elles trouvent des applications essentielles dans des domaines non marchands, comme celui de la santé, les recherches scientifiques sont dans ce secteur très largement financées sur des fonds publics. De très nombreux exemples l'attestent : **l'activité de recherche publique et le dynamisme du transfert recherche-industrie jouent un rôle essentiel dans l'essor des STIC**, et ils resteront dans les prochaines décennies le moteur de ce processus de forte innovation.

Dans ce secteur plus que dans beaucoup d'autres, **le «cercle vertueux» liant recherche de base et applications joue à plein**. Les recherches menées dans les laboratoires, et dans certains cas les plus fondamentales, sont utilisées pour développer de nouveaux produits **selon un rythme extraordinairement accéléré** tandis que les perspectives et les marchés ouverts par les nouvelles technologies renouvellent, très souvent en profondeur, les problématiques de recherche. Cette interaction entre la recherche et l'innovation technologique ne concerne pas seulement les laboratoires industriels, mais sollicite de plus en plus les laboratoires publics, qui collaborent avec les grands groupes, souvent sans distinction de nationalité, ainsi qu'avec des petites et moyennes entreprises: selon une étude de la NSF, près de 70 % des articles scientifiques cités en première page des brevets déposés par des entreprises américaines sont issus de la recherche publique réalisée dans les universités ou les laboratoires fédéraux³.

Très clairement, ces tendances – diffusion considérable des STIC, importante innovation technologique prenant très largement sa source au sein de la recherche publique, fort appui industriel sur le dispositif de recherche publique – sont durables. **La demande d'innovation et de recherche va rester considérable**, provenant de secteurs «classiques » comme les télécommunications, le système bancaire, la défense, l'ingénierie, les systèmes de transport ou le commerce, mais aussi de bien d'autres secteurs, marchands ou non, dont on ne peut plus imaginer le fonctionnement et le développement sans les innovations liées aux STIC. Car de nombreuses avancées ou exploits techniques supposent aujourd'hui un recours massif à des outils de conception, de modélisation, de simulation et de contrôle de plus en plus sophistiqués : comment développer de façon fiable les logiciels permettant de faire fonctionner une constellation de satellites ou d'envoyer des robots explorer le système solaire, comment donner au chirurgien les outils de visualisation de haute performance sur lesquels s'appuiera la robotique médicale non invasive de demain? Cette situation exige toujours plus de puissance, de fonctionnalité, de fiabilité et de sécurité des systèmes d'information et de communication sous-jacents, une meilleure compréhension et une modélisation plus efficace de systèmes toujours plus complexes, et par conséquent un effort de recherche accru pour une meilleure conception et une maintenance plus efficace de ces systèmes.

* La table des sigles est donnée en annexe 4.

³ Voir le rapport « Industry trends in research support and links to public research », disponible à : <http://www.nsf.gov/pubs/1998/nsb9899/nsb9899.htm>.

Au-delà de leur dynamisme propre en tant que domaines scientifiques, au-delà des problèmes de recherche nouveaux suscités par l'essor technologique auquel elles donnent naissance, l'informatique et les mathématiques appliquées se développent également au contact de presque tous les autres domaines scientifiques. Des besoins très importants de recherches en informatique et en modélisation sont suscités par le développement des recherches dans d'autres domaines : physique, chimie, mécanique, mais aussi biologie, économie, sciences de la terre ou sciences humaines et sociales. Les interactions entre les STIC et tous les autres domaines de la recherche scientifique sont

de plus en plus nombreuses et profondes: la compréhension des fonctions des gènes ou la conception de nouveaux médicaments, la prédiction des incidents météorologiques ou la réduction de la pollution, le traitement de l'information dans les entreprises ou les administrations, toutes ces questions soulèvent des problèmes de recherche pluridisciplinaires où les STIC jouent un rôle central. Parce qu'elles concernent la modélisation et le traitement de l'information – son transport, son codage, sa représentation mais aussi, de plus en plus, le sens et l'organisation qu'il faut lui donner – **les STIC seront au cœur de la science du 21^{ème} siècle.**

Enfin, il faut souligner que le rythme effréné des évolutions technologiques et la large diffusion de ces technologies dans tous les secteurs d'activité suscitent également un besoin considérable en matière de formation, à tous les niveaux ; la nécessité d'un **lien fort entre la recherche et l'enseignement supérieur** prend donc dans le secteur des STIC une importance particulière.

*En informatique et en mathématiques appliquées plus que dans les autres domaines scientifiques, la recherche s'inscrit aujourd'hui dans ces perspectives : une très grande vitalité scientifique, un dynamisme exceptionnel du transfert vers des applications, et notamment vers des domaines industriels très concurrentiels et en forte croissance, des besoins considérables de formation. Ces caractéristiques font de la recherche dans le domaine des STIC un secteur d'activité absolument stratégique pour les économies développées. **La compétition internationale est particulièrement intense pour attirer les femmes et les hommes bien formés dans ces disciplines, notamment les meilleurs spécialistes dont les recherches seront au cœur des futures percées scientifiques ou technologiques.***

1.3 La France et l'Europe dans la compétition mondiale

L'illustration la plus nette des propos qui précèdent est donnée par les États-Unis. Ce pays connaît actuellement une période de croissance affirmée et durable dont tous les analystes situent la principale origine dans l'essor des technologies de l'information et de la communication, qui créent directement près de la moitié des nouveaux emplois. La domination technologique et industrielle des géants américains du secteur est si nette qu'elle paraît parfois irrémédiable; le dynamisme du phénomène de création de sociétés de technologies, souvent issues directement des laboratoires publics de recherche ou nées dans leur environnement immédiat, y est exceptionnel. Les pouvoirs publics américains ont d'ailleurs bien compris le **rôle stratégique de la recherche dans le domaine des STIC** pour la croissance économique et la domination scientifique et technologique du pays. Après avoir assuré à ce secteur une croissance au rythme annuel moyen de 10 % depuis le début de la décennie, de loin la plus forte de tous les domaines, et conscient du formidable retour sur investissement dont a bénéficié l'économie du pays, le gouvernement fédéral a pris récemment des mesures pour chercher à attirer aux États-Unis dans les prochaines années un plus grand nombre de spécialistes des STIC venant d'autres pays; il projette aujourd'hui d'augmenter d'environ 40 % les montants consacrés aux STIC dans le budget fédéral de la recherche⁴ pour l'année 2000 !

⁴ Voir le site <http://www.ccic.gov/ac/>.

La France et l'Europe possèdent des atouts importants dans le domaine des STIC :

- **Des atouts technologiques et industriels**, avec plusieurs grands acteurs très bien placés au niveau international : des opérateurs de télécommunications (France Telecom et les opérateurs « historiques » des pays voisins), constructeurs et équipementiers (Alcatel, Ericsson, Nokia), fabricants de composants (ST Microelectronics) et de cartes à puces (Bull, DeLaRue, Gemplus, Oberthur, Schlumberger), industriels de l'audiovisuel (Philips, Thomson Multimédia) ou de l'aéronautique et du spatial (on pourrait citer tous ceux qui contribuent à Airbus et Ariane V), mais aussi quelques éditeurs de logiciels comme Business-Objects, Dassault-Systèmes, Ilog, Lernout & Hauspie et SAP.

- **Des atouts scientifiques** liés à la qualité de notre dispositif de recherche, comme en témoigne la reconnaissance au plan mondial dont jouissent les

scientifiques français des domaines de l'informatique, de l'automatique et du calcul scientifique, ainsi que, par exemple, l'invention de l'ATM par le CNET, l'invention des turbo-codes à l'ENST de Brest ou le rôle de l'INRIA dans le Consortium World Wide Web.

- **Des atouts intellectuels** car notre système de formation, qui peut être critiqué pour donner une si large part à l'abstraction ou dont on peut regretter le trop grand cloisonnement entre les disciplines, prépare cependant très efficacement les jeunes à résoudre les difficultés techniques qui se présentent dans le domaine des STIC, et notamment dans le développement de logiciels : l'excellence du système de formation français à cet égard est très largement reconnue au plan international.

Dans cette compétition, **le retard français et européen est manifeste**⁵, mais les efforts exercés depuis quelques années pour le combler commencent à porter leurs fruits. En France, la dynamique est clairement lancée en matière de déploiement de réseaux de télécommunications et de pénétration de la micro-informatique : la proportion de ménages équipés aujourd'hui en France est celle que connaissaient les États-Unis il y a 4 ans, mais les ventes de téléphones mobiles ou de micro-ordinateurs dépassent depuis un an toutes les prévisions, pourtant élevées : on estime par exemple que deux millions et demi de micro-ordinateurs seront vendus en France en 1999. La situation évolue aussi favorablement pour tout ce qui concerne la création d'entreprises de haute technologie et son environnement institutionnel ou financier. Les domaines des STIC et de l'électronique représentent aujourd'hui près de 30 % des activités de recherche et développement des entreprises françaises, mais seulement 5 % de l'effort de recherche public⁶. Surtout, l'Europe et notamment la France possèdent en propre **plusieurs très beaux atouts** pour prendre place avec succès dans la compétition économique, technologique et scientifique mondiale (voir ci-contre).

Les exemples d'Ariane, d'Airbus ou du système GSM le montrent, la France et l'Europe sont capables de développer une capacité scientifique et technologique propre, de remonter du terrain et de reprendre des parts de marché importantes dans une compétition qu'elles abordent avec un certain retard. Mais, pour gagner, il faut engager des moyens suffisants, proportionnés aux enjeux et aux investissements des pays concurrents, avec une stratégie clairement affirmée, un soutien et une volonté durables. S'il est difficile de prédire ce que sera durant les prochaines décennies l'évolution du paysage industriel français et européen dans le domaine des STIC, et les secteurs où la France et l'Europe pourront conserver ou prendre une place au meilleur niveau dans la compétition internationale, il est certain que le dispositif d'enseignement supérieur et de recherche publique aura un rôle essentiel à jouer et qu'il devra se montrer particulièrement réactif et adaptable. **Dans un contexte très concurrentiel, où la principale richesse est la matière grise** bien plus que les équipements industriels, la France doit absolument disposer de centres de recherche et d'enseignement supérieur qui soient des acteurs de premier plan au niveau mondial, qui soient armés pour attirer les meilleurs scientifiques internationaux, pour collaborer efficacement avec des industriels et pour mener avec succès des actions de transfert technologique, qui soient enfin ouverts à de très nombreux partenariats au sein de la communauté scientifique, dans leurs domaines et avec des équipes d'autres disciplines, et capables de coordonner efficacement leur action.

⁵ Voir le rapport « Développement technique de l'Internet » de J.-F. Abramatic (juin 1999), disponible à : <http://www.telecom.gouv.fr/francais.htm>.

⁶ Voir le chapitre « La recherche et l'innovation dans les technologies de l'information et de la communication » dans le rapport « Recherche et innovation, place et stratégie de la France dans la compétition mondiale » du Commissariat au Plan (juin 1999).

1.4 L'INRIA, moteur d'une politique nationale ambitieuse

Des pages qui précèdent se dégagent deux convictions essentielles. La première, qui dépasse le cadre de ce Plan stratégique, concerne la place des STIC dans la politique nationale de recherche et de formation. La seconde, intimement liée à la première et sur laquelle prennent appui une grande part des réflexions des pages suivantes sur la stratégie de l'INRIA, a trait au rôle de l'institut au sein de l'ensemble du dispositif national de recherche et d'enseignement supérieur.

*Occupant une place centrale dans la science des prochaines décennies, représentant à la fois le support essentiel du premier secteur économique des prochaines années et le domaine de recherche qui, avec les sciences du vivant, a le plus fort impact social, le domaine des STIC est **un des domaines prioritaires de la politique nationale de recherche et d'enseignement supérieur**⁷. Compte tenu de la relative jeunesse de ce domaine et de son faible poids actuel dans le dispositif de recherche national, la mise en œuvre de cette priorité passe nécessairement par un redéploiement progressif au sein des organismes et universités. Ce **redéploiement en faveur des STIC** doit concerner en particulier les effectifs : il est en effet incontestable que le nombre de chercheurs et d'enseignants-chercheurs dans le domaine des STIC est trop faible aujourd'hui en France pour faire face à l'explosion des besoins de formation, des enjeux scientifiques, des demandes de collaborations industrielles et des sollicitations en matière d'expertise, et, plus largement, pour que notre pays tienne sa place avec succès dans la compétition scientifique et technologique décrite plus haut⁸. Il est donc absolument indispensable d'augmenter le nombre des chercheurs et enseignants-chercheurs dans le domaine des STIC, ainsi que celui des ingénieurs, techniciens et administratifs qui leur apportent le support indispensable et contribuent à rendre les laboratoires de recherche efficaces et attractifs.*

*Pour justifier cet effort de la communauté nationale et se donner les meilleures chances de succès, il est également indispensable de **renforcer la coordination et la mobilisation commune des principaux acteurs du domaine des STIC, universités, écoles et organismes**, en favorisant la mise en place d'une véritable politique de recherche nationale dans ce secteur. L'INRIA a ici un rôle spécifique à jouer. Au cours des dernières années, tout en renforçant sa dynamique propre, notamment en matière d'évaluation de la recherche, de transfert technologique, de création d'entreprises ou de mobilité des chercheurs, l'INRIA a en effet amplifié ses partenariats avec les universités, les grandes écoles et les autres organismes de recherche : elle a continué de porter une très grande attention aux activités de formation par la recherche que mènent ses équipes en relation avec les formations doctorales auxquelles elles sont associées, et il a mis en place plusieurs actions nouvelles pour faire bénéficier la communauté nationale de ses principaux atouts, notamment en matière de valorisation de la recherche et de relations internationales. Fort de ses partenariats et de ses succès, ainsi que de la visibilité et de la responsabilité particulières que lui confère sa position d'institut national dédié aux recherches en informatique et en mathématiques appliquées, l'institut souhaite continuer à inscrire son action dans cette dynamique et accroître son effet d'entraînement. En lien avec les établissements concernés (universités et écoles, CNRS, GET, etc.), l'INRIA a **vocation à jouer un rôle moteur au sein du dispositif national de recherche et d'enseignement supérieur dans le domaine des STIC.***

⁷ Voir le relevé de conclusions du Comité interministériel de la recherche scientifique et technique de juin 1999, disponible à : <http://www.education.gouv.fr/discours/1999/conclusioncirst2.htm>.

⁸ Voir l'annexe 1.

En 1999, l'INRIA accueille plus de 2100 personnes dans ses équipes majoritairement communes avec des universités, écoles ou d'autres organismes de recherche : environ 730 personnels titulaires de l'institut (chercheurs, ingénieurs, techniciens et administratifs), 230 chercheurs ou ensei-

gnants-chercheurs titulaires rattachés aux établissements partenaires, 550 doctorants, 220 post-doctorants ou contractuels, 70 stagiaires, et plus de 350 conseillers, collaborateurs extérieurs ou chercheurs invités*.

Il serait trop long, pour illustrer les succès de l'INRIA, de mentionner ici toutes les distinctions internationales ou nationales attribuées chaque année à des chercheurs de l'institut en reconnaissance de l'excellence de leurs résultats scientifiques. Sur un plan différent, de nombreux chercheurs de l'institut ont connu la réussite au niveau mondial dans leur domaine comme, par exemple, J.-F. Abramatic (président du Consortium World Wide Web), O. Faugeras et G. Kahn (membres de l'Académie des sciences), M. Gien (premier non américain nommé « *SUNfellow* »), P. Haren (fondateur et PDG de la société Ilog), C. Huitéma (qui fut le premier non américain président de l'*Internet Architecture Board*) J.-M. Hullot (qui fut co-fondateur de Next), L. Monier (co-inventeur du système Altavista) ou H. Zimmermann (co-fondateur de Chorus). Du point de vue du transfert des résultats de la recherche, on peut rappeler que l'institut s'est signalé sur la scène internationale par quelques « premières » remarquées (par exemple, la première

simulation de l'écoulement aérodynamique autour d'un avion complet, réalisée avec Dassault-Aviation dans les années 80), mentionner le développement du Cycab, voiture électrique « intelligente », et la mise au point du protocole UDRL de routage Internet pour les liaisons satellites, en cours de standardisation à l'IETF, ou encore citer le développement et la large diffusion des logiciels Caml-Light et Scilab, utilisés aujourd'hui dans l'éducation nationale pour l'enseignement de l'informatique et des mathématiques. On peut aussi rappeler le rôle de pionnier joué par l'INRIA pour le déploiement d'Internet en France au début des années 80 et la mise en place en 1998 de l'AFNIC, la structure qui gère le plan de nommage de la zone .fr. L'INRIA est aussi fréquemment cité en exemple en Europe pour le succès des « *start-up* » issues de ses équipes de recherche (plus de 35 créations d'entreprises), qui offrent nettement plus d'emplois que l'établissement lui-même ne compte de postes budgétaires.

* On donne ici les effectifs au 31 décembre 1998.

2. L'INRIA aujourd'hui

Avant de présenter la stratégie et les objectifs essentiels de l'INRIA pour les prochaines années et de dessiner ses principales évolutions, il est utile de jeter d'abord un regard sur sa situation présente et sur le chemin parcouru.

2.1 Un institut qui réussit

Organisme jeune, l'INRIA a atteint en trente ans une incontestable réussite. Malgré sa petite taille, l'institut est renommé au plan national, européen et mondial pour la qualité de ses résultats scientifiques, pour la richesse de ses compétences, pour les chercheurs qui y travaillent ou qu'il a formés, ainsi que pour ses succès en matière de valorisation des résultats de la recherche et de création d'entreprises.

Il est essentiel que le mode d'organisation de la recherche favorise les réussites scientifiques et technologiques, individuelles ou collectives. L'organisation de l'INRIA est volontairement « plate », le petit nombre de niveaux hiérarchiques visant à favoriser l'initiative personnelle et la mobilisation autour d'objectifs communs : l'entité de base de l'activité scientifique est le « projet de recherche⁹ », chaque chef de projet est en contact direct et régulier avec le directeur de son unité de recherche, qui est membre de la direction nationale de l'institut. L'organisation est décentralisée, chaque projet bénéficiant d'une autonomie très grande sur le plan de la recherche et sur le plan budgétaire ; elle vise à privilégier la souplesse et la réactivité, tout en donnant une place importante à l'évaluation régulière des activités de chaque projet de recherche. Au cours des dernières années, l'institut a fait évoluer son organisation en créant les « actions de développement » pour accroître son impact en matière de transfert technologique, puis les « actions de recherche coopératives » pour explorer de nouveaux thèmes de recherche et accroître les coopérations entre ses unités de recherche et avec des équipes extérieures.

Au cours des dernières années, une autre force de l'INRIA a été liée à sa capacité de se donner une stratégie cohérente et ambitieuse, de **développer une véritable culture d'établissement** et de mobiliser ses compétences pour relever de nouveaux défis. Le Plan stratégique adopté en 1994, puis l'essai prospectif « INRIA 2007 » rédigé en 1997, ont joué à cet égard un rôle mobilisateur important. La période a été marquée par un **renforcement du processus d'évaluation**, une plus forte implication dans des travaux de valorisation des résultats de recherche et de **transfert technologique**, et la mise en place d'une politique volontariste en matière de mobilité des personnels et de création d'entreprises de technologie. Le renforcement de l'évaluation a notamment eu pour effet de faciliter un renouvellement important des projets de recherche ; ainsi, parmi les 74 projets de recherche que comptait l'institut en janvier 1999, 33 nouveaux projets ont été créés entre 1995 et 1998, et 24 projets ont été arrêtés durant cette période ; ce fort renouvellement des projets permet aussi de confier des responsabilités à de jeunes chercheurs, les deux tiers des nouveaux chefs de projets étant trentenaires.

⁹ Voir la page 43 et l'annexe 3.

Un principe important de l'organisation de l'INRIA est d'éviter la dispersion de ses moyens qui, dans leur très grande majorité, restent concentrés au sein de ses cinq unités de recherche (Lorraine, Rennes, Rhône-Alpes, Rocquencourt, Sophia Antipolis). L'institut ne finance de manière récurrente aucune structure autre que ses unités, mais accorde des moyens à des équipes bien identifiées, rediscutés annuellement au vu de projets et

d'objectifs scientifiques, et affectés à des activités qui font l'objet d'une évaluation régulière. Chaque unité de recherche de l'institut rassemble une **masse critique** substantielle, dispose de services de soutien à la recherche efficaces et de proximité, et joue un rôle d'animation important au sein dutissu académique et industriel de sa région. Cette organisation permet à l'institut et à chacune deses unités de **mener une réelle politique scientifique**.

La politique menée par l'INRIA en faveur de la **création d'entreprises** a porté ses fruits en 1998 et 1999, avec 9 sociétés créées en 15 mois par les chercheurs et ingénieurs de l'institut. L'INRIA a mis en place un programme de bourses post-doctorales pour création d'entreprises et a lancé **deux innovations importantes** : l'incubateur INRIA-Transfert, ouvert à tout chercheur ou ingénieur porteur d'un

projet de création de société de technologie française dans le domaine des STIC, et le premier fonds français d'amorçage, I-Source, auquel participent des partenaires financiers publics et privés. L'INRIA est certainement parmi les organismes les mieux placés en Europe pour ce qui est du savoir-faire et de l'expérience accumulée dans ce domaine de la création de « start-up » dans le secteur des STIC.

Ces dernières années, l'INRIA a nettement renforcé sa politique d'ouverture et de **partenariat avec d'autres organismes de recherche et avec les universités et écoles**, en s'appuyant sur plusieurs formes d'actions ; parmi celles-ci on peut citer la mise en place d'unités mixtes avec le CNRS et certaines universités ou écoles, l'ouverture à l'ensemble de la communauté scientifique nationale des actions de recherche coopératives pilotées par la direction scientifique de l'INRIA, le soutien de l'institut à des formations doctorales et des écoles d'été, l'ouverture à l'ensemble de la communauté

scientifique nationale de l'Institut franco-russe Liapunov à Moscou et du laboratoire franco-chinois (LIAMA, à Pékin) établis par l'INRIA, l'ouverture plus grande du concours de recrutement des chargés de recherche en direction des jeunes docteurs n'ayant pas préparé leur thèse au sein des projets de recherche de l'INRIA et l'ouverture affirmée du concours des directeurs de recherche aux candidats extérieurs à l'institut, enfin le renforcement de la politique d'accueil en détachement et en délégation d'enseignants-chercheurs.

La mobilisation forte des personnels de l'INRIA pour faire face aux défis multiples provenant de l'explosion des applications des STIC dans tous les domaines est visible à travers **les relations très nombreuses nouées avec des équipes industrielles**, ainsi que par les collaborations menées dans les domaines de la médecine, des transports, de l'environnement ou de la finance. Plus encore, la réactivité de l'institut durant ces dernières années est attestée par son implication dans des recherches concernant les **télécommunications** ; quasiment absent de ce secteur il y a cinq ans, l'INRIA en est devenu un acteur significatif au cours d'une période marquée par la convergence entre télécommunications et informatique et le recentrage du CNET sur les activités de recherche et développement correspondant aux besoins de l'opérateur France Telecom.

