

et formalisation  
du raisonnement naturel

1. Le domaine.

La représentation des connaissances et la formalisation du raisonnement naturel constituent le versant abstrait, la dimension théorique des travaux qui se poursuivent aujourd'hui sous le label général d'intelligence artificielle. Au-delà de leurs enjeux proprement scientifiques, l'importance de ces recherches vient également de ce qu'elles commandent le développement de deux axes privilégiés de l'informatique, la robotique et la communication homme-machine en langage naturel.

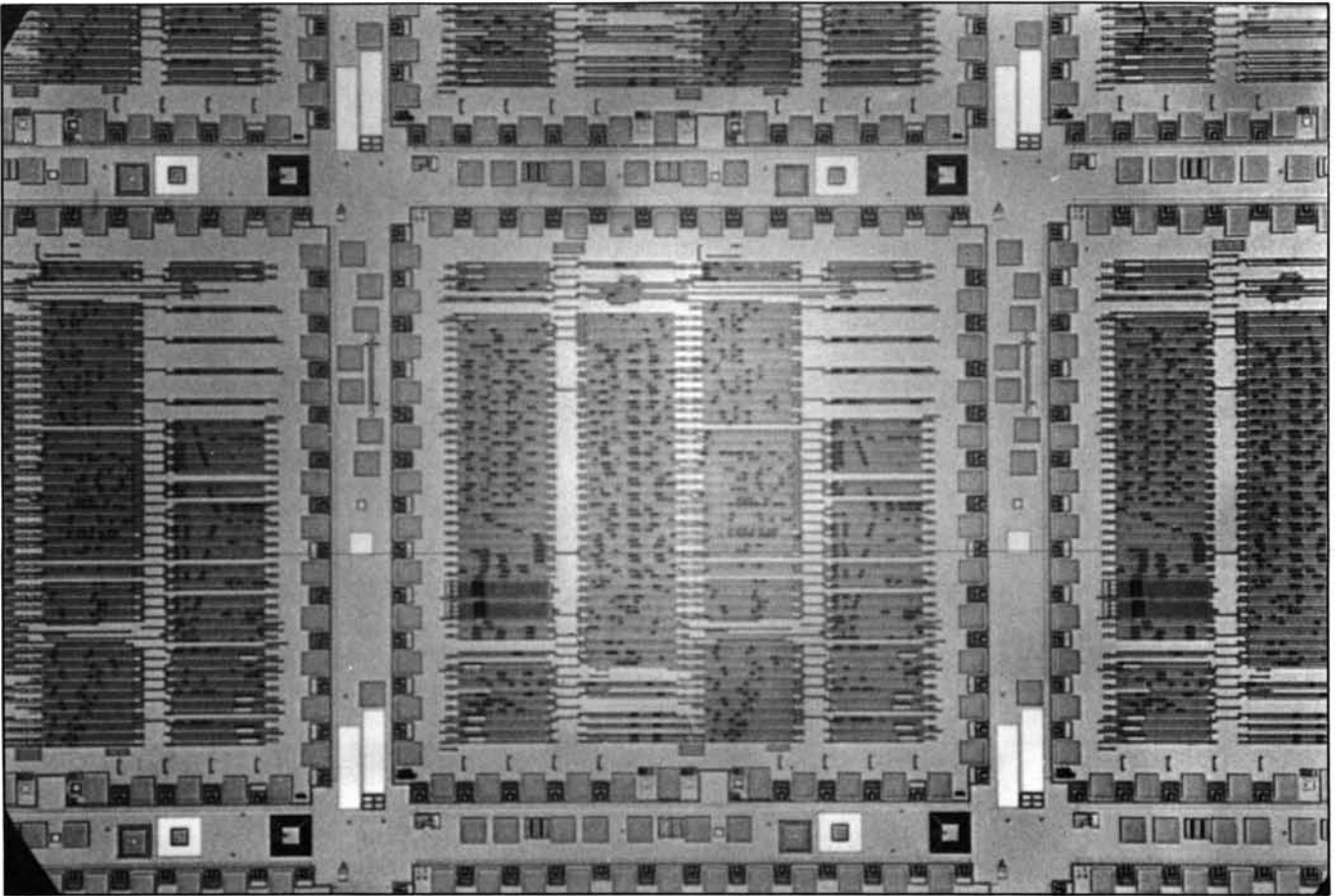
Rendre un ordinateur capable d'effectuer correctement un certain nombre d'opérations intellectuelles fondées sur notre culture et notre expertise, mais dont la plupart sont implicites ou non définies formellement, suppose qu'aient été résolus un certain nombre de problèmes dont l'ensemble constitue précisément le domaine de recherche nouveau qui est présenté ici. Il s'agit, d'une part, de construire une représentation de l'univers de référence, sous forme d'une base de connaissances ; et, d'autre part, d'isoler et de formaliser les éléments constitutifs des raisonnements que l'expert humain met ou pourrait mettre en œuvre pour résoudre les problèmes afférents à cet univers.

Du point de vue de la recherche en informatique, cette problématique généralise la notion de base de données à laquelle elle substitue celle de système de représentation à structure complexe. Elle élargit également le concept classique de déduction en introduisant des schémas formels pour différents types « naturels » d'argumentation comme les modalités, l'analogie, etc.

2. Impact de la recherche : les enjeux.