L'évolution récente des recherches dans le domaine des STIC a mis en évidence un autre atout important de l'institut : il couvre l'ensemble du spectre du développement logiciel, depuis les protocoles et les modèles de programmation jusqu'à l'automatique et au calcul scientifique, en passant par l'intelligence artificielle, le traitement d'images ou la robotique. C'est l'une des grandes richesses de l'INRIA que de pouvoir expérimenter presque quotidiennement les synergies de plus en plus nombreuses entre les équipes de ces différents domaines, qui sont habituellement réparties dans des établissements ou des départements universitaires différents. L'INRIA est donc très bien placé pour explorer avec succès ces **interactions entre informatique et mathématiques appliquées**, qui sont essentielles pour relever les nouveaux défis scientifiques et technologiques du secteur des STIC.

Il faut aussi insister sur l'importance du **partenariat avec d'autres organismes de recherche et avec les universités et grandes écoles**, qui est un des principes de base de la stratégie de l'institut, non seulement parce que la diffusion des STIC dans tous les domaines scientifiques et industriels rend ces liens à la fois nécessaires et fructueux, mais aussi du fait des enjeux essentiels liés aux activités de formation. L'institut a une tradition bien établie de collaboration avec les universités et le CNRS, par son implication dans l'enseignement et dans la formation par la recherche, en lien avec les écoles doctorales, et à travers les projets de recherche communs : plus de la moitié des recherches de l'institut sont aujourd'hui communes avec d'autres établissements, plus du quart sont dirigées par des chefs de projets relevant d'autres établissements. Ce partenariat avec des organismes de recherche et des universités ou écoles se traduit par **un fort effet d'entraînement** puisque les équipes de l'INRIA (qui compte moins de 750 postes budgétaires), rassemblent presque 2100 personnes. L'institut a ainsi la chance d'accueillir près de 250 chercheurs ou enseignants-chercheurs titulaires d'autres établissements dans ses équipes, pour une large part communes avec ces institutions partenaires, qui bénéficient toutes du support de l'institut en matière administrative et informatique et en matière de relations industrielles ou internationales.

*Tels sont donc les **principaux points forts de l'INRIA**, que l'institut doit cultiver et sur lesquels il peut s'appuyer avec confiance pour les prochaines années :*

- son organisation de la recherche déconcentrée, visant à promouvoir la souplesse, la réactivité et l'autonomie des équipes de recherche, à permettre une politique scientifique active tout en évitant la dispersion des postes et des moyens ;*
- sa procédure d'évaluation forte et la qualité de son recrutement scientifique ;*
- sa politique et sa culture d'établissement affirmées, qui font une place importante à la valorisation des résultats de la recherche recueillent un bon niveau d'adhésion de ses personnels et favorisent leur mobilisation ;*
- son expérience en matière de transfert technologique et de création d'entreprises ;*

- *sa capacité à favoriser des coopérations entre des équipes aux compétences complémentaires ;*
- *son implication importante dans l'enseignement et la formation par la recherche ;*
- *sa politique d'ouverture et ses partenariats forts et confiants avec de très nombreux établissements de recherche et d'enseignement supérieur.*

Ce tableau serait déséquilibré s'il ne mentionnait pas également **quelques faiblesses de l'INRIA** et certains points qui méritent une attention particulière :

- La faiblesse la plus préoccupante aujourd'hui concerne **sa taille nettement trop petite** par rapport aux sollicitations dont il est l'objet, et plus globalement, aux enjeux de son action¹⁰. En outre, si la croissance des effectifs de chercheurs a été certainement trop faible au cours des dernières années, la stagnation des effectifs d'ingénieurs, techniciens et administratifs (ITA), dans une période où l'institut a considérablement augmenté et diversifié son activité et où sa démographie ne permet aucun renouvellement naturel, a des effets très préoccupants, plaçant aujourd'hui l'institut dans une situation critique pour ce qui est des activités de support à la recherche.
- Une autre limite «externe» de l'action de l'institut concerne l'environnement industriel français et européen, dont le **retard sur la concurrence nord-américaine** dans un certain nombre de thèmes pénalise, de fait, le plein développement de certaines recherches menées à l'INRIA.
- Sur un plan plus interne, on sait bien qu'aucune forme d'organisation de la recherche n'est parfaite, et l'institut doit donc veiller continuellement à limiter les effets moins positifs de son organisation déconcentrée, en évitant les redondances non justifiées entre ses projets de recherche et en sachant davantage **rassembler sur des objectifs communs mobilisateurs** les compétences de ses chercheurs, ingénieurs et techniciens.
- Il doit également mieux prendre la mesure de certaines conséquences du renforcement de son processus d'évaluation, qui se traduit plus fréquemment par l'arrêt de certains projets de recherche et implique donc de savoir remobiliser sur de nouveaux objectifs les personnels concernés, tout en évitant la dispersion voire l'émiettement des efforts dans des équipes de taille sous-critique ; ceci impose de réussir à **favoriser la mobilité thématique**.
- Du fait de la largeur croissante de l'éventail des applications de ses travaux, et pour développer les interactions de plus en plus fortes de ses recherches avec d'autres disciplines, l'institut doit s'attacher davantage dans les prochaines années à **cultiver un esprit de diversité et de pluridisciplinarité**, et à mieux répartir les responsabilités d'animation scientifique.
- Enfin, dans un contexte très compétitif, il doit aussi **renforcer sa capacité à attirer les meilleurs scientifiques de son domaine au niveau mondial**, et il doit trouver les voies d'un certain **assouplissement des contraintes administratives** qui limitent son action.

On reviendra plus loin sur chacun de ces points, car il est essentiel que les évolutions des prochaines années contribuent à renforcer les principaux atouts de l'institut, et à réduire ses principales faiblesses.

¹⁰ Voir l'annexe 2.

En Europe, l'INRIA est incontestablement dans le peloton de tête de la communauté académique de recherche en informatique et en mathématiques appliquées, que ce soit par la qualité de ses recherches, le renom de ses plus grands scientifiques, son rayonnement international, sa participation aux programmes de recherche et développement de l'Union Européenne, ou ses succès en matière de création d'entreprises. A l'appui de cette affirmation, on peut notamment mentionner que le choix de la commission européenne s'est porté en 1995 sur l'INRIA lorsqu'il a fallu désigner l'organisme qui serait l'hôte européen du W3C. Dans ses domaines de compétences, l'institut a des relations avec tous les autres centres d'excellence

universitaires européens. Il a également tissé des liens avec des instituts de recherche spécialisés en informatique ou mathématiques appliquées dont le statut est proche du sien au sein du consortium ERCIM, créé il y a dix ans par l'INRIA avec le CWI (Amsterdam) et le GMD (Bonn), dont le siège est hébergé à l'INRIA et qui assure une forme d'animation appréciée au sein de la communauté scientifique européenne. Enfin, même s'il est encore possible de progresser dans ce domaine, l'INRIA a largement amplifié au cours des dernières années ses collaborations avec des industriels européens (non français), essentiellement grâce aux programmes communautaires.

2.2 L'INRIA dans la compétition internationale

On a déjà souligné l'importance qu'il faut attacher à inscrire l'action de l'institut dans un contexte international, et c'est pourquoi il est utile de situer l'INRIA par rapport aux principaux centres de recherche d'excellence dans le domaine des STIC¹¹.

Le rayonnement de l'INRIA est incontestable au niveau mondial et l'institut, fort de ses nombreuses collaborations internationales, connaît bien les principaux centres de recherche de son domaine. Il est certainement juste d'affirmer que **l'INRIA peut se comparer favorablement aux meilleurs centres d'excellence situés en Europe** (voir ci-contre), au Canada, en Inde, en Chine ou au Japon, où le gouvernement met actuellement en place un institut de recherche en informatique inspiré du modèle de l'institut.

Mais c'est bien sûr du côté des États-Unis qu'il faut regarder pour trouver les meilleurs centres mondiaux. Dans ce pays, les laboratoires académiques du domaine des STIC les plus renommés sont souvent universitaires ; c'est largement le cas en informatique, où les équipes de Berkeley, de Carnegie-Mellon, du MIT et de Stanford sont les plus réputées, tout en étant parfois dépassées par d'autres institutions dans un secteur particulier, comme c'est le cas de Johns Hopkins pour l'informatique médicale. Ils se situent également au sein des grands instituts fédéraux, notamment en mathématiques appliquées, où l'on peut penser à Los Alamos ou Livermore par exemple. Mais on est parfois aussi amené à considérer que des laboratoires privés, comme les Bell Labs ou les centres de recherche et développement de Compaq, d'IBM, de Microsoft ou de Xerox sont les concurrents de l'INRIA. Si l'institut est en mesure de rivaliser avec ces centres du point de vue des compétences scientifiques, il faut admettre qu'**il ne peut prétendre aujourd'hui être au niveau des tout premiers laboratoires américains en termes d'impact**, notamment sur les sujets « les plus chauds » qui sont au cœur du développement d'Internet et de la convergence entre informatique, télécommunications et audiovisuel. Sur ces thèmes, la dynamique des États-Unis est très impressionnante : les bonnes équipes de recherche bénéficient de moyens considérables, recrutent les meilleurs chercheurs avec des offres défiant toute concurrence non américaine, et sont formidablement « tirées vers l'avant » par des collaborations et des échanges avec des industriels persuadés qu'il leur revient de façonner l'avenir... et qui s'en donnent les moyens.

On peut donc retenir que l'INRIA est placé au meilleur niveau européen et présent à un très bon niveau sur la scène mondiale, mais que son impact dans la communauté scientifique et en matière de transfert technologique est inférieur aujourd'hui à celui des meilleurs centres de recherche nord-américains. De plus, et c'est plus grave, l'institut court **le risque d'être distancé** par ces laboratoires, notamment sur un certain nombre des sujets de recherche qui sont au cœur des développements les plus moteurs pour l'avenir de la société de l'information.

¹¹ On gardera cependant à l'esprit que les comparaisons internationales sont toujours délicates du fait des différences entre les grands principes d'organisation des dispositifs nationaux de recherche et d'enseignement supérieur adoptés par les principaux pays développés.

La **programmation**, depuis von Neumann et Turing, a toujours côtoyé les questions de logique. Les évolutions modernes, où un accent fort est mis sur la spécification et la sûreté des logiciels, renforcent ces liens. L'utilisation de formalismes du premier ordre ou d'ordre supérieur, l'utilisation implicite de notions ensemblistes ou temporelles, les relations précises entre calcul, calcul symbolique et déduction, les idées sur la modularité en provenance de l'algèbre universelle, le contour

exact des notions de «type» adaptées à la programmation ou aux spécifications, préoccupent les chercheurs en amont de leurs efforts de conception de langages de programmation ou de logiciels de démonstration automatique. La logique linéaire, la théorie des types et les idées sur la sémantique des langages de programmation interviennent aussi pour proposer des modèles théoriques nouveaux en linguistique.

L'**acquisition et la modélisation de la connaissance**, la manipulation de grandes quantités de données, la perception et les traitements cognitifs par l'ordinateur sont à l'origine d'approches variées, d'utilisation très générale. Ainsi, les chaînes de Markov cachées utilisées en analyse de la parole servent également à y voir plus clair dans les grandes quantités d'information relatives au génome ; les réseaux neuro-mimétiques sont efficaces aussi bien pour le traitement adaptatif de données que pour la représentation des connaissances ; la géométrie sous de nombreuses formes (géométrie projective, géométrie différentielle, etc.)

est utilisée massivement dans l'analyse et la synthèse d'images, avec des résultats spectaculaires. Des méthodologies de constitution et de gestion de bases de connaissances se développent afin de faire face aux défis de la sauvegarde de patrimoines ou de l'organisation de systèmes d'informations complexes. Le déploiement du Web a bouleversé ces thèmes de recherche, que ce soit pour le traitement des très grandes bases de données multimédia distribuées, la mémoire d'entreprise, l'analyse des données, les questions liées au format des documents, à la recherche d'informations ou au travail coopératif.

Les questions de **complexité**, prolongement naturel des questions de décidabilité, ont un impact considérable sur la communauté scientifique, en particulier autour de la conjecture toujours actuelle « $P=NP$? ». D'autres conjectures, portant sur des problèmes de théorie des nombres, factorisation de nombres entiers, points à coordonnées rationnelles sur des courbes elliptiques, difficulté intrinsèque de calculer un logarithme discret, sont au cœur de la cryptographie d'aujourd'hui, qui s'appuie également sur des résultats nouveaux d'algèbre et de théorie des codes. L'analyse des algorithmes non numériques, qui interviennent dans un très grand nombre d'applications informatiques, est abordée de manière systématique en utilisant la transformation de Mellin, qui permet d'obtenir des estimations asymptotiques précises pour des

classes très générales de fonctions de coût. Le calcul formel joue un rôle important dans ces analyses, et le développement d'algorithmes efficaces de calcul formel s'appuie sur l'algèbre, la géométrie algébrique, la manipulation des polynômes et le traitement systématique d'équations différentielles. L'introduction volontaire de l'aléatoire dans les algorithmes, source de grande efficacité, pose de nombreuses questions profondes. A longue échéance, certains proposent des modèles de calcul très différents : l'un s'appuie sur la biologie et se propose de résoudre des problèmes combinatoires en utilisant les principes d'appariement massivement parallèle de l'ADN; l'autre s'appuie sur la physique quantique et pourrait mettre en cause la calculabilité au sens de Turing.

3. La politique scientifique de l'INRIA

3.1 Une vitalité scientifique considérable

3.1.1 Des problèmes difficiles et profonds

La recherche en informatique, automatique, traitement du signal et calcul scientifique s'exerce et progresse sur plusieurs fronts. D'une part, comme dans les autres grands domaines scientifiques, elle mène un travail de production et d'organisation des connaissances, d'extraction et de mise au point d'idées générales et profondes qui sont ensuite analysées, développées et appliquées. D'autre part, elle s'attaque à **denombreux problèmes nouveaux**, parfois inattendus, dont l'émergence est souvent une conséquence de l'interaction avec d'autres sciences, ou de l'évolution extrêmement rapide des technologies, notamment de l'augmentation exponentielle de la puissance des micro-processeurs, de la capacité de communication des fibres optiques et de la densité des mémoires ou des disques magnétiques, ainsi que de l'impact considérable du déploiement du Web.

Tous ces facteurs de vitalité jouent à plein dans les domaines, relativement jeunes, de l'informatique et de la modélisation : derrière les succès brillants de la technologie, derrière les développements qui conduisent à la création de nouvelles entreprises, il y a toujours **des recherches fondamentales passionnantes**, qui débouchent sur de nouvelles théories, de nouveaux modèles, de nouveaux outils logiciels et alimentent des domaines scientifiques d'un grand dynamisme.

Tout au long des sections 3.1 et 3.2, les encadrés des pages de gauche donnent quelques exemples des questions scientifiques étudiées aujourd'hui en informatique et mathématiques appliquées, et de la façon dont elles vivent et se renouvellent.

3.1.2 Des interactions très riches avec les autres sciences

Les interactions de l'informatique, de l'automatique, du traitement du signal et du calcul scientifique avec les autres sciences sont des éléments essentiels de leur vitalité. Ces interactions très profondes se produisent à **double sens** : les autres disciplines apportent aux STIC de nouveaux problèmes ou de nouveaux défis, et, inversement, l'existence de nouveaux outils de conception, de modélisation et de simulation modifie, parfois en profondeur, les problématiques, et même certains paradigmes dans de nombreuses disciplines.

Ainsi, le rôle des **mathématiques** est évidemment essentiel dans les STIC, mais la contribution en retour de l'informatique l'est aussi. Logique, algèbre universelle, théorie des nombres, combinatoire, géométrie bénéficient du point de vue algorithmique, ou effectif, de l'informatique et sont devenues opérationnelles, voire industrielles.

De même, l'informatique joue dans les **sciences du vivant** un rôle d'organisation et d'expression de la connaissance essentiel au progrès scientifique, rôle analogue à celui qu'ont joué les mathématiques pour la mécanique ou la physique. La biologie moléculaire se trouve à une étape où elle se demande comment traiter l'ensemble des données du génome humain, une fois que celles-ci auront été obtenues et vérifiées, alors qu'en retour il est légitime de se poser une question théorique sur la manière dont les organismes vivants traitent l'information. On voit ainsi apparaître de nouvelles disciplines, comme la bio-informatique qui soulève au confluent de la génomique et du traitement de l'information de nombreuses questions liées à l'algorithmique, au traitement de la connaissance ou aux statistiques. Des modélisations utilisant les outils de l'automatique ou de la statistique permettent aussi des progrès dans la compréhension du comportement des écosystèmes ou des végétaux.

La mise en place de réseaux de **télécommunications** est source de très nombreux problèmes difficiles et exige la mise en place de concepts théoriques nouveaux. Ainsi les réseaux IP, « réseaux à intégration de service » du futur, sont devenus d'une très grande complexité. Les données informatiques, les données temps réel (comme la voix ou la vidéo), les données de contrôle sont toutes « empaquetées » et empruntent les mêmes canaux. Les utilisateurs peuvent être mobiles, les routeurs également, et les supports de communication varient tout au long d'un chemin de transmission. La modélisation de ces réseaux, pour les dimensionner selon de multiples paramètres, prévoir leur comportement et les

déployer de manière optimale, ne se contente pas des techniques mises en place pour le réseau téléphonique. Ainsi se développe un arsenal de techniques probabilistes, associées parfois à la géométrie comme dans la géométrie stochastique, des outils de théorie des graphes et de recherche opérationnelle et des modèles nouveaux permettant de rendre compte de la nature fractale du trafic. La théorie de l'information de Shannon y trouve de nouvelles applications et, également, une problématique renouvelée. Il en est de même des idées d'algèbres tropicales, aussi appelées (max,+), de l'analyse en ondelettes, et de la théorie des jeux.

Le **traitement du signal et l'automatique** évoluent très vite sous les effets combinés de progrès théoriques, de demandes liées à de nouvelles applications ou de progrès technologiques. La volonté d'appliquer la démarche de l'automatique à des systèmes de plus en plus complexes pose de nombreux problèmes nouveaux, au-delà de ceux qui sont maintenant bien résolus pour mettre au point la commande ou la régulation de composants élémentaires. Il s'agit de modéliser de très grands systèmes, comme des réseaux de télécommunications, des systèmes de production ou des constellations de satellites, ou de concevoir une approche globale pour des systèmes assemblant de

nombreux automatismes : automobile, équipement de chirurgie assistée par ordinateur, etc. Les modèles utilisés sont très variés (à événements discrets, hybrides à temps discret et temps continu, à hystérésis, fréquentiels, etc.), et l'éventail des questions posées est très large : modélisation, identification, filtrage, régulation, surveillance, commande, optimisation. Autre influence marquante des progrès de la technologie, la multiplication de capteurs de plus en plus miniaturisés et variés, permettant de rassembler en temps réel des informations sur ces systèmes, soulève de nombreuses questions nouvelles pour la surveillance d'installations industrielles ou le diagnostic de dégradations.

Informatique et géométrie se rencontrent en des endroits très différents : dans les réseaux de télécommunications mobiles, où on cherche à déterminer l'implantation de radio-émetteurs ; dans la construction de robots très précis, comme on en utilise en médecine ; dans la modélisation de molécules chimiques, par exemple pour des problèmes de « docking », ou d'énergie minimale ; dans les algorithmes fondamentaux de la conception assistée par ordinateur ; dans l'agencement d'un espace limité comme un satellite ; dans la reconstruction du sous-sol à partir de données géologiques ; dans la percep-

tion visuelle tridimensionnelle ; dans l'analyse des images médicales ; dans le calcul efficace de l'éclairage des scènes tridimensionnelles pour la synthèse d'images ; dans le calcul de la trajectoire d'un robot au milieu d'obstacles ; dans le calcul efficace de maillages utilisés pour des simulations numériques ; et même, dans les méthodes spécifiques de démonstration automatique pour la géométrie, ainsi que dans la réalité virtuelle bien sûr. Certaines questions d'ordonnancement ou de vérification de logiciel peuvent être également vues comme des questions de géométrie.

Les **sciences physiques** (physique théorique, mécanique des solides et des fluides, chimie, acoustique, etc.) s'appuient sur les méthodes numériques, d'autant plus que bien des expériences sont inaccessibles ou trop coûteuses : la simulation numérique remplace ou complète alors l'expérience de laboratoire. Autre type d'interaction, les études de combinatoire issues de l'analyse des algorithmes, par exemple, semblent pouvoir contribuer à l'étude de certains phénomènes en physique statistique. La conception de molécules assistée par ordinateur permettra de mieux en mieux de prévoir les propriétés physico-chimiques de nouvelles molécules pour mettre au point de nouveaux médicaments et diminuer les tests cliniques.

Les **sciences de la planète et de l'environnement** s'appuient aussi sur des modélisations numériques, sur des modèles géométriques, et, massivement, sur le traitement d'images et de données ; les nouveaux défis comme la modélisation « complète » de la Terre posent des problèmes difficiles de mathématiques appliquées, mais aussi de performances de calculs et d'architecture de machines.

Les **sciences humaines** elles-mêmes sont et seront bouleversées par les STIC : on connaît déjà la « linguistique computationnelle », la « représentation des connaissances », les « sciences de la cognition » ; ces travaux permettront les progrès du traitement informatique des connaissances, indispensables pour surnager dans l'océan d'informations que créent nos sociétés. Les avancées récentes en linguistique, sémantique et pragmatique notamment, les études traitant de la perception et de la cognition et de la perception, les résultats des recherches menées en ergonomie cognitive servent pour la conception d'interactions avec l'ordinateur. La mise en œuvre d'interactions sensorielles utilisant la parole, le geste tridimensionnel, le toucher, l'odorat, la vidéo et le son stéréo ou le retour d'effort, en est à ses débuts ; promise à un grand avenir, comme le laisse présager le succès des jeux électroniques de toute nature, elle implique un recours aux acquis de la psychologie, de l'ergonomie et des neurosciences. Plus largement, dans un contexte où l'environnement quotidien du citoyen comportera à l'avenir plus d'appareils ayant une composante numérique, souvent interconnectés, la conception de ces appareils et de leurs logiciels passe par une coopération scientifique croissante avec des spécialistes des sciences humaines et sociales, afin de promouvoir une société de l'information accessible par tous.

3.2 Les orientations scientifiques de l'INRIA

3.2.1 De grands défis scientifiques

L'INRIA doit participer aux défis scientifiques posés par ces bouleversements, sans pouvoir, bien entendu, faire face sur tous les fronts. Sans qu'il soit question de chercher à programmer en détail les recherches menées dans les prochaines années, on distingue ci-dessous **cinq défis principaux** à la résolution desquels les chercheurs de l'institut se donnent l'objectif d'apporter des contributions importantes. Pour chacun de ces défis scientifiques, les progrès passeront par le développement de nouvelles idées et la mise au point de nouvelles méthodes et de nouveaux algorithmes, qui se traduiront par des logiciels innovants : logiciels systèmes, protocoles de communication entre divers équipements, logiciels applicatifs, agents intelligents permettant de répartir des tâches dans un environnement distribué, environnements de programmation, etc.

La **modélisation numérique**, point de contact traditionnel avec l'analyse et les équations aux dérivées partielles, s'attaque à des problèmes de plus en plus complexes, en particulier parce qu'ils sont souvent couplés, comme dans les problèmes mêlant fluides et structures, ou parce qu'il cherchent à modéliser des systèmes complets, comme le climat de la planète ou la circulation du sang dans le corps humain. Mais elle cherche en même temps à atteindre une meilleure robustesse, ce qui impose de mettre au point des méthodes d'évaluation et d'amélioration de la précision des simulations, des techniques d'adaptation des méthodes de calcul et des maillages utilisés, des procédures plus sophistiquées d'approximation, de visualisation et de validation des résultats et des moyens permettant au cours du calcul une confrontation entre la simulation et l'expérience. Une autre difficulté vient de la

nécessité d'appréhender un phénomène à de multiples échelles, l'utilisation de modèles de calcul moins fins pouvant être imposée par des contraintes d'efficacité ou, dans certains cas, par la nécessité d'avoir une simulation capable de fournir des réponses en temps réel, ou encore par la volonté d'utiliser la simulation numérique dans une boucle de contrôle ou d'optimisation. La modélisation de phénomènes complexes (chimie moléculaire, phénomènes climatiques, simulation nucléaire,...) est aussi l'occasion de lier simulation et réalité virtuelle. Dans ce cas, la puissance de calcul et la capacité de stockage de données requises sont très importantes, et ce type de simulations fait intervenir de nouveaux problèmes de couplages de modèles, de méthodes de calcul, de génération de maillage, d'algorithmique, ou mêmes liés à la programmation et aux systèmes d'exploitation des machines.

Les **méthodes probabilistes** ou statistiques ont un impact croissant. La modélisation peut être probabiliste dès le départ, lorsqu'il s'agit de décrire un matériau hétérogène, un réseau de télécommunications, un réseau de véhicules automobiles, un écoulement turbulent, le fonctionnement d'un atelier industriel, les défaillances d'un équipement, ou l'évolution du cours d'un actif boursier. Un modèle peut aussi permettre de rendre compte de phénomènes physiques observables à l'échelle macroscopique, dans les phénomènes fractals, le traitement de la parole ou l'analyse de textes écrits, l'analyse

des bases de données génomiques, ou le comportement des algorithmes en fonction des données. Dans ce dernier cas, on assiste à un rapprochement naturel des idées combinatoires et probabilistes. Les méthodes aléatoires peuvent également servir à résoudre efficacement des questions déterministes, comme les algorithmes « randomisés » de la géométrie algorithmique, les certificats rapides de primalité utilisés en cryptographie, ou encore plus audacieusement dans les démonstrations déclarées correctes en probabilités.

Les questions d'**optimisation** sont elles aussi présentes dans un grand nombre de contextes : optimisation de réseaux de télécommunications fondés sur le multiplexage en longueur d'onde ; optimisation de formes dans des contextes très divers (optique, mécanique, aérodynamique, combustion) ; optimisation de problèmes couplés en utilisant des algorithmes génétiques ; optimisation non différentiable ; optimisation combinatoire, etc. Les algorithmes classiques de la recherche opéra-

tionnelle évoluent, se complètent grâce aux possibilités offertes par l'augmentation de la puissance de calcul, comme dans les algorithmes génétiques utilisés pour les situations comportant de très nombreux optimum locaux, et s'appuient sur des techniques informatiques ou se combinent avec elles : techniques de différentiation automatique pour les modèles numériques, techniques de programmation par contraintes pour les problèmes combinatoires, etc.

- **Maîtriser l'infrastructure numérique en sachant programmer, calculer et communiquer sur Internet et sur des réseaux hétérogènes.**

Savoir construire des logiciels distribués, applicatifs ou systèmes prendre en compte la mobilité des utilisateurs comme celle des nœuds du réseau diffuser des flux multimédia ; intégrer les supports nouveaux (sans fil, satellite) et les moyens d'accès nouveaux (portables, « organisateurs », cartes à puces) ; maîtriser et gérer la complexité des réseaux et la qualité de service calculer sur des plates-formes hétérogènes distribuées en utilisant la puissance de calcul comme aujourd'hui l'électricité, « sans savoir d'où elle vient ».

- **Concevoir les nouvelles applications exploitant le Web et les bases de données multimédia.**
Maîtriser les bases de données multimédia très distribuées, le traitement de la langue et l'organisation de la connaissance ; concevoir une interaction homme-machine plus naturelle ; développer de nouvelles méthodes pour la mémoire d'entreprise, le travail coopératif, la fouille de données, la prise de décision.

- **Savoir produire des logiciels sûrs.**
Pouvoir spécifier et écrire des logiciels de haute qualité, modulaires, performants et fiables, pour une grande variété de domaines applicatifs ; développer les concepts et les outils pour une utilisation sécurisée des réseaux.

- **Concevoir et maîtriser l'automatique des systèmes complexes.**
Développer les méthodes pour contrôler et optimiser des systèmes allant des grands réseaux (télécommunications, transports, énergie) jusqu'aux micro-systèmes en passant par les automobiles et les robots ; tirer parti du développement des capteurs miniaturisés ou des micro-robots dans tous les domaines, notamment dans la santé.

- **Combiner simulation et réalité virtuelle.**
Construire des systèmes regroupant analyse d'images, modèles numériques, synthèse d'images et automatique autour de plates-formes expérimentales à hautes performances, avec l'objectif de développer des simulations temps-réel, de permettre des interactions sensorielles, de comprendre les problèmes de modélisation multi-échelles et, pour la conception, de pouvoir optimiser.

3.2.2 Autres éléments essentiels de la politique scientifique de l'INRIA

Dans ce contexte d'extrême vitalité, l'INRIA se doit de **poursuivre avec détermination son implication dans la recherche fondamentale**, clé de sa capacité à mieux comprendre ses domaines scientifiques et à anticiper leurs évolutions à moyen et long termes. Bien évidemment, tous les thèmes de recherche fondamentale ne peuvent être abordés avec le même niveau d'investissement, ce qui implique la nécessité de faire des choix et d'être capable de coopérer, sur de multiples sujets, avec des partenaires scientifiques des universités, des écoles et du CNRS, et avec des partenaires internationaux.

Comme on l'a souligné, l'INRIA a l'avantage essentiel de regrouper en un seul organisme des spécialistes de disciplines – informatique, automatique, traitement du signal, calcul scientifique – qui sont souvent séparées dans d'autres structures, en France comme à l'étranger. Il est indispensable **de cultiver au maximum les synergies** entre ces disciplines, que ce soit au sein de chaque unité de recherche de l'INRIA ou entre ces unités, car elles sont essentielles pour relever les grands défis identifiés ci-dessus. Pour beaucoup de ses travaux, l'INRIA doit aussi s'associer avec des partenaires scientifiques extérieurs comme avec des industriels, de manière souple, adaptée aux problèmes de recherche à traiter. La capacité de **mettre en place des recherches pluridisciplinaires** et des expérimentations de systèmes doit être développée.

Dans des secteurs aussi variés que les télécommunications, les transports, les processus industriels, les systèmes d'information des entreprises, l'innovation s'appuie fortement sur **le développement et la réingénierie de systèmes logiciels de plus en plus complexes**. Pour l'aéronautique civile, le volume de logiciels nécessaire pour une nouvelle génération d'avion est de plusieurs dizaines de fois supérieur à ce qu'il était pour la génération précédente. Cette croissance est nettement plus forte dans le domaine de l'automobile, et bien plus encore dans le secteur des télécommunications. Cette explosion rend nécessaire l'avènement de nouvelles méthodes pour le développement et l'ingénierie des logiciels. Les systèmes logiciels sont organisés autour du concept central d'architecture, qui indique comment s'assemblent et communiquent des composants définis au préalable. On comprend ici pourquoi les méthodes de spécification et de conception de logiciels sont également fécondes dans les domaines des architectures d'ordinateurs ou de la conception de circuits électroniques.

Comment maîtriser cette complexité, comment simplifier l'utilisation de ce gigantesque jeu de construction? Comment définir des composants simples d'emploi? Comment rendre générique une architecture, pour qu'elle soit elle-même réutilisable? Comment déployer ou déplacer composants ou architecture dynamiquement, au gré des besoins qui s'expriment au fil de l'eau? Comment en préserver la lisibilité, l'intégrité, comment assurer la sûreté de conception d'un tel assemblage, comment assurer sa sécurité d'utilisation? Comment prévoir le niveau de performances de ces systèmes complexes? Voilà autant de défis adressés à la communauté des chercheurs, qui a développé et fondé de façon précise les concepts fondamentaux sur lesquels reposent les méthodes de développement de logiciels d'aujourd'hui et de demain : la modularité, les composants et les architectures, la mobilité et la migration, la sécurité et la maîtrise des interactions, etc.

Le dimensionnement des lignes, des routeurs, des serveurs, des caches doit être compris et maîtrisé. Une analyse de mesures de trafic effectuée en 1992, et maintes fois reproduite, a montré que l'appareillage conceptuel de modélisation utilisé pour le trafic téléphonique était inadapté pour la **modélisation de réseaux** à commutation de paquets. En même temps, l'utilisation du réseau

évolue, et l'impact des nouveaux usages « temps réel » (voix sur IP, vidéoconférence, jeux distribués) doit être modélisé et évalué. La théorie de l'information, discipline classique en traitement du signal, se voit renouvelée; la géométrie stochastique, où l'on combine des considérations d'implantations géographiques et des modèles de trafic, prend son essor.

Les relations avec les autres sciences doivent être poursuivies et amplifiées. Les interactions avec la physique, la chimie ou la mécanique sont dans le prolongement naturel d'activités antérieures de l'institut, mais il faut faire des **efforts particuliers en direction des sciences du vivant** : biologie moléculaire, neurobiologie, chirurgie assistée par ordinateur, bio-mécanique, fonctionnement du système nerveux et d'autres systèmes essentiels, modélisation numérique du corps humain, mais aussi aspects biologiques de l'environnement et processus industriels de nature biologique. Dans le même esprit mais à un moindre degré, l'INRIA augmentera son interaction avec des spécialistes des sciences humaines et sociales, pour aborder les questions liées aux implications sociétales du développement de la société de l'information.

3.3 Des recherches à très fort impact

L'impact des recherches scientifiques en informatique et en mathématiques appliquées est considérable, dans tous les secteurs économiques et dans notre vie quotidienne. Le logiciel est partout, et **partout, derrière les innovations technologiques, se posent des questions de recherche**.

*On présente ci-dessous quelques thèmes à très grand impact potentiel économique ou social, auxquels l'INRIA entend se mobiliser fortement dans les prochaines années avec l'objectif d'apporter des contributions marquantes: **télécommunications et multimédia, biologie et santé, ainsi qu'environnement, ingénierie et transports**.*

3.3.1 L'infrastructure de la société de l'information : télécommunications et multimédia

La société de l'information s'appuie sur la conception et le déploiement des nouvelles applications permises par le développement de composants matériels (processeurs, mémoires, fibre optique, ...) ou de systèmes (carte à puces, ordinateurs, téléphones cellulaires, satellites, ...). De plus en plus, dans ce domaine de l'infrastructure de la société de l'information, **l'innovation technologique s'appuie très majoritairement sur le développement de logiciels** : c'est déjà le cas à plus de 80 % dans l'industrie des équipements de télécommunications.

Alors que le réseau téléphonique s'est développé durant plus d'un siècle dans un contexte de relative stabilité technologique, **Internet** et les intranets se déploient à marche forcée. Internet, ensemble ouvert de protocoles standardisés, permet d'accueillir une floraison de technologies nouvelles, dont les technologies radio et satellite, en occultant dans une certaine mesure leurs spécificités à l'utilisateur. Celui-ci souhaite que sa mobilité soit prise en charge par le système informatique, un peu comme le numéro unique prend en charge la mobilité de l'utilisateur du téléphone. Ces recherches débouchent sur des propositions de protocoles et permettent de participer aux discussions stratégiques sur les standards internationaux.

Des défis considérables sont liés au déploiement d'une infrastructure mondiale de communication de données qui puisse **mériter la confiance des utilisateurs**. Ainsi, les questions de sécurité d'accès et de protection des données et des échanges sont cruciales pour le développement du commerce. Cryptographie, mise en place de protocoles de gestions de clefs, utilisation de cartes à puces sont des sujets essentiels. La protection des biens immatériels (sons, images, plans, textes) pose des problèmes difficiles puisque l'ordinateur permet à la fois de mieux protéger et de mieux attaquer. A plus long terme se forme l'image du microprocesseur omniprésent dans la société, un peu comme l'est aujourd'hui le courant électrique. L'individu se meut dans cet environnement auquel il a accès de manière transparente, faisant appel à des ressources plus ou moins importantes ou éloignées qu'il doit pouvoir mobiliser sur des applications distribuées, par l'intermédiaire d'équipements très divers. En termes de modèles de programmation, d'architecture de systèmes, de gestion des ressources, d'interface homme-machine, les questions sont légion.

Le développement d'Internet, permettant une coopération scientifique inégalée, un accès à des documents originaux dans des délais raccourcis, une communication accélérée, fait naître un espoir d'**accès nouveau au savoir**. Pour que cet espoir puisse se matérialiser, il reste encore beaucoup de chemin à parcourir. L'ingénierie des langues doit se développer autour d'outils qui essaient de résoudre les problèmes, parfois insurmontables, du traitement des bases de données textuelles multilingues et de la traduction automatique. Les outils d'organisation et d'extraction des connaissances sont importants dans certaines disciplines scientifiques, mais font surtout l'objet de demandes industrielles, dans le contexte de projets où plusieurs partenaires coopèrent sur une longue période de temps à une tâche technique compli-

quée. L'adoption par l'industrie du standard XML permet d'envisager des intégrations nouvelles entre bases de données, et entre bases de données et systèmes de gestion électronique de documents. Ainsi, la clé d'une productivité accrue de plusieurs secteurs industriels est dans une meilleure mise en commun des connaissances. Le soutien informatisé aux documents exige aussi que les fonctionnalités permettant de gérer l'écrit puissent être disponibles pour d'autres modalités: images, images 3D, vidéos, schémas de toute nature. La recherche d'information multimédia, l'assistance en ligne de l'utilisateur au cours d'une recherche sur le **Web**, le traitement de documents « multi-modalités » sur Internet (par exemple image et texte, vidéo et son, etc.) sont donc des sujets très actifs, et à très fort impact éducatif et culturel.

Les **transports** fournissent un champ d'application très riche pour de très nombreux thèmes de recherche en informatique et en mathématiques appliquées*. On peut citer, pour une automobile, les problèmes liés au pilotage d'organes isolés, à la gestion globale de ces organes, à la fiabilité de l'architecture logicielle et matérielle embarquée, aux outils d'observation de l'environnement... ou du conducteur (détection d'une baisse de vigilance). Certaines de ces recherches sont intimement liées à des aspects critiques de l'amélioration des véhi-

cules (comme le contrôle de l'émission de polluants pour les moteurs à combustion interne, par exemple). La modélisation des systèmes de transport (gestion de flottes, modèles de trafic) donne lieu à des nouvelles applications de certains modèles utilisés pour décrire les réseaux de télécommunications, et pourrait donner naissance dans les prochaines années à de nouveaux types d'usages ou de politique d'accès aux moyens de transports.

* Voir le rapport «La modélisation dans les transports terrestres» rédigé pour le PREDIT par un groupe de travail présidé par G. Kahn et coordonné par F. Yguel, juin 1999.

La convergence entre les télécommunications, l'informatique et l'audiovisuel est une réalité pour les recherches d'aujourd'hui. L'analyse d'images, autrefois principalement orientée vers les applications de renseignement militaire ou économique, s'intéresse maintenant beaucoup plus à la production **multimédia**, rejoignant et coopérant avec la synthèse d'images. De ce côté, la démocratisation longuement attendue du graphique 3D est aujourd'hui en marche de manière irrévversible et, en partie à cause des jeux, les possibilités de graphique 3D de très haute performance seront à la disposition de tous, un peu comme la couleur l'est devenue dans les années 80. Les questions de modélisation numérique en temps réel, de représentations multi-échelles, de combinaison des graphiques avec les communications, de compression de données sont des sujets techniquement difficiles et qui suscitent une forte attente des industriels.

3.3.2 La conception de systèmes complexes : ingénierie et transports

Les sociétés développées reposent sur **la conception et la production d'objets et de grands systèmes de plus en plus complexes** : la complexité est maintenant intrinsèque aux objets considérés individuellement (automobiles, avions civils ou militaires, téléphones, télévisions, ordinateurs, robots, satellites, chacun de ces objets étant lui-même un assemblage de composants variés), et aux systèmes qu'ils constituent (constellations de satellites, systèmes de défense, systèmes manufacturiers, systèmes de transports).

Le développement de l'informatique en a fait un maillon essentiel du processus de conception des produits industriels comme du fonctionnement des systèmes qui les incorporent : systèmes de production industrielle, de transports aériens et terrestres, de défense, de surveillance au sein desquels nous vivons. On assiste ainsi au développement de la **modélisation à grande échelle** de problèmes scientifiques, de la conception sur ordinateur de produits industriels, de la conception et de la gestion de réseaux (distribution d'eau, d'électricité, réseaux routiers et ferroviaires, trafic aérien, etc.). La mécanique des fluides numérique, la modélisation des matériaux, l'évaluation des risques financiers, l'optimisation sous toutes ses formes demandent à la fois des recherches en calcul scientifique et en informatique. Le « prototypage » et la **réalité virtuelle** qui permettent de modéliser des « objets », de les simuler et *in fine* de les faire fonctionner sans les fabriquer, seront les méthodologies de base de la conception des produits industriels. Des difficultés techniques considérables devront encore être surmontées pour mettre au point les chaînes de conception « tout intégrées » du futur, qui combineront la CAO, des modèles de simulation et d'optimisation de formes et de matériaux, avec des outils adaptés de post-traitement et de validation des résultats, des interfaces multimodales efficaces et naturelles, et la conception des logiciels embarqués.

La **recherche opérationnelle**, née pendant la guerre de besoins de logistique militaire, retrouve une nouvelle vigueur dans un monde plus technique, où l'on doit allouer de manière optimale des fréquences optiques, des emplacements de parking d'avions ou livrer à domicile tous les produits achetés via le commerce électronique. Pour la résolution des problèmes d'optimisation discrète, elle rejoint des techniques de programmation par contraintes, et l'informatique intervient alors aussi bien dans la conception initiale que dans l'exécution temps réel. Les questions rencontrées dans le domaine de la productique et de l'ordonnancement sont aussi l'objet d'un regain d'intérêt.

Les **systèmes embarqués**, en même temps qu'ils se miniaturisent, contiennent de plus en plus d'informatique, mêlant logiciels de type combinatoire à états finis, par exemple pour les tableaux de bords d'appareils, et logiciels de surveillance et de contrôle continu. L'automatique y trouve un renouvellement important. Les systèmes micro-électro-mécaniques lui ouvrent un champ nouveau et passionnant. Les logiciels, partie intégrante du système, doivent atteindre un niveau de fiabilité élevé, bien que le coût de leur développement et la durée de leur mise au point soient contraints.

Les recherches dans le domaine de l'**environnement** font de plus en plus appel aux STIC, car elles visent à développer des modèles de prévision et des études d'impact de plus en plus précis, tout en multipliant les moyens d'observation, et donc les données disponibles. Que ce soit pour la gestion de la qualité de l'air ou de l'eau, pour l'aide à la prévention des catastrophes et situations à risques telles que les inondations, les incendies de forêts, les tremblements de terre, les accidents industriels ou les épisodes de pollution, on a affaire à une gigantesque masse de données hétérogènes, dont la gestion pose des problèmes nouveaux de traitement de l'information et d'intégration ou de fusion de données. Le développement de modèles prédictifs, prenant en compte des phénomènes physico-chimiques complexes (couplage océan-atmosphère pour les études climatiques, couplage atmosphère-chimie pour la pollution atmosphérique), fait appel

à des moyens de calculs de plus en plus importants et nécessite des algorithmes performants sur des calculateurs parallèles. Il s'appuie également sur des méthodes mathématiques, issues notamment de l'automatique et de l'optimisation, pour réduire le nombre des variables prises en compte dans une modélisation, ou pour recalculer un modèle en utilisant les données mesurées sur le terrain, par des méthodes de type assimilation de données. Des progrès sont attendus au cours des prochaines années au carrefour des méthodes de simulation numérique pour les écoulements atmosphériques ou océaniques, des méthodes de traitement d'images classiquement utilisées en télédétection (extraction de contours, suivi de structures, etc.) et des méthodes de traitement de l'information et de la connaissance pour guider l'interprétation des multiples données disponibles.

3.3.3 La modélisation des systèmes naturels : biologie et santé, environnement

La compréhension des systèmes naturels (les êtres vivants, la planète, le climat, l'environnement) exige la collecte, la représentation, la classification d'informations en quantité considérable afin de pouvoir élaborer les modèles qui, seuls, permettront d'améliorer notre capacité à les comprendre, et à les maîtriser ou les « réparer » lorsque cela est possible. La modélisation de ces systèmes pose donc plusieurs types de problèmes pour lesquels **une collaboration forte avec les STIC est nécessaire**¹²: l'analyse et la classification d'une quantité énorme de données «brutes », comme le montrent les exemples de la cartographie du génome ou des données climatiques, puis la qualification de ces données pour les transformer en informations susceptibles d'être intégrées ensuite dans des modèles mathématiques opérationnels.

Les sciences du vivant sont une source nouvelle, très importante, de problèmes de recherche et d'applications des STIC. L'exemple le plus évident est la **génomique** : en se plaçant dans une perspective où des génomes d'organismes complets sont identifiés, il reste tout à faire en face d'une masse considérable d'informations dont il faut comprendre l'organisation et la signification, par des analyses statistiques, par des algorithmes de comparaison intra et inter organismes, et en mettant en jeu des connaissances chimiques et biologiques de toutes natures dans un système informatisé. Dans ce domaine, comme d'ailleurs en médecine ou en chirurgie, l'ordinateur est en quelque sorte le microscope des temps modernes en ce qu'il permet de voir et de comprendre ce qui n'est guère visible à l'œil nu dans une masse de données numériques. Le traitement des **images médicales** volumiques (ou 4D lorsqu'un organe comme le cœur est analysé en mouvement) est un autre exemple de traitement de grandes quantités de données; l'objectif est de mieux comprendre scientifiquement les phénomènes, par exemple dans l'imagerie du cerveau, ou de réaliser des économies dans le choix des traitements ou des progrès dans la qualité des diagnostics. Lorsque les capteurs peuvent être utilisés en per-opératoire (par exemple caméras ou sondes à ultrasons), on s'achemine vers une utilisation de l'ordinateur en chirurgie qui s'apparente d'une certaine façon à son utilisation en aéronautique : planification d'opérations, mesures et recalage de diverses modalités, superposition de l'image réelle et d'indications diverses comme dans le pilotage tête haute, entraînement des chirurgiens sur simulateurs. La miniaturisation des microprocesseurs et les progrès réalisés dans la technologie des capteurs qui peuvent être insérés dans le corps humain permettent d'envisager une insertion d'appareils de contrôle beaucoup plus élaborés dans les **prothèses** ou les orthèses, pourvu que l'on soit capable de comprendre de multiples phénomènes physico-chimiques ou de signalisation électrique de l'organisme, et d'utiliser les informations fournies par ces capteurs dans des boucles de contrôle ou de diagnostic. De même, certains examens pourront être réalisés à domicile, avec une connexion télématique reliant journellement le patient à un centre de supervision.

Un autre objectif très ambitieux, vers lequel les capteurs, les modèles mathématiques et les logiciels modernes permettent de progresser concerne la compréhension de systèmes corporels complexes, tels que le système cardio-vasculaire ou la circulation sanguine, grâce au progrès de divers types d'imagerie fonctionnelle. Notamment, le rapprochement entre les STIC et les **neurosciences** permettra des progrès dans la compréhension du fonctionnement du cerveau, qui représente un des défis scientifiques les plus difficiles des prochaines décennies. La quantité de données disponibles et à venir, leur diversité, la complexité de l'organisation de l'objet qu'elles tentent de cerner posent des problèmes spécifiques très ardues, et ces difficultés pourraient être en grande partie surmontées grâce à l'utilisation de l'informatique et d'outils statistiques.

¹² Voir le rapport du NIH « The biomedical information science and technology initiative » de juin 1999, disponible à : <http://www.nih.gov/welcome/director/060399.htm>.

L'industrie s'appuie, elle aussi, de plus en plus sur les sciences du vivant. C'est le cas, bien évidemment de l'**industrie agro-alimentaire**, domaine privilégié de certaines applications de la génomique et dans laquelle la modélisation des divers facteurs qui influent sur la croissance des plantes (ensoleillement, irrigation, proximité d'autres plantes, etc.) joue aussi un rôle. Les procédés utilisés dans la fabrication des aliments, l'aquaculture ou l'épuration de l'eau font intervenir des processus biologiques qui doivent être modélisés, identifiés et contrôlés. L'industrie du médicament mérite aussi une mention particulière en ce qu'elle est massivement consommatrice des idées en provenance des STIC : énumération des structures moléculaires d'intérêt potentiel, modélisation moléculaire, traitement d'images dans le suivi des effets thérapeutiques, analyse et logiciels statistiques pour planifier avec efficacité les essais thérapeutiques, etc.

Une des conséquences du bouillonnement de la société de l'information est l'accroissement de la variété des actions menées par l'institut. Il est important de bien prendre conscience de cette **diversité croissante des activités de recherche**, et donc des équipes de recherche et des profils des chercheurs qui ont leur place au sein de l'institut, afin de veiller à la maintenir, voire à la renforcer. Certains chercheurs ont une activité principalement théorique, ayant un lien plus ou moins étroit avec des applications, d'autres se consacrent davantage à des collaborations industrielles, d'autres encore mènent une recherche où rentre une grande part d'activités de réalisations de logiciels, et que l'on pourrait à certains égards rapprocher parfois des recherches expérimentales dont d'autres disciplines ont davantage l'habitude. Sur un autre plan, l'institut continue d'avoir besoin de spécialistes très pointus de tel ou tel sujet de recherche, mais il aura aussi de plus en plus besoin dans les prochaines années d'équipes pluridisciplinaires, et de chercheurs capables d'avoir eux-mêmes un spectre disciplinaire large, et d'être thématiquement mobiles au cours de leurs carrières. Autre source de diversité, certains chercheurs

abordent des sujets très neufs ou entièrement renouvelés par les évolutions technologiques récentes, alors que d'autres continuent d'étudier des problématiques qui restent très vivantes mais dont les grandes lignes ont peu changé depuis dix ans. Les actions de transfert technologique font apparaître une diversité plus grande encore : le transfert de la recherche n'est plus toujours l'objet d'une collaboration avec un et des industriels bien identifiés, il peut s'agir de transfert vers des domaines non industriels, voire non marchands, et les travaux à mener peuvent prendre des formes très diverses (développement de prototypes logiciels, intégration de divers résultats de recherches venant de plusieurs équipes, etc.), avec des objectifs variés (standardisation d'une spécification, d'un protocole ou d'un logiciel, transfert d'un prototype logiciel, mise au point d'une plate-forme, vérification de la faisabilité de tel développement, création d'une entreprise, etc.). Tous ces types de recherches et d'actions de transfert technologique, tous ces profils de chercheurs et d'équipes ont leur place à l'INRIA, et cette nécessaire diversité représente un défi pour l'organisation de la recherche menée à l'institut, ainsi que pour son évaluation.

4. Une stratégie ambitieuse

L'INRIA a l'ambition d'être reconnu dans les prochaines années comme le meilleur centre de recherche européen et l'un des tout meilleurs mondiaux dans les domaines de l'informatique et des mathématiques appliquées, et d'amplifier en France son rôle moteur au bénéfice de l'ensemble des acteurs de la recherche dans ce domaine.

Les principales étapes du chemin à parcourir vers la réalisation de cette ambition découlent des missions qui ont été confiées à l'institut et de sa vision, décrite ci-dessus, du monde scientifique et technologique dans lequel s'inscrit aujourd'hui son action. De ses missions, fixées par décret au moment de sa transformation en EPST en 1985, l'INRIA continuera dans les prochaines années de retenir principalement **deux grands objectifs : l'excellence scientifique et le transfert technologique**. Combiner intimement ces deux objectifs est le fondement de la stratégie de l'institut, car l'innovation dans le domaine des STIC s'appuie aujourd'hui de façon essentielle sur la recherche scientifique, parfois la plus théorique. De ces deux objectifs stratégiques découlent les deux principaux critères à l'aune desquels s'évalue l'action de l'institut : le rayonnement au sein de la communauté scientifique internationale et l'impact économique et social de ses recherches.

Au-delà de ces deux objectifs principaux, l'INRIA continuera à porter l'attention la plus grande à sa contribution à l'effort national de **formation par la recherche**, en liaison étroite avec ses partenaires, universités et écoles. Sur un autre plan, l'institut privilégiera également ses missions qui concernent la **diffusion de l'information scientifique et technique** et sa **participation à des programmes de coopération internationale** et pour le développement.

Les principaux objectifs de l'INRIA et les aspects essentiels de sa politique générale pour les prochaines années sont décrits ci-dessous. Ils sont répartis dans les deux sections suivantes en fonction des deux objectifs stratégiques d'excellence scientifique et de transfert technologique (d'une façon parfois un peu arbitraire tant ces deux aspects sont liés) ; la stratégie de l'institut en matière de relations internationales, qui porte à la fois sur les aspects scientifiques et technologiques, est présentée ensuite dans la section 4.3.

4.1 L'excellence scientifique

L'excellence scientifique est le premier objectif stratégique de l'INRIA. C'est sur elle que repose d'abord le rayonnement international de l'institut et sa capacité à attirer des collaborateurs du meilleur niveau, et c'est en priorité sur la qualité de ses recherches et de sa vision scientifique que l'INRIA peut s'appuyer pour développer ses partenariats avec les organismes français de recherche et d'enseignement supérieur et jouer pleinement son rôle moteur au sein du dispositif national de recherche dans le domaine des STIC. L'excellence scientifique doit être favorisée par une organisation de la recherche suffisamment souple et réactive, promouvant l'autonomie et permettant la diversité. Enfin, le garant de l'excellence est le processus d'évaluation de la recherche, qui doit rester la pierre d'angle de la vie scientifique de l'institut et englober toutes les composantes de ses travaux.

Malgré ses avantages, l'organisation en projets de recherche ne suffit pas, à elle seule, à assurer toujours le dynamisme, la souplesse et l'efficacité de la recherche. **Promouvoir la pluridisciplinarité, favoriser l'autonomie des jeunes chercheurs**, notamment en leur permettant de piloter des actions de recherche coopératives et en leur donnant des possibilités de mobilité ou d'encadrement, promouvoir les mobilités entre équipes de recherche, mettre en place davantage de **collabo-**

rations inter-projets, éviter les redondances non justifiées, favoriser l'émergence de nouveaux leaders : voilà qui doit rester des préoccupations permanentes des directions d'unités de recherche et de la direction de l'institut. Dans le même esprit, pour favoriser le renouvellement et l'accès à l'autonomie et aux responsabilités scientifiques, il faut réaffirmer la règle selon laquelle personne ne peut diriger pendant plus de 12 ans le même projet de recherche.

Parmi les organismes de recherche et d'enseignement supérieur français partenaires de l'INRIA, le CNRS occupe une place particulière. L'institut souhaite durant les prochaines années **renforcer son partenariat privilégié avec le CNRS**, et a fait récemment plusieurs propositions en ce sens, en vue de mettre en place une plus grande **coordination des politiques scientifiques des deux organismes dans le domaine des STIC**, en transformant en actions communes, pilotées conjointement, les programmes d'actions de recherche coopératives et de bourses post-doctorales que l'INRIA met déjà en œuvre au bénéfice de l'en-

semble de la communauté nationale, en augmentant la coordination entre les deux organismes en matière d'actions internationales dans le secteur des STIC, et en examinant les possibilités de réflexions ou d'actions communes autour des questions de valorisation, de développement de logiciels, de dépôts de brevets ou d'incubations d'entreprises. Moins développé aujourd'hui, le **partenariat entre l'INRIA et le GET** a également vocation à se renforcer de façon privilégiée au cours des prochaines années compte tenu de l'implication croissante de l'institut dans le domaine des télécommunications.

4.1.1 Une organisation de la recherche souple et adaptée

Pour privilégier la souplesse et la réactivité, et sans préjudice des laboratoires communs auxquels l'institut participe en partenariat avec d'autres organismes, le principe d'organisation de la recherche reconnu par l'INRIA doit rester **l'organisation en projets de recherche**. Un projet de recherche¹³ est une équipe de taille limitée (de 10 à 25 personnes environ en comptant tous les collaborateurs de l'équipe, y compris en formation), avec des objectifs scientifiques et un programme de recherche clairement définis, sur une thématique relativement focalisée, dirigée par un chef de projet qui a la responsabilité de mener et coordonner les travaux de l'ensemble de l'équipe. Que leur équipe soit simplement rattachée à une unité de recherche de l'institut ou qu'elle soit insérée dans une unité mixte de recherche commune avec d'autres établissements, les chefs de projets ont une responsabilité essentielle dans la vie scientifique de l'INRIA.

Comme on l'a déjà signalé, le renforcement du processus d'évaluation a conduit ces dernières années à un meilleur renouvellement des projets de recherche, avec notamment un nombre de décisions d'arrêt de projets de recherche plus élevé que par le passé. Cette médaille a un revers, l'augmentation du nombre des chercheurs qui, provisoirement, ne sont plus rattachés à une équipe identifiée. Si des efforts suffisants ne sont pas faits pour proposer à certains de ces chercheurs de rejoindre des équipes existantes ou en train de se former, et pour favoriser, le cas échéant, l'inflexion ainsi donnée à leurs recherches, voire leur éventuelle reconversion, cette situation pourrait avoir des effets négatifs importants, avec une augmentation du nombre des équipes et une réduction de leur taille moyenne. L'INRIA doit trouver le chemin de cette **meilleure mobilité thématique** et éviter ce risque d'émiettement de ses efforts, notamment en favorisant le développement de projets multi-localisés.

4.1.2 Les partenariats académiques et la politique régionale

L'INRIA poursuivra résolument sa politique active d'ouverture et de partenariat avec les autres organismes de recherche, les universités et les grandes écoles. Ces partenariats sont très enrichissants et essentiels, lorsqu'ils sont noués dans les domaines de compétences de l'institut, pour amplifier les collaborations au sein de la communauté des chercheurs en informatique et mathématiques appliquées, et pour développer l'implication des équipes de l'institut dans les activités d'enseignement et de formation. D'autre part, même s'ils sont alors moins faciles à mettre en place, ils sont stratégiques lorsqu'ils concernent des organismes ou équipes de recherche d'autres domaines, car ils représentent alors le moyen privilégié d'attaquer les grands défis scientifiques ou applicatifs situés aux frontières des disciplines : bio-informatique, STIC et médecine, STIC et sciences humaines et sociales, etc. Dans cette optique, ce sera une tâche importante des prochaines années que de continuer à développer les partenariats qui existent déjà, à des degrés divers, avec le CEA, le CEMAGREF, le CIRAD, le CNES, l'IFREMER, l'INRETS ou l'INSERM, en favorisant la mise en place d'actions de recherche communes, voire d'équipes de recherche communes lorsque ce sera possible.

¹³ Tout en employant parfois le mot « équipe » (ce texte en est l'illustration), plus usité dans le monde académique, et malgré la possibilité d'ambiguïté qui peut s'attacher à l'emploi du mot « projet », l'institut choisit de continuer à appeler ses équipes « projets de recherche » (*project-team* anglais) pour manifester l'importance accordée à l'existence d'objectifs communs à tous les membres d'un projet.

En conformité avec les fondements de l'organisation et de l'évaluation de la recherche à l'INRIA, le principe de base des collaborations de longue durée de l'INRIA avec les autres établissements de recherche et d'enseignement supérieur est la mise en place d'équipes de recherche communes. Lorsque plusieurs de ces équipes sont rattachées à une même unité mixte de recherche (UMR) commune au CNRS et à l'université, l'INRIA

a vocation à participer à la contractualisation de cette UMR, comme c'est déjà le cas aujourd'hui. Pour développer, au-delà de ces UMR, les possibilités de créer des équipes communes avec d'autres établissements, l'institut a l'intention de **proposer aux universités, aux écoles et aux autres organismes une formule d'association** sous forme de projets communs de recherche.

Pour accroître ses partenariats au sein de la communauté scientifique nationale, l'INRIA souhaite développer dans les prochaines années des relations privilégiées avec des centres d'excellence français au sein d'universités ou écoles en mettant en place **quelques équipes de recherche communes hors des sites de ses unités de recherche**. Ces implantations devront être choisies en fonction de l'intérêt scientifique et technologique des thèmes de recherche et de leur complémentarité par rapport aux équipes INRIA existantes, de la valeur ajoutée que pourra apporter l'implication de l'institut, et de la volonté de partenariat des équipes locales et de leurs établissements de rattachement. Pour que cette politique atteigne réellement ses objectifs et pour éviter l'écueil d'une association qui serait une simple labellisation et conduirait à une dispersion inefficace des moyens, il faudra veiller à appliquer quelques principes essentiels : chacun de ces projets communs de recherche «hors-site» devra avoir un lien scientifique fort avec une unité de recherche de l'institut, et l'affectation de chercheurs INRIA dans ces projets hors unités de recherche ne sera prononcée que pour des durées limitées, renouvelables, liées aux échéances des contrats quadriennaux des établissements concernés. Cette **politique de « croissance externe » et d'élargissement géographique**, qui représente une inflexion sensible dans l'histoire de l'institut, ne pourra être menée que progressivement : on estime environ à une demi-douzaine le nombre de ces équipes «hors-sites » qui pourraient être mises en place dans les 4 ou 5 prochaines années. C'est vers la fin de cette période que l'on pourra utilement examiner la possibilité de mettre en place une sixième unité de recherche de l'institut.

Comme on le voit, même avec cet élargissement géographique, **chaque unité de recherche de l'institut continuera de jouer un rôle régional, voire interrégional, très fort**, et d'être un échelon essentiel dans la politique de partenariat de l'INRIA. Autour de chaque unité, les partenariats locaux resteront un facteur de dynamisme très important :

- Dans les unités de **Lorraine** (implantée principalement à Nancy, ainsi qu'à Metz), de **Rennes** et de **Rhône-Alpes** (implantée principalement à Grenoble, ainsi qu'à Lyon), les liens avec les universités et le CNRS sont déjà étroits, les équipes de recherche communes sont largement majoritaires. La concertation est bien établie avec les établissements d'enseignement supérieur partenaires de l'institut : l'Institut National Polytechnique de Lorraine, l'Université Henri Poincaré, l'Université Nancy 2 et l'Université de Metz en Lorraine ; l'INSA de Rennes, l'Université de Rennes 1 et l'ENST en Bretagne ; l'École Normale Supérieure de Lyon, l'Institut National Polytechnique de Grenoble et l'Université Joseph Fourier en région Rhône-Alpes. Cette politique de partenariat sera bien sûr poursuivie.
- Les choses sont moins avancées dans cette direction à **Sophia Antipolis**, où l'institut a cependant plusieurs projets communs avec l'Université de Nice Sophia Antipolis, l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris, l'École Nationale des Ponts et Chaussées et le CNRS. Les réflexions démarrent, avec ces partenaires et l'institut Eurécom, pour examiner comment il serait possible de faire évoluer progressivement l'ensemble du dispositif de recherche et d'enseignement supérieur en informatique et mathématiques appliquées de ce site **vers un dispositif plus unifié et renforcé**. L'INRIA s'impliquera activement dans ces réflexions.

Le processus d'évaluation des travaux menés par les projets de recherche de l'institut a été mis en place, sous sa forme actuelle, en 1993. Un « programme », qui regroupe une dizaine d'équipes de recherche ayant une bonne proximité thématique, est évalué tous les 4 ans, en faisant appel à un collège d'une dizaine d'experts extérieurs, issus en proportions sensiblement égales de la communauté scientifique et du monde industriel, de France et de l'étranger. Chaque équipe est examinée en détail par trois évaluateurs au moins, dont un industriel. Les experts reçoivent les rapports d'activité des projets de recherche, ainsi que les documents exposant la stratégie de l'institut et les critères d'évaluation. Ils sont invités à rendre visite aux équipes de recherche, puis ils participent à un séminaire interne de deux jours qui réunit les chercheurs des projets du programme, la direction de l'institut et les membres de la commission d'évaluation de l'INRIA, séminaire au cours duquel chaque chef de

projet présente les activités menées par le projet durant les quatre dernières années et propose des objectifs pour la période à venir. La synthèse des observations des experts est ensuite rédigée dans un anonymat complet vis-à-vis de l'INRIA, ce qui permet aux évaluateurs d'exprimer pleinement et librement leurs opinions. Après avoir laissé aux chefs de projets le temps de faire part de leurs remarques sur le rapport de synthèse des évaluateurs, la commission d'évaluation formule des recommandations sur l'économie générale du programme et sur l'évolution de chaque projet: reconduction jusqu'à la prochaine évaluation, redéfinition de certains objectifs, restructuration profonde ou arrêt. Ces recommandations font l'objet d'un avis du conseil scientifique de l'INRIA, et une décision de prolongement ou d'arrêt de chaque projet de recherche, prise par la direction de l'institut, conclut le processus.

L'institut continuera à veiller à l'adaptation et à l'amélioration régulière de son processus d'évaluation. En écho à une remarque régulièrement formulée par les évaluateurs des programmes, il conviendra d'insister au cours des prochaines années pour demander à chaque équipe de recherche de présenter davantage le contexte international dans lequel s'inscrivent ses travaux, et de mieux expliciter ses objectifs. Sur un autre plan, l'institut continuera à donner aux membres exté-

rieurs au sein de ses jurys la place la plus grande compatible avec les textes en vigueur, et veillera à assurer un bon renouvellement et la plus grande indépendance des experts et des évaluateurs auxquels il fait appel. Dans un domaine encore différent se pose la question de l'évaluation des activités menées par les chercheurs isolés, placés hors des équipes de recherche, et auxquels l'institut se doit de proposer une évaluation.

- **En Ile-de-France**, les établissements d'enseignement supérieur partenaires de l'INRIA sont plus nombreux et dispersés que pour chaque site de province : École Normale Supérieure, École Polytechnique, Université de Marne-la-Vallée, Universités de Paris 6, 7, 9 et 11, et Université de Versailles-Saint Quentin. Forte des liens déjà nombreux qu'elle a déjà tissés avec eux, l'unité de Rocquencourt a vocation à **augmenter sensiblement le nombre de projets de recherche communs** avec ces établissements. Il est également important que les prochaines années voient la préparation et le début de la réalisation d'un projet ambitieux pour l'évolution de l'implantation de l'INRIA en Ile-de-France : d'une part, il est indispensable de **hâter la modernisation du site de Rocquencourt**, qui devrait devenir un site « vitrine » plus apte à héberger le siège de l'institut et sa plus grosse unité de recherche ; d'autre part, l'institut souhaite **renforcer ses liens avec l'université de Versailles-Saint Quentin**, la plus proche de Rocquencourt, et souhaite examiner la possibilité de monter un projet d'installation d'une **implantation sur le plateau de Saclay**, en lien avec ses partenaires de la région du Sud-Ouest de la capitale (l'Université de Paris 11 Orsay, l'École Polytechnique et Supélec, voire l'Université d'Evry).

4.1.3 Un processus d'évaluation complet et exigeant

Veiller en permanence à la qualité et à l'exigence du processus d'évaluation de la recherche, ainsi qu'à sa bonne capacité à prendre en compte l'ensemble de l'action de l'institut, doit être une préoccupation stratégique permanente de la direction de l'INRIA et, bien sûr, de la commission d'évaluation avec qui elle dialogue régulièrement. On a déjà souligné la largeur du spectre d'activités qu'il faut considérer : savoir mieux apprécier qualitativement l'impact technologique et économique des actions de l'INRIA, en prenant en compte la grande diversité des modes de transfert ; évaluer les travaux menés au sein des actions de développement avec autant d'attention que ceux menés au sein des équipes de recherche ; prendre en compte la diversité des activités de recherche, depuis les plus théoriques jusqu'aux réalisations de logiciels, apprécier les actions de formation, les tâches d'encadrement, les responsabilités collectives, les tâches d'animation scientifique inter-projets ou interdisciplinaires, les capacités à la pluridisciplinarité, les expériences de mobilité ou les actions d'expertise, les efforts déployés pour des actions de vulgarisation ou de diffusion de l'information scientifique et technique. A côté de la « production scientifique traditionnelle », traduite en publications, et dont la prise en compte lors de l'évaluation par les pairs est plus classique, la commission d'évaluation doit donc, plus encore qu'elle ne le fait déjà, **examiner et valoriser un éventail d'activités très large** lors des évaluations des équipes et lors des évaluations des chercheurs.

En complément à son processus d'évaluation actuel par programme, l'institut proposera à son conseil scientifique une réflexion sur la **mise en place d'un « visiting committee »** qui pourrait, tous les 3 ou 4 ans, apporter à ce conseil et à la direction de l'institut un regard extérieur sur l'ensemble des activités de l'INRIA. Un tel dispositif, distinct de l'évaluation des projets et programmes, serait utile pour **examiner l'équilibre général des thèmes de recherche**, donner des éléments pour déterminer les évolutions de cet équilibre et choisir les principaux domaines où l'institut doit porter ses efforts, apprécier la pertinence de l'organisation de la recherche et des activités de transfert technologique, ou le rayonnement international de l'institut.

L'évaluation des recherches doit aussi être l'occasion de réflexions tournées vers l'avenir. En effet, les domaines de recherche dans lesquels l'institut devra être présent dans cinq ou dix ans n'ont pas de raison forte de se situer tous dans le droit prolongement des travaux actuels. C'est pourquoi il est indispensable de mener au meilleur niveau une véritable **réflexion prospective**, qui tienne compte des besoins des secteurs applicatifs et s'appuie sur les partenaires de l'institut, notamment des industriels et des centres d'excellence internationaux. L'institut poursuivra les efforts menés depuis 1997

pour rédiger, à la suite des évaluations des programmes, des rapports de prospective qui exposent sa vision de l'évolution générale du domaine et de l'évolution de ses propres activités ; le futur « *visiting committee* » jouera également un rôle intéressant dans cette optique. La préparation du présent Plan stratégique a d'ailleurs été l'occasion d'un effort particulier de réflexion prospective de la part de toutes les équipes de recherche de l'institut, et les contributions résultant de ces réflexions peuvent être consultées sur le site Web de la direction scientifique de l'institut.

L'ensemble des **activités de formation** menées aujourd'hui par les personnels de l'INRIA est très fourni et complet. En amont de l'encadrement doctoral, il faut d'abord souligner l'importante participation des chercheurs de l'INRIA à des enseignements de deuxième et surtout de troisième cycle, dans les universités et les grandes écoles, qui représente environ 5500 heures de cours par an, soit presque vingt heures par chercheur et par an. L'institut continuera, avec les établissements d'enseignement supérieur, à contribuer à faire face au défi de l'enseignement des STIC. L'INRIA accueille aussi de très nombreux stagiaires dans ses projets de recherche : environ 250 par an, parfois dans le cadre de stages de fin d'études d'écoles d'ingénieurs, majoritairement dans le cadre de stages de DEA. Ce sont ensuite environ 150 thèses de docto-

rat en informatique, automatique et calcul scientifique qui sont soutenues chaque année après préparation dans une équipe de recherche de l'institut, en relation étroite avec les formations doctorales auxquelles ces équipes sont liées, ce qui représente environ 20 % des thèses soutenues en France dans ces domaines scientifiques. Ces jeunes docteurs ayant préparé leur thèse dans les équipes de recherche de l'INRIA se répartissent en proportions pratiquement égales entre le milieu de la recherche et de l'enseignement supérieur et le milieu industriel ; dans le domaine de l'informatique et des mathématiques appliquées, ce sont ainsi environ la moitié des docteurs trouvant un débouché dans l'industrie française qui sont formés au sein des projets de recherche de l'INRIA.

L'INRIA continuera aussi à **accorder l'attention la plus grande à la qualité du recrutement de ses chercheurs**, qui doit se placer au meilleur niveau international. Pour répondre à cette exigence, l'institut donnera une publicité plus large à ses ouvertures de postes, nationalement et internationalement. Il est aussi essentiel que l'ouverture du recrutement des chercheurs soit en accord avec la diversité des profils scientifiques et des personnalités dont l'INRIA a besoin. Il faut donc éviter que le seul « point d'entrée » à l'INRIA soit le concours des chargés de recherche de deuxième classe, d'autant plus que l'existence de la limite d'âge a un effet normatif assez fort quant aux profils des candidats à ce concours. C'est la raison pour laquelle l'institut a veillé depuis trois ans à ouvrir largement son recrutement de directeurs de recherche à des candidats extérieurs. Dans le même esprit, il serait très souhaitable de **retrouver la possibilité d'ouvrir un concours pour le recrutement de chargés de recherche de première classe** (où les candidats ne sont pas soumis à une limite d'âge), ce que l'institut n'a malheureusement pas pu faire depuis plus de 5 ans compte tenu du ralentissement extrêmement net du début des carrières des chercheurs.

4.1.4 La formation par la recherche

Avec le progrès des connaissances scientifiques et le transfert technologique, **l'INRIA considère que ses activités de formation par la recherche sont l'une de ses tâches essentielles, l'un des services majeurs qu'il rend à la nation**, en relation étroite avec les écoles doctorales dont il est partenaire. L'institut poursuivra dans les prochaines années sa politique active de soutien aux écoles doctorales avec lesquelles il est lié. Il continuera également à être très attentif à la qualité des thèses préparées au sein de ses projets de recherche et, plus généralement, à la qualité de la formation reçue par ces doctorants ; il poursuivra, en relation avec les écoles doctorales auxquelles il collabore, la mise en place d'un projet doctoral, inspiré des chartes de thèses des universités. L'institut compte également poursuivre et amplifier, en liaison avec les associations de doctorants, ses expériences des compléments de formation proposés à ces doctorants : stages en entreprises, fonctions d'assistant-ingénieur informaticien, journées de formation, participation à des écoles d'été, etc. Enfin, l'INRIA poursuivra également la mise en place d'un annuaire électronique permettant un meilleur suivi des parcours professionnels de ces docteurs qu'il a contribué à former.

L'INRIA poursuivra et amplifiera aussi ses activités de **formation post-doctorale**, qui s'articulent en plusieurs volets, avec l'accueil de jeunes chercheurs effectuant un séjour post-doctoral dans un projet de recherche de l'institut, l'envoi de jeunes docteurs français pour un séjour post-doctoral à l'étranger, et une formule de « post-docs industriels ». Initialement consacré au transfert vers une entreprise, le plus souvent une PME, des résultats acquis à la fin d'une thèse, ce programme de bourses s'est diversifié avec des bourses post-doctorales pour créations d'entreprises. Une autre variante de « bourse post-doctorale pour développement d'un logiciel libre » est actuellement à l'étude.

L'INRIA poursuivra également son activité importante d'accueil d'**ingénieurs-experts** : c'est ainsi que l'institut désigne la centaine de jeunes diplômés, docteurs ou ingénieurs, qui séjournent typiquement durant 2 ou 3 ans à l'INRIA, sont rémunérés sur les ressources liées aux contrats de recherche de ses équipes, et dont l'activité concerne essentiellement la réalisation de ces contrats ; l'expérience qu'ils acquièrent durant leur passage à l'INRIA s'apparente pour une part d'entre eux à une formation par la recherche.

Depuis son précédent Plan stratégique, et dans un contexte où la mobilité des personnels de l'institut vers les universités ou les entreprises s'était beaucoup ralentie depuis le début de la décennie, l'INRIA a mis en place **une politique active d'encouragement à la mobilité**. Cette option forte en faveur de la mobilité s'est traduite par divers types d'actions, depuis la nomination auprès de la direction générale d'un chargé de mission pour la mobilité, jusqu'à l'affichage annuel de fonctions prioritaires réservées pendant un temps à la mobilité interne, en passant par la mise en place d'une formule de type «année sabbatique» pour favoriser la mobilité temporaire et par la prise en compte, dans les contacts entre l'institut et ses principaux partenaires industriels, des questions liées aux possibilités d'échanges de personnels. Cette prise de posi-

tion et ces actions ont rapidement porté quelques fruits, même si le fort accroissement de la mobilité externe des personnels de l'institut observé depuis 1997 est dû pour une part à la reprise du mouvement de création de sociétés de technologie issues de l'INRIA, et surtout à l'évolution du marché de l'emploi, l'offre d'emplois étant largement excédentaire par rapport à la demande dans le domaine des STIC, et plus encore dans le domaine des emplois hautement qualifiés de type «développeurs de logiciels». Le nombre de départs de personnels sur postes pour une durée supérieure à 6 mois était en 1998 quatre fois supérieur à ce qu'il était en 1995 ; ces mouvements concernaient 7 % des chercheurs de l'institut, dont 4,5 % de départs sans intention de retour (1,5 % vers les universités et 3 % vers l'industrie).

4.1.5 L'encouragement à la mobilité et la politique d'accueil

L'INRIA poursuivra sa politique d'encouragement à la mobilité interne et à la mobilité externe, vers les universités et vers l'industrie. L'institut continuera à inciter une partie de ses chercheurs à envisager une mobilité, temporaire ou définitive, vers l'université, notamment en les encourageant à enseigner et à passer l'habilitation à diriger les recherches (comme c'est le cas d'environ 4 % des chercheurs de l'INRIA chaque année). Tout en continuant à encourager la mobilité vers l'industrie, l'institut devra être très attentif pour cerner l'ampleur du phénomène de «fuite des cerveaux» que l'excédent d'offres d'emplois peut laisser craindre pour les prochaines années; dans ce contexte, il sera intéressant de mettre plus particulièrement l'accent sur les expériences de mobilité temporaire, qui peuvent être très fructueuses pour les personnes concernées et pour l'institut. Les mobilités de type «sabbatique», en milieu académique ou industriel, ou même entre les différentes unités de recherche de l'institut, peuvent permettre de favoriser des mobilités thématiques et de nouer de nouvelles collaborations, et méritent d'être particulièrement encouragées.

La politique d'accueil de l'INRIA est le complément inséparable de son engagement en faveur de la mobilité de ses personnels. On pense principalement ici à l'**accueil en détachement ou en délégation d'enseignants-chercheurs** au sein des équipes de recherche de l'institut, pour des durées pouvant aller de une à quelques années. L'INRIA continuera à augmenter le nombre de postes réservés pour cet accueil. L'institut a d'ailleurs annoncé depuis deux ans son intention de faire fortement croître ce nombre de postes utilisés pour accueillir en détachement des enseignants-chercheurs (jusqu'à 10 % de l'effectif de chercheurs à terme sous l'hypothèse d'un doublement de cet effectif). Au-delà de l'accueil d'enseignants-chercheurs de l'enseignement supérieur et de chercheurs d'autres organismes, l'institut souhaite également étudier avec les ministères concernés les moyens de **développer l'accueil d'ingénieurs des corps techniques de l'État** (notamment du corps des ingénieurs des télécommunications), et si possible, de professeurs de l'éducation nationale.

L'INRIA souhaite aussi développer dans les prochaines années un autre aspect important de sa politique d'accueil, pour **recevoir dans ses équipes de recherche davantage de visiteurs étrangers de haut niveau**. Dans le contexte mondialisé et très concurrentiel que l'on a décrit plus haut, et face à la détermination très grande avec laquelle les centres d'excellence nord-américains cherchent à attirer les meilleurs scientifiques, de toutes origines, l'institut ne peut rester inactif. Il cherchera à mettre en place avec ses partenaires (industriels, mais aussi collectivités locales) une Fondation qui aura pour objectif de développer l'accueil sur des « chaires internationales de recherche», à l'INRIA ou auprès d'autres laboratoires universitaires ou industriels français, de spécialistes étrangers de haut niveau, dans le domaine des STIC ou à l'intersection avec des domaines d'application.

4.2 Le transfert technologique

L'affirmation d'une synergie très fructueuse entre la dynamique interne des questions scientifiques et l'écoute des problèmes du monde extérieur fait partie des points forts de la culture de l'INRIA. Au cœur de la société de l'information, où l'impact des STIC porte désormais sur toutes les activités, il faut entretenir cette synergie en combinant les exigences de l'excellence scientifique et du professionnalisme des méthodes de transfert technologique.

Pour faire face à la très grande variété des formes d'actions de transfert technologique, il est désormais nécessaire d'**élargir la définition des actions de développement**, jusqu'ici limitée aux actions d'envergure s'appuyant sur un assez grand nombre d'équipes de recherche. Dans tous les cas où une action ayant un objectif de transfert technologique justifie de placer pendant un temps des personnels en dehors des projets de recherche, ceux-ci

seront rattachés à une action de développement ; au-delà de leur diversité, toutes ces actions de développement auront en commun d'être créées pour une durée limitée, sans vocation à être renouvelées, avec des objectifs bien identifiés en matière de transfert technologique et, le plus souvent, des partenariats avec d'autres organisations qui s'engagent sur le programme et les objectifs des travaux.

Mettre en place des collaborations de recherche avec les PME reste difficile, y compris parfois avec des sociétés de haute technologie, même issues du monde de la recherche. Pour surmonter cet obstacle deux voies devront être explorées. La première, déjà en vigueur sur certains sites de l'INRIA, consiste à mettre en place des structures de concertation (des «clubs»), sur une base régionale, où les PME rencontrent les principaux acteurs de la recherche publique et bénéficient ainsi d'un lieu de rencontres entre les personnes, d'échanges d'informations et de veille technologique. L'INRIA

amplifiera ses efforts pour animer ces structures, dont la mise en réseau au niveau national contribuera à renforcer le tissu des PME. Une seconde initiative pourrait utilement s'inspirer du programme *Small Business Initiative Research* mis en place depuis plusieurs années aux États-Unis en direction des PME (voir <http://www.eng.nsf.gov/sbir/>), les RRIT pouvant tenir le rôle dévolu aux « agences gouvernementales » américaines pour favoriser des actions de recherche et développement au sein des PME et en collaboration avec des équipes de recherche académiques.

Les partenariats avec les entreprises ne peuvent se résumer à des relations contractuelles. Ils reposent sur des relations mutuelles de confiance entre les personnes qui les animent. L'INRIA continuera à participer à la formation des doctorants, post-doctorants et ingénieurs-experts et à contribuer à faciliter leur insertion dans les entreprises, à promouvoir la mobilité des chercheurs et des ingénieurs vers l'industrie, à favoriser l'exercice d'activi-

tés de conseil dans une entreprise par ses chercheurs et ses ingénieurs, à accueillir des ingénieurs et des chercheurs des entreprises et des corps de l'État, à favoriser, le cas échéant, l'émergence d'équipes communes avec des industriels, car ce sont les meilleurs moyens de **créer la confiance nécessaire entre ses équipes de recherche et les équipes industrielles**.

Toute l'expérience de l'INRIA en la matière montre que le transfert technologique demande des investissements importants, en termes de compétences et surtout de temps consacré plus encore qu'en termes financiers, et ceci quelle que soit la modalité: formation par la recherche, transfert de savoir-faire et de propriété intellectuelle, création d'entreprises, diffusion de logiciels, action de partenariat, etc. Dans cette course incessante, parfois difficile à concilier avec les rythmes de la recherche, l'enjeu majeur est de gagner du temps, et le principal moyen d'améliorer la capacité de l'institut à réaliser des succès en matière de transfert technologique consiste à renforcer son savoir-faire, sa politique et sa culture dans ce domaine. L'INRIA doit donc continuer à investir dans cette activité de façon significative, en moyens humains et financiers, en renforçant la capacité de sa direction du développement et des relations industrielles à **apporter un soutien efficace aux équipes de recherche**, et en donnant à celles-ci davantage de moyens pour mener des activités de développement.

L'institut s'attachera aussi à jouer un rôle moteur au sein du dispositif national, en partageant avec ses partenaires son expérience et son savoir-faire et en cherchant à rassembler des compétences complémentaires, au sein de l'institut ou avec d'autres organismes et entreprises, sur des projets mobilisateurs permettant d'**obtenir des succès de renom international en matière de transfert technologique**.

4.2.1 Les partenariats avec des industriels français, européens et internationaux

Le partenariat avec des industriels est **un vecteur privilégié pour la valorisation des résultats de la recherche**, mais la politique de l'institut en la matière ne peut se décliner désormais de façon unique : il faut prendre en compte les spécificités de ses différents domaines d'activités.

Dans les domaines de la « convergence », informatique, télécommunications et audiovisuel, dont on connaît l'importance et le caractère intensément compétitif, et où les sollicitations pour des collaborations sont extrêmement nombreuses, il est devenu impératif pour l'INRIA de **choisir les meilleurs partenaires possibles**, en dehors de la France et de l'Union Européenne lorsque c'est nécessaire. Il y va de la crédibilité de l'institut, y compris vis-à-vis de ses partenaires industriels « naturels », car travailler avec les meilleurs acteurs mondiaux des domaines relevant de l'infrastructure de la société de l'information est indispensable pour prouver la pertinence des travaux menés à l'INRIA et pour développer sa capacité de vision prospective. Des actions volontaristes seront menées pour nouer des relations étroites avec certains industriels européens, leaders de leur domaine.

En parallèle, il faut intensifier l'effort de recherche et de développement des différents acteurs français afin d'aider les entreprises françaises à tenir leur rang, voire à l'améliorer, dans la compétition internationale. A côté du réseau national de recherche en télécommunications (RNRT), la mise en place d'un réseau de recherche et d'innovation technologique (RRIT) pour les technologies logicielles permettra d'**augmenter de façon significative l'effort national de recherche consacré aux fondements scientifiques et technologiques de la société de l'information** : l'institut est prêt à contribuer au déploiement et à l'animation de ce RRIT, en lien étroit avec le RNRT. Pour assurer l'impact industriel de cet effort collectif, il est également essentiel de participer aux instances de normalisation et de standardisation (DAVIC, ETSI, IETF, UIT, W3C, etc.), dans lesquelles la compétence scientifique et technique des participants est primordiale. L'INRIA fournit des contributions à ces instances dans la mesure de ses moyens, notamment à l'IETF et au W3C, mais la présence active des entreprises doit s'y accroître ; l'institut est prêt à accompagner ses partenaires industriels dans cette démarche.

Pour pouvoir mesurer l'impact de la technologie sur les usages et identifier les produits gagnant sur le marché, il est essentiel de pouvoir **mettre en place des expérimentations « en vraie grandeur »** de prototypes issus des résultats de recherches. Ces

expérimentations, pour lesquelles les ingénieurs et les techniciens ont un rôle important à jouer aux côtés des chercheurs, contribueront aussi à embellir la « vitrine technologique » de l'institut et à nourrir les problématiques de recherche.

La situation est différente dans les autres grands secteurs d'application (ingénierie, santé, transports, environnement, finance, etc.). Il convient de développer une meilleure connaissance des acteurs de ces domaines et des problèmes qu'ils rencontrent, et d'imaginer avec eux des « solutions ». Ayant une plus grande expérience du secteur de l'ingénierie, l'INRIA devra dans les prochaines années poursuivre et amplifier ses efforts pour **mieux connaître les domaines de la santé, des transports et de l'environnement**, et apporter un soutien à celles de ses équipes qui peuvent réaliser des transferts vers ces domaines. Là aussi, l'expérience montre qu'il faut, le plus souvent, mobiliser les compétences de plusieurs projets de recherche et que, pour faciliter cette mobilisation, la meilleure solution reste très souvent le partenariat avec les laboratoires des universités, des écoles et des organismes de recherche spécialisés dans ces domaines ; la mise en place des RRIT dédiés à ces domaines d'application devrait être une excellente occasion de nouer de tels partenariats.

4.2.2 La création d'entreprises de technologie

Compte tenu de la rapidité des évolutions technologiques et de l'intensité de la compétition mondiale dans le secteur des STIC, la création de sociétés de technologie est **une forme de transfert technologique très importante**, car elle est souvent la façon la plus efficace de valider « en vraie grandeur » la pertinence de nouvelles méthodes ou de nouveaux concepts. Elle permet de tester leur robustesse face à un marché, de les adapter si nécessaire et, parfois, de constater leur échec.

Profitant de son expérience et s'appuyant sur le changement manifeste que l'on observe en France et en Europe vis-à-vis de l'entrepreneuriat, **l'INRIA poursuivra sa politique très active en faveur de la création de sociétés de technologie**. Les deux « outils » mis en place en 1998, l'incubateur INRIA-Transfert et le fonds d'amorçage I-Source, seront largement ouverts aux chercheurs et ingénieurs venant d'entreprises ou d'équipes de recherche extérieures à l'INRIA, et travailleront en liaison avec les incubateurs et les fonds d'amorçage qui se mettent en place dans les différentes régions. L'INRIA ouvrira également à des docteurs issus d'autres laboratoires son programme de bourses post-doctorales pour création d'entreprise, jusqu'ici réservé aux docteurs ayant préparé leur thèse dans un projet de recherche de l'institut.

L'institut développera aussi les **activités de type « mise en réseau »** pour contribuer à donner aux sociétés de technologie issues de l'INRIA les meilleures chances de succès. Ainsi, les « clubs » sont une forme d'accompagnement importante pour les jeunes sociétés, car elles y côtoient des plus anciennes avec lesquelles elles peuvent partager leurs expériences; l'institut continuera dans cette optique d'animer son « club des *start-up* ». Une autre direction dans laquelle l'INRIA et INRIA-Transfert souhaitent s'engager concerne les liens avec les écoles de gestion et de commerce, indispensables pour **favoriser la formation d'équipes de fondateurs d'entreprises** au sein desquels les connaissances des chercheurs sont complétées par des compétences en management, stratégie, marketing, vente, gestion, etc. Un autre point essentiel, qui dépasse cependant le cadre de l'action de l'institut, concerne l'accompagnement de ces sociétés dans leur développement commercial à l'international, notamment sur le marché américain, référence incontournable dans le secteur des STIC.

4.2.3 La diffusion de logiciels

Les méthodes et les concepts développés à l'INRIA étant, dans la très grande majorité des cas, concrétisés par des logiciels, les actions de transfert technologique comportent le plus souvent des transferts de logiciels. La politique de diffusion des logiciels et de leur valorisation en cas d'exploitation industrielle et commerciale est donc **un enjeu très important pour l'INRIA**.

La diversité des situations rencontrées en matière de diffusion de logiciels est très grande. Il faut d'abord réaliser que, s'il désigne toujours un « programme informatique », le mot « logiciel » recouvre des situations très variées. Un logiciel peut être l'illustration d'un théorème de mathématiques et, à ce titre, être considéré comme une publication scientifique ; il peut aussi être la spécification ou la preuve de la faisabilité d'un nouveau concept, ainsi qu'on l'observe dans les instances de standardisation comme l'IETF et le W3C ; il peut être un « outil » de portée très générale comme un langage de programmation ou un système d'exploitation, mais il peut aussi être le support d'une application très précise. Cette énumération n'est évidemment pas exhaustive et de nombreuses autres situations pourraient être citées. Or, un logiciel est toujours considéré de la même façon du point de vue de la propriété intellectuelle, quelle que soit son utilisation. De plus, les protections juridiques diffèrent d'un pays à l'autre pour ces « objets » dont la vocation est souvent

d'avoir une diffusion mondiale. Par ailleurs, deux évolutions récentes importantes doivent être prises en compte : la « brevetabilité » du logiciel d'une part, qui devient une pratique de plus en plus répandue aux États-Unis car elle permet une protection plus efficace que le *copyright* ; et le concept de « logiciel libre » d'autre part, qui permet un développement « collectif » de logiciels dont la qualité, l'efficacité et la fiabilité n'ont rien à envier aux logiciels commerciaux. Face à l'irruption de ces deux phénomènes, une réflexion est en cours au sein de l'Union Européenne pour éventuellement modifier les législations existantes qui considèrent le logiciel comme relevant du droit d'auteur. Un autre aspect doit aussi être pris en considération : en matière de transfert d'un logiciel, on ne peut pas traiter de la même façon un grand groupe industriel et une *start-up* naissante dont le logiciel est le principal actif ; les besoins de « protection » juridique ne sont pas les mêmes et les modalités du transfert devront aussi être différentes.

La diffusion des connaissances fait explicitement partie des missions confiées à l'INRIA, qui a toujours mené dans ce domaine une action importante. Ses centres de documentation rassemblent le fonds documentaire le plus important de France en informatique et plus de 40 % de leurs usagers sont extérieurs aux équipes de recherche de

l'institut. La production d'information scientifique et technique, sur tous les supports (textes, cédéroms, Web, films) ainsi que l'organisation de manifestations scientifiques (environ 50 manifestations et 5000 participants par an) et de rencontres spécifiquement dédiées aux échanges avec le milieu industriel contribuent également à cette activité.

Pour amplifier le succès de ses transferts technologiques, c'est-à-dire, dans la plupart des cas, la création d'emplois, de richesses ou de nouvelles connaissances scientifiques, l'INRIA souhaite **mener une politique ambitieuse de diffusion de logiciels**, en favorisant l'ensemble des possibilités de transfert, qu'il s'agisse de logiciels commerciaux ou de logiciels libres. Une des conditions du succès est de pouvoir démontrer la pertinence des méthodes et des concepts issus des travaux de l'INRIA et leur capacité à créer des innovations conduisant à de nouveaux produits, services ou usages, ce qui nécessite le développement de prototypes ou de « démonstrateurs ». Dans le même esprit, les projets de recherche développent parfois des « bibliothèques » de logiciels ou des « boîtes à outils » représentant souvent plusieurs années de travail. Tous ces travaux exigent un effort soutenu, et il sera essentiel que l'institut puisse, mieux que par le passé, y consacrer des postes d'ingénieurs au sein même des équipes de recherche, pour développer, maintenir, faire évoluer et documenter ces prototypes.

Cette politique implique aussi **une plus grande expertise juridique** en matière de propriété intellectuelle et un effort de « marketing » technologique pour mieux faire connaître le « portefeuille technologique » de l'INRIA. Il sera intéressant de s'appuyer sur les partenariats existants en France et en Europe, notamment au sein d'ERICIM, pour constituer cette expertise qui sera d'une grande utilité pour les sociétés de technologie et leur développement. Par ailleurs, cette professionnalisation ayant un coût élevé, il sera sans doute souhaitable de « mutualiser » les ressources nécessaires entre les organismes de recherche particulièrement concernés par ces questions.

4.2.4 La diffusion de l'information scientifique et technique

La pénétration croissante des STIC dans tous les secteurs d'activité et leur impact croissant sur les organisations et sur la vie quotidienne rendent plus grande la nécessité de contribuer à la diffusion de la culture scientifique et technique et d'expliquer à des publics variés et non avertis le rôle majeur que jouent aujourd'hui les recherches scientifiques en informatique et mathématiques appliquées. L'INRIA s'engage résolument dans cette direction. Au-delà de la contribution de l'institut à la Semaine de la Science, cette volonté de promotion de la culture scientifique s'est concrétisée par une première action d'envergure en partenariat avec la Cité des sciences et de l'industrie, avec qui l'INRIA a organisé, avec le soutien de la revue La Recherche, une série de 25 conférences visant à présenter de manière accessible à tous les publics l'état de l'art de certains thèmes de recherches, et à illustrer avec pédagogie l'impact de ces recherches dans des domaines d'application pouvant intéresser l'ensemble de la société (santé, transport, etc.). L'institut poursuivra et amplifiera ce type d'actions dans les prochaines années, pour **relever, en partenariat avec d'autres institutions, le défi de la promotion et la diffusion de la culture scientifique dans le domaine des STIC vers des publics variés**, en ayant une attention particulière vers les jeunes, sans oublier ses propres personnels. Dans le même esprit, l'institut mène également une réflexion sur la possibilité de se doter, en lien avec des partenaires extérieurs, d'une capacité à développer des documents didactiques.

Les transformations apportées par les technologies de l'information placent aussi l'institut devant de nouveaux défis en matière d'accès à l'information scientifique et technique et de son traitement. **L'INRIA se doit de rester un pôle d'avant-garde pour la documentation numérique en informatique, automatique et en mathématiques appliquées.** Ceci implique de poursuivre les réflexions sur l'évolution des missions et des outils des personnels spécifiquement en charge de l'information scientifique et technique. Une évolution importante concerne la mise en place du centre de documentation virtuel de l'INRIA, dont l'objectif est de rendre un service de même qualité quelle que soit la location géographique de l'utilisateur ; ce centre s'appuie d'une part sur un engagement résolu en faveur d'abonnements à des revues électroniques, et d'autre part sur le déploiement de stations de numérisation Calliope dans chaque site de l'institut.

L'INRIA doit également promouvoir au niveau national les réflexions à mener sur la politique de publications de la communauté scientifique et sur les moyens de **permettre à tous d'accéder librement à l'information**. Il s'agit de répondre d'une part aux questions liées à l'évolution et la pérennité du fonds documentaire sur papier, mais aussi à

celles qui concernent les publications dans les revues scientifiques, avec d'une part les contraintes de perte de liberté de diffusion qui s'attachent à ce mode de publication, et d'autre part le risque que la croissance anormale des tarifs des abonnements fait courir aux structures qui n'ont pas les capacités financières de suivre cette inflation.

Il existe déjà quelques exemples réussis de **diffusion de logiciels développés à l'INRIA dans le monde de l'éducation**. C'est notamment le cas des logiciels Caml-Light, utilisé pour l'enseignement de la programmation dans les classes préparatoires, et SciLab, qui est utilisé pour les épreuves de l'agrégation de mathématiques. Ces deux succès illustrent un type particulier d'impact des recherches de l'institut : l'utilisation de logiciels ou de langages de haut niveau pour l'enseignement de l'informatique et des mathématiques. Ils illustrent aussi les difficultés liées à la réussite d'un transfert dans le monde édu-

catif : faute d'une « structure de transfert » bien identifiée, les problèmes de portage et de maintenance de ces logiciels et de formation de leurs utilisateurs reposent sur les chercheurs eux-mêmes, qui sont souvent mal armés pour faire face à ces obligations, d'autant plus lourdes que le succès est au rendez-vous. Cette difficulté concernant les transferts vers le monde éducatif est sérieuse, même si elle a pu être surmontée dans certains cas, comme pour le logiciel Cabri-Géomètre développé à l'IMAG par le CNRS et l'UJF.

Étudier la façon dont les STIC modifient les façons de communiquer, de travailler, de s'organiser au sein d'une entreprise, analyser comment elles peuvent transformer les relations entre les citoyens et l'administration, comment elles modifient les comportements individuels et communautaires dans une cité : voici, parmi beaucoup d'autres auxquelles on pourrait penser, des questions qui relèvent des recherches en sciences humaines et sociales, et dont l'étude nécessite **des collabora-**

tions entre les chercheurs en sciences humaines et ceux des domaines de l'informatique et des mathématiques appliquées. Déjà approché à certaines occasions par quelques chercheurs en sciences sociales motivés par ces questions, associé également à certaines expérimentations avancées en matière d'usages des STIC (comme dans le cas de la ville de Parthenay), l'INRIA a le projet d'organiser une rencontre interdisciplinaire permettant de faire progresser les réflexions sur ces aspects.

Améliorer la diffusion des productions scientifiques de l'institut à travers des médias facilement accessibles de l'extérieur suppose aussi de rendre plus accessibles et plus interactives les informations sur les activités des projets de recherche ; les réflexions sur la modernisation et la simplification des rapports d'activité seront poursuivies. Pour aller plus loin, il sera intéressant de **créer des centres de ressources scientifiques**, sur des thématiques pré-définies qui pourraient par exemple être celles des programmes scientifiques de l'institut. De tels centres de ressources doivent avoir pour ambition d'être de véritables références en matière bibliographiques, d'articles de synthèse et d'état de l'art, mais aussi de support de cours sous forme de textes ou d'exposés sur support multimédia, sans oublier la diffusion des logiciels. Ils permettront de promouvoir la production scientifique française dans le domaine des STIC.

4.2.5 Les aspects éducatifs et sociaux, les activités d'expertise

On l'a déjà souligné : si l'industrie a été pendant longtemps le vecteur presque unique du transfert des résultats des recherches menées à l'INRIA, la situation s'est depuis quelques années considérablement diversifiée, avec un très fort accroissement des possibilités de transfert vers des secteurs d'activités non marchands comme la santé, la culture ou l'éducation. Parmi eux, le monde de l'éducation occupe une place singulière, à la fois parce que tous les chercheurs de l'INRIA ou presque le côtoient régulièrement à travers leur activité d'enseignement, et parce que l'impact des STIC dans ce domaine est considérable. Fort de ses premiers succès, et persuadé que **le monde de l'éducation constitue un terrain privilégié pour des transferts technologiques à très fort impact**, l'INRIA poursuivra ses réflexions et son implication dans ce domaine. Il faudra étudier plus en détail combien la mise au point de nouvelles technologies de l'information et de la communication à vocation éducative peut être riche en véritables problèmes de recherche, notamment sur les réseaux et sur le traitement de l'information. Il faudra aussi examiner comment il serait possible, en relation avec des établissements d'enseignement supérieur, d'explorer certains de ces problèmes de recherche et de trouver ensuite, le cas échéant, les bonnes « structures de transfert » permettant d'assurer la diffusion des nouveaux outils. Dans le cadre de la politique de diffusion de logiciels évoquée plus haut, l'institut recensera également ceux de ses logiciels qui peuvent être utilisés à des fins éducatives et promouvra leur diffusion dans ce secteur.

Plus globalement, l'impact croissant des STIC sur la société confronte l'institut à une situation assez largement nouvelle, et à un défi de première importance : l'INRIA est désormais extrêmement sollicité pour apporter son expertise et son expérience au développement de la société de l'information en France, en participant aux réflexions sur les aspects culturels, éthiques, éducatifs, législatifs, relatifs à l'emploi, aux organisations, aux relations sociales, voire pour contribuer à l'information des citoyens sur ces sujets. Le nombre des demandes d'expertises venant de l'État ou des collectivités locales, parfois des entreprises, « explose » réellement, et les mutations de ces dernières années ont eu pour effet de placer l'INRIA au premier plan pour faire face à ces sollicitations. En fait, la question dépasse largement l'institut : **comment la collectivité nationale doit-elle s'organiser pour faire face à ce besoin grandissant d'expertise publique dans le domaine des STIC ?** Une part de la réponse réside dans la capacité à travailler en partenariat et en réseau, et l'INRIA continuera ses expériences dans cette direction, comme celle qui devrait prochainement donner lieu à la création d'une structure commune entre l'institut et la SCET (filiale du groupe CDC) dédiée aux missions d'expertise et de conseil auprès des collectivités locales pour le déploiement de nouvelles infrastructures de télécommunications.

L' implication de l'institut dans les programmes communautaires de recherche et développement a largement dépassé le cadre du programme ESPRIT consacré aux sciences et technologies de l'information, puisque les projets de l'INRIA ont participé à ACTS (télécommunications), TELEMATICS,

TRANSPORTS, ENVIRONNEMENT, BIOMED, BIOTECH, BRITE EURAM (ingénierie), FAIR (pêche et agriculture), MLIS (linguistique), avec des projets donnant lieu à un très vaste éventail de collaborations.

Fort de ses 300 membres et de son équipe technique répartie entre le MIT, l'université de Keio et l'INRIA, **le Consortium W3C** joue pleinement son rôle central pour assurer le développement harmonieux du Web et préserver son interopérabilité, tout en promouvant des spécifications et de nouveaux standards pour toutes les couches logicielles qui concernent la Toile, depuis les protocoles et les langages de base du Web (HTTP, HTML, XML) jusqu'à ceux qui sont liés aux usages (signatures numériques, sélection de contenus, etc.), en passant par les logiciels liés aux interfaces avec les utilisateurs (formats graphiques, feuilles de style, formats de documents, outils d'édition). L'INRIA rempli avec succès sa mission **d'hôte du Consortium en**

Europe, et a trouvé là l'occasion d'une synergie intéressante avec ERCIM, dont plusieurs instituts accueillent aujourd'hui des antennes appelées « *W3C-Offices* ». Durant les prochaines années, l'institut poursuivra son implication dans les activités de ce Consortium, qui est depuis quatre ans son action la plus visible sur la scène internationale. La présence en France d'une partie importante de l'équipe technique du W3C est une grande chance, en termes de compétences techniques et de capacité de vision prospective sur les sujets liés à l'évolution du Web, et l'institut s'attachera à augmenter les bénéfices de cette présence pour ses équipes de recherche et pour l'ensemble de la communauté concernée en France.

4.2.6 L'éthique et la déontologie de la recherche

Les questions d'éthique et de déontologie liées aux activités de l'INRIA se posent aujourd'hui avec **une acuité nouvelle**. Des problèmes d'éthique proviennent de l'importance grandissante de l'impact social des STIC, et donc de l'impact, actuel ou potentiel, des résultats de recherche de l'institut: on peut penser aux nombreuses informations qui circulent sur les réseaux et au respect de la vie privée, à la surveillance de ces réseaux par des «agents» chargés d'alimenter des bases de données sur les profils des utilisateurs, à la surveillance vidéo, sans parler des questions soulevées par les interactions entre les STIC et les sciences du vivant. La réflexion sur ces questions doit être lancée sans tarder. Il faudra examiner ce que pourraient être les missions, les domaines de compétence et les modes d'action d'un **comité d'éthique** lié à l'INRIA, et aussi préciser ses relations avec d'autres organes comme le Comité d'éthique pour les sciences (COMETS) du CNRS, le Comité d'Éthique des Sciences du Vivant ou la CNIL.

Dans un tout autre registre, la position avancée de l'institut en matière de transfert technologique, de création d'entreprises, de prise de participation dans des sociétés de technologie ou de mobilité des personnels entraîne des situations qui peuvent être complexes et nécessite des positions claires sur le plan déontologique. Pour faire face à toutes ces questions, l'INRIA engage une réflexion sur la **mise en place d'un comité de déontologie**.

4.3 Les collaborations internationales

Les références à la communauté internationale ont déjà été nombreuses dans les pages qui précèdent, tant l'objectif d'excellence scientifique ne peut se concevoir que dans ce contexte. **Renforcer le rayonnement et les collaborations internationales de l'institut** restera donc un impératif pour les prochaines années.

L'Europe occupe naturellement dans les relations internationales de l'INRIA une place particulière. Les coopérations européennes de l'institut avec des partenaires académiques ou industriels se sont considérablement développées dans la période récente, au point que la participation de ses équipes de recherche au 4^e PCRD a représenté ces dernières années la principale source de financement externe pour l'institut. L'institut, qui prépare actuellement les réponses aux premiers appels d'offre dans le cadre du 5^e PCRD, notamment pour le programme IST, sera attentif à y maintenir une forte participation. L'autre grande composante de l'action de l'INRIA en Europe est le consortium **ERCIM**, qui rassemble aujourd'hui 15 instituts de recherche en informatique ou mathématiques appliquées. A travers les collaborations bilatérales ou multilatérales entre ses membres, ses programmes d'échanges, les réflexions prospectives et stratégiques communes et ses groupes de travail qui favorisent notamment la préparation de propositions de projets pour les programmes communautaires, ce groupement joue un rôle utile pour **renforcer la communauté scientifique européenne dans le domaine des STIC**. L'INRIA continuera dans les prochaines années d'y jouer un rôle moteur. Il poursuivra aussi son action pour encourager les relations bilatérales en Europe, en essayant lorsque le sujet s'y prête de les utiliser comme amorces de projets communautaires. Dans ce cadre bilatéral, un bilan de l'institut Liapunov commun avec l'université de Moscou sera effectué au terme de ses 6 années d'existence pour examiner l'intérêt de son renouvellement.

Au-delà de la poursuite de la coopération en cours avec NEC et du démarrage d'une collaboration avec HITACHI, les relations avec le **Japon** devraient augmenter dans deux directions. L'institut établira des relations solides avec le nouvel institut national de recherche en informatique qui s'inspire de l'expérience de l'INRIA, et il s'efforcera de participer au programme « *Global Change, Earth*

Simulator » de modélisation à grande échelle des phénomènes atmosphériques et géophysiques, notamment au niveau de l'algorithmique numérique. D'autres collaborations fructueuses peuvent s'établir avec les laboratoires d'excellence japonais dans le domaine de la réalité virtuelle, et avec le laboratoire de recherche de SONY.

Le laboratoire **LIAMA**, établi au sein de l'Institut d'Automatique de Pékin dans le cadre de l'accord entre l'INRIA et l'Académie des Sciences de **Chine**, est actuellement en cours de renouvellement en partenariat avec d'autres établissements de recherche français tels que le CNRS et le CIRAD. Cet élargissement du laboratoire devrait permettre de monter des projets de plus grande envergure, notamment dans les domaines de l'environnement et de l'agronomie tropicale. D'autres collaborations devront être recherchées avec la Chine, notamment avec les centres de Shanghai et surtout avec Hong Kong, dont le potentiel de recherche et développement s'est considérablement accru dans les dernières années.

Autre coopération importante dans la région, le laboratoire de robotique monté en partenariat avec l'Université Nanyang de **Singapour** sera prolongé par un accord industriel pour le développement de véhicules intelligents non polluants.

Les relations avec l'**Inde** devraient s'accroître très fortement à la suite des actions exploratoires

menées ces dernières années. Le programme d'accueil de stagiaires d'été des IITs sera étendu en un programme bilatéral d'échanges de jeunes scientifiques ouvert à un consortium d'établissements. Le pôle de Pune ouvre des possibilités intéressantes de coopération avec plusieurs institutions d'excellence; l'opportunité d'y fédérer un certain nombre de projets de coopération au sein d'un laboratoire commun franco-indien est à l'étude.

La collaboration avec l'Amérique latine mérite aussi d'être significativement amplifiée, car plusieurs pays de la région ont atteint un niveau de développement technologique et universitaire qui permet des coopérations scientifiques de haut niveau, et ont signé avec l'Union Européenne des accords de coopération qui vont permettre de monter des projets d'envergure. L'INRIA a donc l'intention d'intensifier ses échanges avec le **Brésil**, ainsi qu'avec le Mexique, l'Argentine, le Chili et l'Uruguay.

L'**Amérique du Nord** est l'autre grande région avec laquelle les échanges et les collaborations académiques de l'INRIA sont les plus développés : 60 % des missions réalisées en dehors de l'Europe de l'ouest par les chercheurs de l'INRIA concernent les États-Unis ou le Canada. Compte tenu de l'incontestable *leadership* des États-Unis dans la révolution technologique actuelle, l'institut devra être très attentif aux possibilités de développer avec des centres d'excellence américains des partenariats institutionnels, analogues par exemple au W3C. Autre action d'envergure, le programme INRIA-NSF, qui concerne des actions de recherche menées avec des partenaires universitaires américains, sera également poursuivi. Un projet de partenariat similaire avec le Canada est à l'étude, qui permettrait de développer une coopération plus conséquente, notamment avec les institutions du Québec.

Les autres principales coopérations internationales de l'INRIA concernent le **Japon**, **quelques grands pays émergents** (Chine, Inde et Brésil), les pays d'**Afrique du Nord** et les **pays en voie de développement** (voir ci-contre). Avec tous ces partenaires, le mode usuel de coopération internationale de l'INRIA sera maintenu : à la suite d'une collaboration avec une équipe de chercheurs d'une institution étrangère, on s'efforce d'abord de **favoriser des échanges d'étudiants et de jeunes scientifiques pour des durées significatives** (de quelques mois à un an); lorsque plusieurs collaborations durables avec l'établissement étranger sont établies, on peut envisager de ratifier un accord-cadre de collaboration puis, lorsqu'un flux d'échanges régulier le justifie, on met en place avec le service de coopération scientifique et technique de l'ambassade un mécanisme bilatéral d'appel à propositions de projets, ouvert à l'ensemble de la communauté scientifique dans les deux pays, en s'efforçant d'y faire participer des industriels si les conditions s'y prêtent.

L'INRIA proposera aussi à ses partenaires français et étrangers d'**expérimenter un mode de coopération plus global** pays par pays, en établissant un bilan des coopérations de qualité existant avec d'autres établissements français, notamment universitaires, afin de proposer de monter un réseau visant à mieux couvrir la coopération bilatérale dans le domaine de l'informatique et des mathématiques appliquées, et qui pourrait gérer les problèmes d'équivalence de diplômes, systématiser les échanges d'étudiants en favorisant notamment le montage de thèses en co-tutelle, et mieux diffuser le savoir-faire français auprès de nos partenaires étrangers. Cette formule pourrait être d'abord expérimentée au Brésil en profitant de l'expérience du réseau Santos Dumont, puis étendue au Mexique, à la Tunisie et à l'Inde.

Le **programme de bourses post-doctorales à l'étranger** sera revu, en concertation avec le CNRS et les universités, afin de mieux l'utiliser comme instrument d'une politique scientifique et de coopération bien comprise. Une meilleure publicité sera effectuée au sein des universités françaises pour ce programme, qui pourrait être étendu à l'octroi de bourses d'un an pour les doctorants français inscrits dans une université étrangère dans le cadre d'une co-tutelle. Un suivi plus actif des boursiers sera entrepris, afin de bâtir un réseau actif de coopérants et de favoriser leur insertion professionnelle à leur retour.

Dans ses coopérations avec les pays africains, l'institut continuera d'encourager le renforcement de noyaux de compétences dans les laboratoires universitaires en favorisant les thèses en cotutelle, l'accueil temporaire de jeunes chercheurs et le soutien à la formation. Les coopérations importantes existant avec la **Tunisie** et le **Maroc** seront poursuivies, notamment par la participation aux programmes MEDA de la Commission Européenne. De nouvelles coopérations seront recherchées en Egypte et au Liban. L'accueil de scientifiques algériens sera maintenu en attendant qu'une coopération plus active puisse être réactivée. Les activités de

coopération avec l'**Afrique**, fédérées dans le cadre du CARI, seront renforcées par la mise en réseau des institutions participantes, au fur et à mesure que les infrastructures le permettront, pour mutualiser un certain nombre de ressources, notamment documentaires. Un projet de journal publiant une sélection d'articles issus des communications au congrès CARI est à l'étude afin de donner une visibilité internationale aux travaux des chercheurs africains. L'extension des pays participants au CARI aux pays africains non francophones devrait être réalisée progressivement au cours des dix prochaines années.

Les applications des STIC dans les domaines de la **santé**, des **transports** ou de l'**environnement**, sont des thèmes de recherche considérés comme prioritaires dans presque tous les pays, notamment dans les grands pays émergents. L'INRIA cherchera à favoriser les coopérations avec les institutions étrangères ayant accès aux informations stratégiques vis-à-vis de ces applications (bases de données médicales et géographiques, images satellitaires, informations météo ou cadastrales, etc.), si possible en partenariat avec les instances nationales correspondantes.

Enfin, à l'instar du W3C, il sera intéressant aussi de développer dans les prochaines années d'autres formes de partenariats stratégiques avec des centres d'excellence de niveau mondial, concernant la **participation à des instances internationales et des consortiums de standardisation**, ou pour le développement collectif de bibliothèques de logiciels libres.

5. L'organisation et les moyens de l'INRIA

On ne peut sérieusement assigner à l'INRIA des objectifs sans considérer la question des moyens : les objectifs ambitieux que l'on vient d'énoncer ne seront atteints que si l'INRIA peut inscrire son action dans une perspective de croissance régulière de ses effectifs et de ses crédits budgétaires. C'est la condition première et indispensable pour la réussite de ce Plan stratégique, qui nécessite également une mobilisation forte de tous les personnels de l'institut, une grande efficacité de tous ses services de support à la recherche et une plus grande souplesse de fonctionnement.

5.1 Un institut en croissance

On a déjà évoqué dans la section 1.4 la nécessité du redéploiement qui doit s'opérer au profit de l'ensemble du secteur des STIC, pour faire croître ses effectifs et ses moyens au sein du dispositif national d'enseignement supérieur et de recherche. Il est utile de revenir ici de façon plus précise sur **la nécessaire croissance des moyens et des effectifs de l'INRIA**, sans laquelle une grande part des ambitions affichées dans les pages qui précèdent seraient irrémédiablement lettre morte :

- La croissance de l'INRIA, et de l'ensemble du secteur des STIC dans le dispositif de recherche public, est tout d'abord indispensable au vu de **l'importance considérable des enjeux**. Dans une compétition où la taille des concurrents augmente, la croissance est nécessaire pour pouvoir à la fois investir efficacement sur des thèmes nouveaux et conserver une activité suffisante sur des thèmes importants, pour conserver une bonne capacité d'attraction et limiter le risque de « fuite des cerveaux » au profit d'autres pays, pour disposer de la masse critique permettant de réussir des opérations d'envergure, comme l'a été l'installation en Europe du consortium W3C, pour éviter enfin le risque d'une situation où, progressivement, les PME françaises perdraient toute possibilité d'appui extérieur de leur activité de recherche et développement tandis que les grands groupes français seraient conduits à s'appuyer en grande partie sur des laboratoires de recherche étrangers.
- La croissance est également pleinement justifiée au regard des **succès de l'INRIA** et de la qualité de son action. L'institut est l'un des organismes de recherche dont le pays peut être particulièrement fier des résultats et du rayonnement ; son action procède d'une stratégie clairement affirmée, cohérente avec les principales priorités de la politique gouvernementale en matière d'attention portée à la qualité de l'évaluation, à la valorisation de la recherche, à la mobilité des chercheurs, à la création d'entreprises, au partenariat avec les universités, les écoles et les organismes de recherche, à la formation par la recherche et à l'emploi des jeunes scientifiques. Sur tous ces points, la mobilisation est forte, les résultats sont visibles. L'investissement doit être poursuivi et amplifié.
- Le rôle moteur que l'institut souhaite jouer dans une dynamique associant l'ensemble de la communauté nationale, les **responsabilités nouvelles** qu'il assume dans le domaine des télécommunications, liées au recentrage du CNET sur les activités de recherche et développement correspondant aux besoins de l'opérateur France Telecom, ainsi qu'à la part grandissante qu'occupent dans ce domaine les logiciels, ses objectifs ambitieux dans le contexte de la compétition internationale, sa politique de partenariat et d'élargissement géographique : tous ces éléments justifient également la croissance de l'INRIA et la rendent indispensable.

L'INRIA sera très attentif à préserver dans les prochaines années l'équilibre de son budget.

Les ressources de son budget primitif de l'année 1999 proviennent pour 26 % de ressources propres, et pour 74 % de la dotation de l'État: 50 % de dotations pour les « dépenses ordinaires » (DO) correspondant aux rémunérations des personnels titulaires, et 24 % de « crédits de paiements » (CP). La part des dépenses ordinaires dans la dotation de l'État (67 % de l'ensemble « DO + CP » en 1999, à comparer à 80 % et plus pour les autres EPST)

devra rester inférieure à 70 %. Par ailleurs, l'institut ne pourra pas préserver sa capacité de mobilisation sur des questions scientifiques fondamentales s'il continue de faire croître ses ressources propres nettement plus vite que les moyens accordés par l'État, comme il l'a fait depuis cinq ans; l'objectif pour les prochaines années est de continuer à diversifier et accroître ces ressources propres, mais avec un taux de croissance proche de celui des crédits de paiement.

Le potentiel d'emplois d'ITA dont dispose l'institut s'est très fortement dégradé* durant les dernières années en regard de l'accroissement de ses activités. Il est vital et urgent de redresser une situation devenue absolument critique pour le fonctionnement général de l'institut (logistique, administration, secrétariat des équipes de recherche, information scientifique et technique), et de donner à l'INRIA la possibilité de développer

sa capacité d'accompagnement des activités de recherche et de développement, d'expérimentation et de réalisation de prototypes logiciels, de soutien technique et de gestion des activités contractuelles, ainsi que de veille technologique. Créer à l'INRIA des emplois d'ITA au même rythme que les créations d'emplois de chercheurs au cours des prochaines années est donc une nécessité.

* Le rapport entre le nombre d'ITA et le nombre de chercheurs sur postes INRIA, qui était de 1,58 en 1985, est de 1,15 en 1999 ; en considérant le nombre total des ITA et des scientifiques présents dans les unités de l'institut, le ratio est maintenant inférieur à 0,45.

Les « ressources humaines » mobilisées par l'INRIA doivent être entendues au sens le plus large. Elles comprennent au premier chef les personnels titulaires, fonctionnaires des corps de chercheurs et d'ITA de l'institut, mais aussi les personnels non titulaires, contractuels (agents temporaires, ingénieurs-experts, boursiers, stagiaires, etc.) ou fonctionnaires détachés, rémunérés à titre principal par l'institut et vis-à-vis desquels il doit exercer toutes ses obligations légales d'employeur et a aussi la responsabilité morale de s'intéresser aux conditions de poursuite de leurs carrières professionnelles au-delà de leur séjour à l'INRIA. Plus lar-

gement encore, et même s'il ne les « gère » pas et ne les rémunère pas (sinon à titre secondaire pour certaines), l'INRIA exerce des responsabilités importantes vis-à-vis des nombreuses personnes (chercheurs et enseignants-chercheurs d'autres établissements rattachés à des projets communs ou mis à disposition, stagiaires et doctorants, invités, etc.) qui participent pleinement à l'activité de ses équipes. Une attention particulière doit être portée à la résorption des situations de précarité dans lesquelles se trouvent certains personnels non-titulaires de l'institut.

En termes quantitatifs, et dans la perspective de croissance raisonnée qui est visée pour les prochaines années, il faudra aussi veiller à **préserver les grands équilibres** qui sont vitaux pour le bon fonctionnement de l'institut : équilibre des pyramides des âges, équilibre entre « ressources internes » (emplois budgétaires) et « ressources externes », équilibre entre fonctions de production et fonctions support. Ces questions revêtent la plus grande importance, car certains de ces équilibres sont aujourd'hui **sur le point d'être rompus**. L'évolution menée entre 1993 et 1998, qui a vu les ressources propres de l'institut doubler dans le même temps que ses effectifs chercheurs croissaient de 17 %, ses effectifs ITA seulement de 4 %, et les crédits de paiement de 0,3 %, a eu pour effet d'augmenter à l'extrême la surcharge des services de support à la recherche de l'institut. Sur un autre plan, l'INRIA est un organisme jeune, le taux annuel de départs à la

retraite y est inférieur à 0,5 % et le restera pendant toute la prochaine décennie. Le très fort ralentissement de sa croissance observé depuis quelques années rend donc extraordinairement difficile toute possibilité de dégager des marges de manœuvre et de progresser en matière de politique de ressources humaines. Plus gravement, il a inévitablement eu des effets catastrophiques en termes de vieillissement : malgré la mobilité des chercheurs de l'institut vers l'extérieur, **la moyenne d'âge de l'INRIA augmente depuis quelques années deux fois plus vite que celle du CNRS** (tout en étant encore sensiblement inférieure : 41,6 ans pour l'INRIA, 46,6 ans pour le CNRS en 1997). Remédier à cette dégradation préoccupante passe bien sûr par la croissance des effectifs, mais aussi par le développement d'une vision globale et prospective sur l'évolution des personnels de l'institut.

La seule voie pour renforcer l'impact de l'INRIA passe par l'augmentation du nombre de femmes et d'hommes qui lui apportent leurs compétences, au meilleur niveau, dans les projets de recherche et dans les services. Il serait illusoire de chercher à y parvenir en augmentant seulement les ressources financières. L'INRIA a présenté depuis deux ans au gouvernement **un plan pluriannuel d'évolution**, qui prévoit une progression de ses effectifs, chercheurs et ITA, et de ses crédits budgétaires au taux annuel de 6 %. Ce taux de croissance modéré, que certains observateurs jugent trop faible, a été fixé avec le souci de proposer un plan de croissance bien maîtrisé et d'éviter les fragilités que provoquerait une augmentation trop forte, trop subite ou irrégulière des moyens de l'institut. Mettre en œuvre ce plan d'évolution de l'INRIA représente **un redéploiement minime**¹⁴ (inférieur à un millième du BCRD chaque année) au regard des enjeux scientifiques et technologiques et de l'impact attendu pour l'économie et l'emploi, ainsi qu'en matière d'éducation, de culture et de société.

Cette croissance des effectifs et des moyens au taux annuel de 6 % est à la fois l'hypothèse de base, minimale, sur laquelle se sont appuyées les réflexions menées pour élaborer le présent Plan stratégique, et la condition de sa réussite. L'INRIA estime indispensable de pouvoir inscrire son action dans cette perspective, et souhaite qu'elle soit explicitement mentionnée dans le contrat quadriennal qu'il signera avec ses ministères de tutelle.

5.2 Les principales évolutions des prochaines années

5.2.1 Une politique de ressources humaines plus dynamique

Les femmes et les hommes qui travaillent à l'INRIA représentent sa première et sa véritable richesse, et aucune des ambitions énoncées ci-dessus ne se réalisera sans leur adhésion et leur mobilisation sur des objectifs communs. Le développement d'une politique de ressources humaines capable de **favoriser la motivation et l'épanouissement de tous les personnels** est donc la condition de la réussite : ceci constitue une priorité majeure pour les prochaines années.

Au-delà des progrès déjà accomplis, en matière de mobilité des personnels ou grâce au démarrage des entretiens annuels d'activité notamment, il reste beaucoup de chemin à parcourir et les chantiers à attaquer sont nombreux. Il est important d'avoir une bonne connaissance instantanée de ce que représente le potentiel humain de l'institut en termes de compétences, de capacité de réponse aux besoins, de cohérence entre les aspirations individuelles et les missions confiées aux personnes. Mais il faut aussi en avoir **une vision dynamique et prospective** : déceler les besoins nouveaux susceptibles d'apparaître, s'intéresser à l'évolution des métiers et aux parcours de carrière, définir des éléments de politique de recrutement, organiser et faciliter les mobilités voire dans certains cas les reconversions, **mettre en place une offre de formations appropriée pour les ITA et pour les chercheurs**, mieux répartir les tâches collectives, donner de meilleures perspectives d'accès aux responsabilités, engager les réflexions sur l'aménagement du temps de travail, clarifier la politique en matière de primes. Telles seront les grandes missions de la direction des ressources humaines (DRH) de l'institut, mise en place en 1999. Une réflexion approfondie devra aussi être engagée sur l'évaluation des personnels ITA, aussi nécessaire que celle des chercheurs, et de nouvelles méthodes, plus appropriées que l'actuelle notation administrative, devront être définies et mises en œuvre.

¹⁴ Sur le plan des effectifs, ce redéploiement revient à affecter en quatre ans à l'INRIA 197 postes budgétaires supplémentaires (91 postes de chercheurs et 106 postes d'ITA) dans une période où environ 3500 personnels titulaires des EPST atteindront l'âge du départ à la retraite.

Un objectif majeur pour les prochaines années concerne le développement d'un véritable **système d'information interne**, qui donne à tous, chercheurs et ITA, une meilleure capacité à travailler ensemble et renforce l'unité de l'institut. De nombreux registres d'action sont concernés : les méthodes de gestion, les pratiques de travail, les outils que devront partager tous les personnels. Il faudra parfois redéfinir et simplifier, et toujours expliquer et expliciter par écrit les règles, les circuits, les procédures à suivre. L'usage du courrier électronique et du Web sera étendu pour améliorer le fonctionnement interne et la communication

entre les services. Un « centre de ressources » sera développé sur l'Intranet pour mettre à disposition de tous les personnels des textes fondamentaux, des bases de données, des documents d'actualité et des informations sur les procédures administratives et pratiques. La refonte complète de l'informatique de gestion, déjà engagée pour préparer l'arrivée de l'euro et le passage de l'an 2000, sera menée à son terme ; l'objectif est d'avoir renouvelé en trois ans toutes les applications spécifiques, sur la base de solutions progicielles du marché, et de disposer d'un système d'information intégré qui permette une réelle interopérabilité.

Il faut aussi insister sur le fait que ces préoccupations liées à l'épanouissement des personnes et à la qualité des parcours professionnels ne sauraient être celles de la seule DRH, elles doivent être partagées par tous les acteurs de l'institut. **A tous les niveaux d'encadrement**, il faut développer ce souci d'un **meilleur management**, d'une plus grande attention aux personnes, à la définition de leurs missions, à leur évolution professionnelle. Dans cette optique, les entretiens annuels d'activité, mis en place à titre expérimental en 1997-1998, jouent un rôle essentiel; ils seront généralisés. Du fait de l'augmentation de la taille et de l'ouverture de l'institut, et de la diversité de ses formes d'actions, il sera également indispensable de porter une attention plus grande à la **communication interne**, pour donner aux personnels de l'institut une meilleure information sur ses actions et ses évolutions, et favoriser l'adhésion de tous à ses orientations.

5.2.2 Un fonctionnement souple et efficace

Les succès de l'INRIA n'auraient pas pu être obtenus sans les efforts importants déployés par ses ingénieurs, techniciens et administratifs, dans les services et dans les projets de recherche. Pour atteindre les objectifs énoncés ci-dessus, il est essentiel que l'institut puisse dans les prochaines années s'appuyer sur une grande **efficacité de la gestion et des services de support à la recherche**.

Conséquence de la croissance en volume et en diversité des activités de l'institut, la politique de déconcentration engagée depuis plusieurs années devra être poursuivie et amplifiée, avec le souci de tenir compte des spécificités des unités de recherche et de faire bénéficier les équipes de recherche des avantages d'une gestion de proximité et d'un support technique de qualité. La possibilité de confier aux directeurs d'unités les responsabilités d'ordonnateurs secondaires sera étudiée. Ce mouvement vers une plus grande déconcentration doit avoir pour contrepartie une amélioration sensible de la circulation de l'information au sein de l'institut, un renouvellement des outils d'informatique de gestion et une redéfinition des missions de pilotage, de coordination et de contrôle des services centraux. C'est dans cette perspective de modernisation et de « changement d'échelle » des méthodes de gestion de l'institut que s'inscrivent les créations en 1999 de la direction administrative et financière et de la direction des ressources humaines. Ce travail en profondeur de recherche d'efficacité mais aussi de simplification et de clarification se concrétisera par la mise en place de « contrats de services » qui, au niveau du siège comme dans les unités de recherche, préciseront les objectifs et les engagements réciproques des parties impliquées par les activités des services. Il devra aussi intégrer une réflexion sur l'évaluation des activités de support à la recherche : à côté des deux critères d'évaluation liés aux objectifs stratégiques d'excellence scientifique et de transfert technologique, le rayonnement international et l'impact socio-économique, **l'efficacité du fonctionnement et de l'organisation de l'institut doit devenir le troisième grand critère d'évaluation de son action**.

Pour une part, ces réflexions sur les méthodes et les outils de gestion devront être menées **en concertation avec les autres organismes** et avec les administrations de tutelle : qu'il s'agisse des aspects budgétaires, financiers et comptables, de la gestion des personnels ou encore des systèmes d'indicateurs et tableaux de bord de suivi d'activité, il est en effet important d'examiner avec soin comment il serait possible de progresser vers une meilleure harmonisation des pratiques des différents établissements, et s'il serait intéressant de mutualiser certaines actions entre plusieurs organismes.

P lusieurs facteurs déjà évoqués peuvent contribuer à **renforcer l'attractivité de l'INRIA**, comme la notoriété de l'institut et son rayonnement international, une plus large publicité internationale donnée aux avis de recrutements de chercheurs, la mise en place de la Fondation de l'INRIA pour augmenter l'accueil de spécialistes étrangers. Très clairement, un facteur essentiel est **la qualité de l'environnement des équipes de recherche**, et cette observation rejoint les remarques déjà formulées sur l'attention qu'il faut

porter à la qualité des fonctions de support administratif ou technique, à la souplesse et à l'efficacité du fonctionnement, à la facilité de mise en route de nouvelles collaborations ou d'embauches de certaines catégories de personnels contractuels, à la possibilité de soutien pour des travaux de développement ou de transfert, etc. Un autre facteur concerne la souplesse de l'organisation de la recherche, les perspectives d'accès à l'autonomie scientifique et aux responsabilités d'encadrement, d'animation d'équipe et de conduite de projets.

Parmi les activités de support à la recherche, les **réseaux et les moyens informatiques** sont bien sûr un des domaines où l'INRIA a une obligation particulière de se situer au meilleur niveau. Les principaux objectifs des prochaines années seront ici de privilégier le travail coopératif et multi-média grâce à des outils permettant de mettre en commun et d'échanger des informations, de généraliser des formats standard d'échanges de documents pour améliorer l'interopérabilité, et de favoriser la mobilité et le télétravail pour permettre de partout l'accès au système d'information et aux ressources informatiques. Pour développer ces applications, ainsi que pour la mise en place d'expérimentations avancées, il sera indispensable de trouver la possibilité de déployer un réseau à très haut débit en Intranet pour l'ensemble de l'institut. Dans un contexte où l'ensemble des environnements informatiques ne cesse de se diversifier et de s'enrichir, toutes ces évolutions nécessiteront d'une part la mise en place d'un système intensif de formation des personnels de l'institut, et d'autre part une plus grande harmonisation et une meilleure coordination des activités des services des moyens informatiques des cinq unités de recherche.

5.3 Un institut de recherche attractif

L'attractivité de l'institut est la question clé des prochaines années dans une compétition internationale très vive, le succès de l'INRIA dépendra avant tout de sa capacité à attirer dans ses équipes des spécialistes de niveau mondial en informatique et mathématiques appliquées.

Les facteurs liés aux situations personnelles, au déroulement et à la **rapidité des carrières** et au niveau de visibilité personnelle que peut espérer atteindre un chercheur de l'INRIA, sont, bien sûr, très importants dans cette optique¹⁵. Dans le même sens, l'institut mènera une réflexion sur la possibilité de créer des prix de l'INRIA, et sur les moyens de favoriser l'exercice par ses chercheurs et ingénieurs d'activités de conseil en milieu industriel; il examinera aussi comment tirer parti de ses liens privilégiés avec ses principaux partenaires industriels pour proposer des parcours professionnels attractifs aux chercheurs motivés par une mobilité vers l'industrie. Mais la question de la rémunération des chercheurs ne peut être éludée, car le fossé se creuse entre les situations que peut proposer l'institut et celles qui sont offertes en Amérique du Nord, où les chercheurs et universitaires du domaine des STIC sont, presque partout, nettement mieux rémunérés que leurs collègues d'autres disciplines. A l'INRIA, l'intéressement des inventeurs est aujourd'hui la seule forme de rémunération complémentaire dont peut bénéficier un chercheur qui n'exerce pas d'activité extérieure, à l'exclusion de toute possibilité de rétribuer une autre forme de contribution, même exceptionnelle sur le plan scientifique ou sur le plan du transfert technologique. Face à cette situation, où l'intensité de la compétition et l'écart de rémunérations sont bien spécifiques du domaine des STIC, l'institut estime indispensable de disposer dans les prochaines années **d'un aménagement réglementaire permettant d'augmenter et de moduler la rémunération de ses chercheurs**.

On l'a déjà évoqué, la **souplesse du fonctionnement de l'institut** est une condition essentielle de sa réactivité et de son attractivité. Fort de son expérience passée, l'INRIA est persuadé que cette évolution indispensable vers un fonctionnement plus souple et plus moderne peut et doit être menée en conservant pour l'institut le statut d'EPST, dont les atouts sont très grands s'ils sont pleinement utilisés, et pour ses personnels permanents celui de fonctionnaires, ce statut devant s'accompagner d'une certaine culture de l'excellence, du mouvement et du risque. Il sera cependant indispensable d'inverser résolument l'évolution qui a conduit ces dernières années à une augmentation du nombre et de la complexité des règles et des procédures qui régissent le travail des personnels des organismes de recherche.

¹⁵ On ne peut que déplorer à ce propos le très net ralentissement des carrières de chercheurs constaté au cours des dix dernières années, auquel il est indispensable de remédier au plus vite en dotant l'institut de postes de directeurs de recherche de haut niveau.

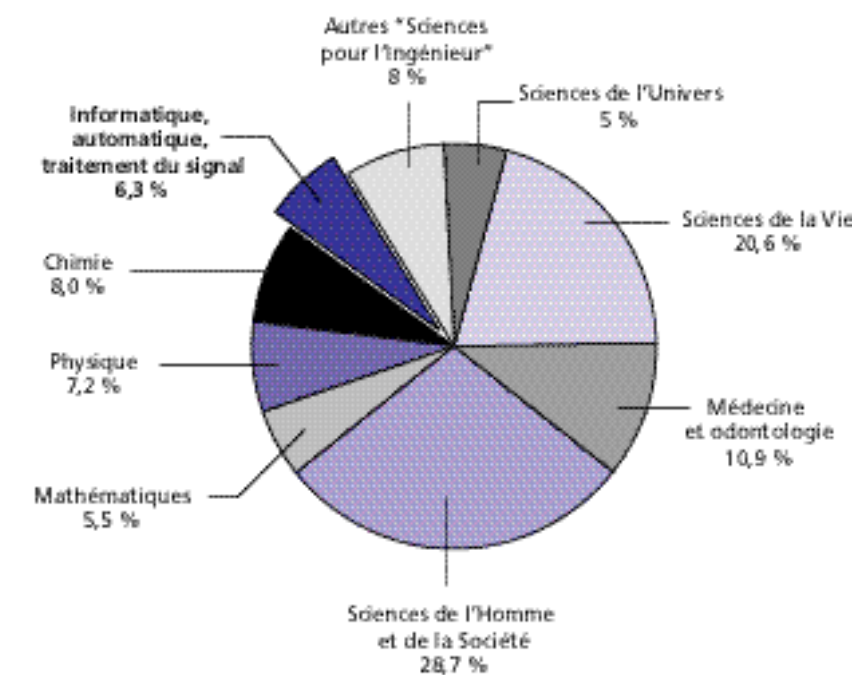
Comme toutes celles qui ont été mentionnées ci-dessus, les évolutions évoquées dans cette dernière section devront faire l'objet de réflexions approfondies pour définir de façon précise leurs objectifs et les principes de leur mise en œuvre. Qu'elles soient locales (comités des projets, conseils de laboratoires ou autres comités d'unité de recherche) ou nationales (comité technique paritaire, comité de concertation, commission d'évaluation, conseil scientifique et conseil d'administration), toutes les instances auxquelles participent les représentants des personnels de l'institut auront un rôle très important à jouer pour **la mise en œuvre de ce Plan stratégique**.

Les pistes de réflexion ne manquent pas pour **aller plus loin** : mise au point de formules statutaires permettant une plus grande ouverture de l'institut à l'accueil d'ingénieurs des corps techniques de l'État ; mise en place d'une politique d'accueil plus ouverte et plus diversifiée pour laquelle une certaine fraction, marginale, des postes de chercheurs sont gagés et réservés à des accueils de chercheurs en contrat à durée déterminée ; possibilité d'une certaine mutualisation des ressources propres donnant plus de souplesse, notamment pour le recrutement temporaire d'ingénieurs-experts, etc. Ce type d'évolutions devra s'accompagner d'un **renforcement du pouvoir du conseil d'administration**, à qui il revient de fixer la politique à suivre dans le cadre des nouvelles marges de manœuvre données à l'établissement, et de jouer un rôle fort de contrôle a posteriori, avec la mise en place d'indicateurs semestriels (incluant notamment le suivi des effectifs non titulaires) et d'un véritable outil de suivi financier.

Plus expérimenté sur un certain nombre de points touchant aux activités de transfert technologique et plus proche du monde de l'entreprise, plus sensible aux questions de compétitivité du fait des spécificités du domaine des STIC, abordant les questions d'organisation à la lumière d'une stratégie forte et ambitieuse, l'INRIA souhaite s'engager sur cette voie nouvelle où se dessinera, demain, **la modernité et le futur des EPST**.

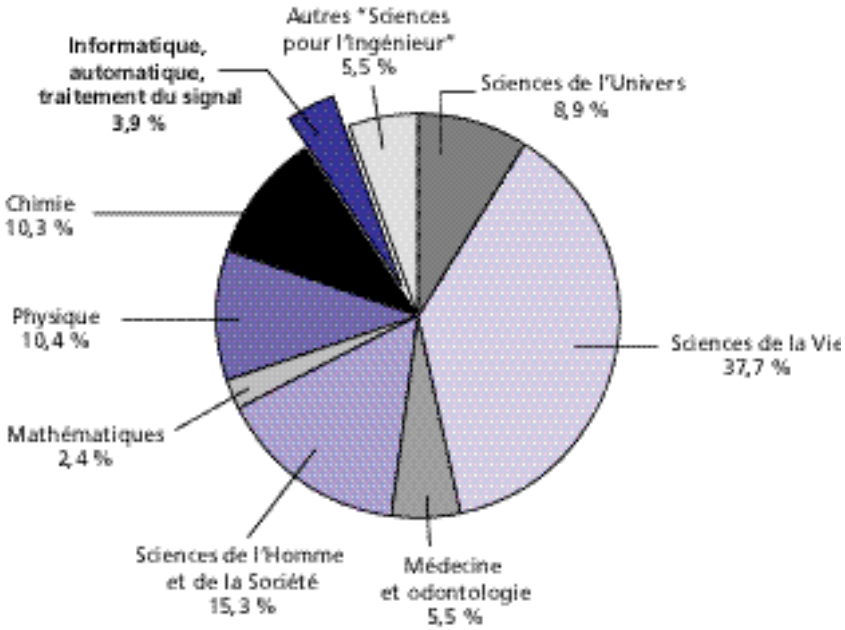
ANNEXE 1 : Le poids relatif des grandes disciplines dans le dispositif français d'enseignement supérieur et de recherche*

Les diagrammes présentés ci-dessous reposent sur les données du rapport « La recherche scientifique française : situation démographique », paru en avril 1999 dans la collection « Études et dossiers de l'OST ». Ce rapport donne les effectifs d'enseignants-chercheurs des universités et les effectifs chercheurs des EPST par grandes disciplines au 31 décembre 1996. Pour apprécier de façon plus précise la part des STIC dans le dispositif de recherche national, il conviendrait d'ajouter aux enseignants-chercheurs et chercheurs en informatique, traitement du signal et automatique une partie (très minoritaire) des effectifs de mathématiciens, au titre des mathématiques appliquées ; il faudrait aussi tenir compte des effectifs des organismes de recherche ayant un statut d'EPIC, dans lesquels la part consacrée aux STIC est plus faible que dans les universités et les EPST.

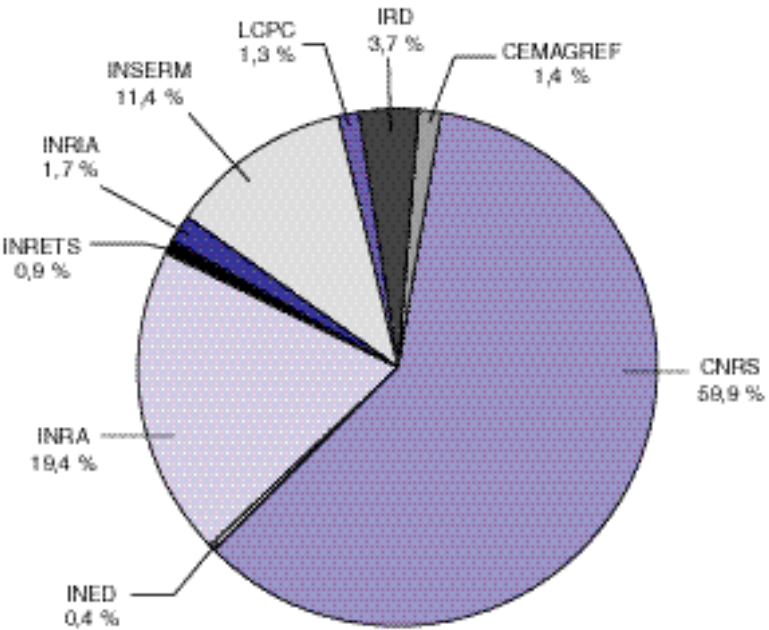


* A titre de comparaison, on peut mentionner que l'informatique représente 14 % du budget prévisionnel de la recherche financée par la NSF pour l'année 2000 ; voir <http://www.nsf.gov/bfa/bud/fy2000/start.htm>

ANNEXE 2 : L'INRIA au sein des EPST*



EPST	Effectif chercheurs	Effectif ITA	Ratio ITA/chercheurs
CNRS	11 741	14 610	1,24
INRA	1 789	6 740	3,76
INSERM	2 206	2 806	1,27
IRD	830	797	0,96
INRIA	346	401	1,15
CEMAGREF	76	536	7,05
LCPC	131	441	3,36
INRETS	152	259	1,70
INED	57	106	1,85
Total EPST	17 328	26 696	1,54



* On indique ici les effectifs 1999 rattachés au BCRD. Il faut noter que ces effectifs n'incluent pas la totalité des personnels permanents rémunérés par l'État au sein des EPST : ainsi, plusieurs centaines de personnels titulaires des corps techniques de l'État sont mis à disposition de certains de ces organismes (autres que l'INRIA).

ANNEXE 3 : Les 75 projets de recherche de l’INRIA
au 1^{er} juillet 1999

THÈME 1 : RÉSEAUX ET SYSTÈMES

Programme 1A : Parallélisme et architecture

Projets	A3 ⁽¹⁾ : Analyse avancée appliquée à l’optimisation des codes	Christine EISENBEIS	Rocquencourt
	APACHE ⁽²⁾ : Algorithme parallèle et partage de charge	Brigitte PLATEAU	Rhône-Alpes
	CAPS ⁽³⁾ : Compilation, architectures parallèles et système	André SEZNEC	Rennes
	COSI ⁽³⁾ : Conception de systèmes sur silicium	Sanjay RAJOPADHYE	Rennes
	ReMaP ⁽⁴⁾ : Régularité et parallélisme massif	Yves ROBERT	Rhône-Alpes
	SLOOP ⁽⁵⁾ : Simulation, langages à objets et parallélisme	Jean-Claude BERMOND	Sophia Antipolis

Programme 1B : Réseaux, systèmes, évaluation des performances

Projets	ARMOR ⁽⁶⁾ : Architecture et modèles de réseaux	Gérardo RUBINO	Rennes
	HIPERCOM : Communication hautes performances	Philippe JACQUET	Rocquencourt
	MÉVAL : Modélisation et évaluation de systèmes informatiques	Guy FAYOLLE	Rocquencourt
	MISTRAL : Modélisation en informatique et systèmes de télécommunication : recherche et applications	Philippe NAIN	Sophia Antipolis
	REFLECS : Systèmes informatiques répartis temps réel et tolérant les fautes	Gérard LE LANN	Rocquencourt
	RESEDAS ⁽⁷⁾ : Outils logiciels pour les télécommunications et les systèmes distribués	André SCHAFF	Lorraine
	RODÉO : Réseaux à hauts débits, réseaux ouverts	Walid DABBOUS	Sophia Antipolis
	SIRAC ⁽⁸⁾ : Systèmes informatiques répartis pour applications coopératives	Roland BALTER	Rhône-Alpes
	SOLIDOR ⁽³⁾ : Langages et systèmes parallèles	Michel BANÂTRE	Rennes
	SOR : Systèmes d’objets répartis	Mesaac MAKPANGOU (par intérim)	Rocquencourt

Programme 1C : Programmation distribuée et temps-réel

Projets	ADP ⁽³⁾ : Algorithmes répartis et protocoles	Michel RAYNAL	Rennes
	EP-ATR ⁽³⁾ : Environnement de programmation pour applications temps réel	Paul LE GUERNIC	Rennes
	MEIJE ⁽⁹⁾ : Parallélisme, synchronisation et temps réel	Robert DE SIMONE	Sophia Antipolis
	PAMPA ⁽³⁾ : Environnement de programmation des architectures massivement parallèles	Claude JARD	Rennes
	PARA : Parallélisme	Jean-Jacques LÉVY	Rocquencourt
	PARAGRAPHE ⁽³⁾ : Parallélisme et graphes	Philippe DARONDEAU	Rennes

THÈME 2 : GÉNIE LOGICIEL ET CALCUL SYMBOLIQUE

Programme 2A : Sémantique et programmation

Projets	CALLIGRAMME ⁽⁷⁾ : Logique linéaire, réseaux de démonstration et grammaires catégorielles	Philippe DE GROOTE	Lorraine
	COMPOSE ⁽³⁾ : Conception de programmes et systèmes adaptatifs	Charles CONSEL	Rennes
	COQ : Spécification et preuves de programmes	Christine PAULIN	Rocquencourt
	CRISTAL : Programmation typée, modularité et compilation	Michel MAUNY	Rocquencourt
	LANDE ⁽³⁾ : Langages déclaratifs	Daniel LE MÉTAYER	Rennes

	LOCO ⁽¹⁰⁾ : Programmation logique avec contraintes	Philippe CODOGNET	Rocquencourt
	PROTHEO ⁽⁷⁾ : Contraintes, déduction automatique et preuves de propriétés de logiciels	Hélène KIRCHNER	Lorraine
Programme 2B : Algorithmique et calcul formel			
Projets	ALGO : Algorithmes	Philippe FLAJOLET	Rocquencourt
	ARENAIRE ⁽⁴⁾ : Arithmétique des ordinateurs	Jean-Michel MULLER	Rhône-Alpes
	CODES : Codes et protection de l’information	Pascale CHARPIN	Rocquencourt
	POLKA ⁽⁷⁾ : Polynômes, combinatoire, arithmétique	Paul ZIMMERMANN	Lorraine
	PRISME : Géométrie, algorithmes et robotique	Jean-Daniel BOISSONNAT	Sophia Antipolis
	SAGA : Systèmes algébriques, géométrie et applications	Jean-Pierre MERLET	Sophia Antipolis

THÈME 3 : INTERACTION HOMME-MACHINE, IMAGES, DONNÉES, CONNAISSANCES

Programme 3A : Bases de données, bases de connaissances, systèmes cognitifs

Projets	ACACIA : Acquisition des connaissances pour l'assistance à la conception par interaction entre agents	Rose DIENG	Sophia Antipolis
	ATOLL : Atelier d’outils logiciels pour le langage naturel	Bernard LANG	Rocquencourt
	OPÉRA : Outils pour les documents électroniques, recherche et applications	Vincent QUINT	Rhône-Alpes
	ORION : Environnements intelligents de résolution de problèmes pour des systèmes autonomes	Monique THONNAT	Sophia Antipolis
	CARAVEL : Systèmes de bases de données	Éric SIMON	Rocquencourt
	SHERPA : Dynamique des bases de connaissance	François RECHENMANN	Rhône-Alpes
	VERSO : Bases de données	Sophie CLUET	Rocquencourt

Programme 3B : Vision, analyse et synthèse d’images

Projets	AIR : Traitement d’image et données satellites dynamiques	Isabelle HERLIN	Rocquencourt
	ARIANA ⁽⁵⁾ : Problèmes inverses en observation de la terre	Josiane ZERUBIA	Sophia Antipolis
	EPIDAURE : Imagerie et robotique médicale	Nicholas AYACHE	Sophia Antipolis
	IMAGIS ⁽²⁾ : Modèles, algorithmes, géométrie pour le graphique de l’image de synthèse	Claude PUECH	Rhône-Alpes
	ISA ⁽⁷⁾ : Applications de réalité virtuelle et augmentée en ingénierie architecturale et urbaine	Jean-Claude PAUL	Lorraine
	MOVI ⁽²⁾ : Modélisation, localisation, reconnaissance et interprétation en vision par ordinateur	Roger MOHR	Rhône-Alpes
	ROBOTVIS : Vision par ordinateur et robotique	Olivier FAUGERAS	Sophia Antipolis
	SHARP ⁽²⁾ : Programmation automatique et systèmes décisionnels en robotique	Christian LAUGIER	Rhône-Alpes
	SIAMES ⁽³⁾ : Synthèse d’images, animation, modélisation et simulation	Bruno ARNALDI	Rennes
	TEMICS ⁽³⁾ : Traitement, modélisation et communication d’images numériques	Christine GUILLEMOT	Rennes
	VISTA ⁽³⁾ : Vision spatio-temporelle et active	Patrick BOUTHEMY	Rennes

THÈME 4 : SIMULATION ET OPTIMISATION DE SYSTÈMES COMPLEXES

Programme 4A : Automatique, robotique, signal

Projets	BIP : Robot bipède	Bernard ESPIAU	Rhône-Alpes
	COMORE : Contrôle et modélisation de ressources renouvelables	Jean-Luc GOUZÉ	Sophia Antipolis

	CONGÉ ⁽¹¹⁾ : Contrôle géométrique des systèmes non linéaires	Gauthier SALLET	Lorraine
	FRACTALES : Approches fractales pour l’analyse et la modélisation des signaux	Jacques LÉVY-VÈHEL	Rocquencourt
	ICARE : Instrumentation, commande et architecture des robots évolués	Claude SAMSON	Sophia Antipolis
	IS2 : Inférence statistique pour l’industrie et la santé	Gilles CELEUX	Rhône-Alpes
	MÉTA 2 : Méta-automatique et méthodes de l’automatique	Jean-Pierre QUADRAT	Rocquencourt
	MIAOU : Mathématiques et informatique de l’automatique et de l’optimisation pour l’utilisateur	Laurent BARATCHART	Sophia Antipolis
	NUMOPT : Optimisation numérique	Claude LEMARÉCHAL	Rhône-Alpes
	SIGMA 2 ⁽³⁾ : Signaux modèles algorithmes	Bernard DELYON	Rennes
	SOSSO : Applications et outils de l’automatique	Michel SORINE	Rocquencourt

Programme 4B : Modélisation et calcul scientifique

Projets	ALADIN ⁽³⁾ : Algorithmes adaptés au calcul numérique intensif	Jocelyne ERHEL	Rennes
	CAIMAN ⁽¹²⁾ : Calcul scientifique, modélisation et analyse numérique	Armel DE LA BOURDONNAYE	Sophia Antipolis
	ESTIME : Estimation de paramètres et modélisation en milieu hétérogène	Jérôme JAFFRÉ	Rocquencourt
	GAMMA : Génération automatique de maillages et méthodes d’adaptation	Paul-Louis GEORGE	Rocquencourt
	IDOPT ⁽²⁾ : Identification et optimisation de systèmes en physique et en environnement	Jacques BLUM	Rhône-Alpes
	M3N : Multimodèles et méthodes numériques	Benoît PERTHAME	Rocquencourt
	NUMATH ⁽¹³⁾ : Analyse mathématique et traitement numérique des modèles non linéaires	Olivier COULAUD	Lorraine
	OMÉGA (*): Méthodes numériques probabilistes	Denis TALAY	Sophia Antipolis
	ONDES ⁽¹⁴⁾ : Modélisation, analyse, simulation des équations des ondes	Patrick JOLY	Rocquencourt
	SINUS : Simulation numérique dans les sciences de l’ingénieur	Jean-Antoine DÉSIDÉRI	Sophia Antipolis
	SYSDYS ⁽¹⁵⁾ : Systèmes dynamiques stochastiques	Fabien CAMPILLO	Sophia Antipolis

⁽¹⁾ Projet commun avec l’université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines

⁽²⁾ Projet commun avec l’IMAG (CNRS, INPG, UJF)

⁽³⁾ Projet de l’IRISA commun avec le CNRS, l’INSA de Rennes et l’université de Rennes 1

⁽⁴⁾ Projet commun avec le LIP (CNRS, ENSL), localisé à Lyon

⁽⁵⁾ Projet commun avec le CNRS et l’UNSA

⁽⁶⁾ Projet de l’IRISA commun avec le CNRS, l’université de Rennes 1, l’INSA de Rennes et l’ENST Bretagne

⁽⁷⁾ Projet du LORIA commun avec le CNRS, les universités Henri-Poincaré, Nancy 2 et INPL

⁽⁸⁾ Projet commun avec l’INPG et l’UJF

⁽⁹⁾ Projet commun avec le CMA (ENSMP)

⁽¹⁰⁾ Projet commun avec l’université d’Orléans

⁽¹¹⁾ Projet commun avec le MMAS (CNRS et université de Metz), localisé à Metz

⁽¹²⁾ Projet commun avec le CERMICS (ENPC)

⁽¹³⁾ Projet commun avec l’institut Élie Cartan (CNRS et université Henri-Poincaré)

⁽¹⁴⁾ Projet commun avec le laboratoire SMP (CNRS et ENSTA)

⁽¹⁵⁾ Projet commun avec le CNRS et l’université de Provence, localisé à Marseille

(*) Projet bilocalisé à Sophia Antipolis et en Lorraine

ANNEXE 4 : Table des sigles

ACTS	Advanced Communication Technologies and Services
ADN	Acide DésoxyriboNucléique
AFNIC	Association Française pour le Nommage Internet en Coopération
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BCRD	Budget Civil de Recherche et Développement technologique
CAO	Conception Assistée par Ordinateur
CARI	Colloque Africain de Recherche en Informatique
CEA	Commissariat à l’Energie Atomique
CEMAGREF	Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural et des Eaux et Forêts
CERMICS	Centre d’Enseignement et de Recherche en Mathématiques, Informatique et Calcul Scientifique
CERN	Centre d’Études et de Recherches Nucléaires
CIRAD	Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CMA	Centre de Mathématiques Appliquées
CNES	Centre National d’Études Spatiales
CNET	Centre National d’Études des Télécommunications
CNIL	Commission Nationale de l’Informatique et des Libertés
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
CWI	Centrum voor Wiskunde en Informatica (Amsterdam)
DAVIC	Digital Audio Visual Council
DEA	Diplôme d’Études Approfondies
ENPC	École Nationale des Ponts et Chaussées
ENSL	École Normale Supérieure de Lyon
ENSMP	École Nationale Supérieure des Mines de Paris
ENST	École Nationale Supérieure des Télécommunications
ENSTA	École Nationale Supérieure des Techniques Avancées
EPIC	Établissement Public à caractère Industriel et Commercial
EPST	Établissement Public à caractère Scientifique et Technologique
ERCIM	European Research Consortium for Informatics and Mathematics
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
GET	Groupe des Écoles des Télécommunications
GMD	Gemeinschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (Bonn)
GSM	Global System for Mobiles
HTML	Hyper Text Markup Language
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IETF	Internet Engineering Task Force
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l’Exploitation de la Mer
IIT	Indian Institute of Technology

IMAG	Institut d’Informatique et de Mathématiques Appliquées de Grenoble
INED	Institut National d’Études Démographiques
INPG	Institut National Polytechnique de Grenoble
INPL	Institut National Polytechnique de Lorraine
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
INRETS	Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité
INSA	Institut National des Sciences Appliquées
INSERM	Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale
IP	Internet Protocol
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
IRISA	Institut de Recherche en Informatique et Systèmes Aléatoires
ITA	Ingénieurs, Techniciens et Administratifs
IST	Information Society Technologies
LCPC	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
LETI	Laboratoire Électronique et Technologie de l’Instrumentation
LIAMA	Laboratoire franco-chinois de recherche en Informatique, Automatique et Mathématiques Appliquées
LIP	Laboratoire d’Informatique du Parallélisme
LORIA	Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MMAS	Méthodes Mathématiques pour l’Analyse des Systèmes
NIH	National Institute of Health
NSF	National Science Foundation
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économiques
OST	Observatoire des Sciences et des Techniques
PCRD	Programme Cadre de Recherche et Développement
PME	Petites et Moyennes Entreprises
PREDIT	Programme National de Recherche et d’Innovation dans les Transports terrestres
RRIT	Réseau de Recherche et d’Innovation Technologique
RSA	Rivest, Shamir and Adleman
SAP	Systems, Applications and Products in data processing
SCET	Société Centrale pour l’Équipement du Territoire
SMP	Simulations et Modélisation des Phénomènes de Propagations
STIC	Sciences et Technologies de l’Information et de la Communication
UDLR	Uni Directional Link Routing
UIT	Union Internationale des Télécommunications
UJF	Université Joseph Fourier
UNSA	Université de Nice Sophia Antipolis
W3C	World Wide Web Consortium
XML	Extended Markup Language

TABLE DES MATIÈRES

1. La recherche, fondement de la société de l’information	9
1.1 Un nouvel essor technologique et économique	9
1.2 Le rôle de la recherche publique	11
1.3 La France et l’Europe dans la compétition mondiale	13
1.4 L’INRIA, moteur d’une politique nationale ambitieuse	17
 2. L’INRIA aujourd’hui	 19
2.1 Un institut qui réussit	19
2.2 L’INRIA dans la compétition internationale	25
 3. La politique scientifique de l’INRIA	 27
3.1 Une vitalité scientifique considérable	27
3.1.1 Des problèmes difficiles et profonds	27
3.1.2 Des interactions très riches avec les autres sciences	27
3.2 Les orientations scientifiques de l’INRIA	29
3.2.1 De grands défis scientifiques	29
3.2.2 Autres éléments essentiels de la politique scientifique de l’INRIA	31
3.3 Des recherches à très fort impact	33
3.3.1 L’infrastructure de la société de l’information : télécommunications et multimédia	33
3.3.2 La conception de systèmes complexes : ingénierie et transports	35
3.3.3 La modélisation des systèmes naturels : biologie et santé, environnement	37
 4. Une stratégie ambitieuse	 41
4.1 L’excellence scientifique	41
4.1.1 Une organisation de la recherche souple et adaptée	43
4.1.2 Les partenariats académiques et la politique régionale	43
4.1.3 Un processus d’évaluation complet et exigeant	47
4.1.4 La formation par la recherche	49
4.1.5 L’encouragement à la mobilité et la politique d’accueil	51
4.2 Le transfert technologique	51
4.2.1 Les partenariats avec des industriels français, européens et internationaux	53
4.2.2 La création d’entreprises de technologie	55
4.2.3 La diffusion de logiciels	55
4.2.4 La diffusion de l’information scientifique et technique	57
4.2.5 Les aspects éducatifs et sociaux, les activités d’expertise	59
4.2.6 L’éthique et la déontologie de la recherche	61
4.3 Les collaborations internationales	61
 5. L’organisation et les moyens de l’INRIA	 67
5.1 Un institut en croissance	67
5.2 Les principales évolutions des prochaines années	69
5.2.1 Une politique de ressources humaines plus dynamique	69
5.2.2 Un fonctionnement souple et efficace	71
5.3 Un institut de recherche attractif	73

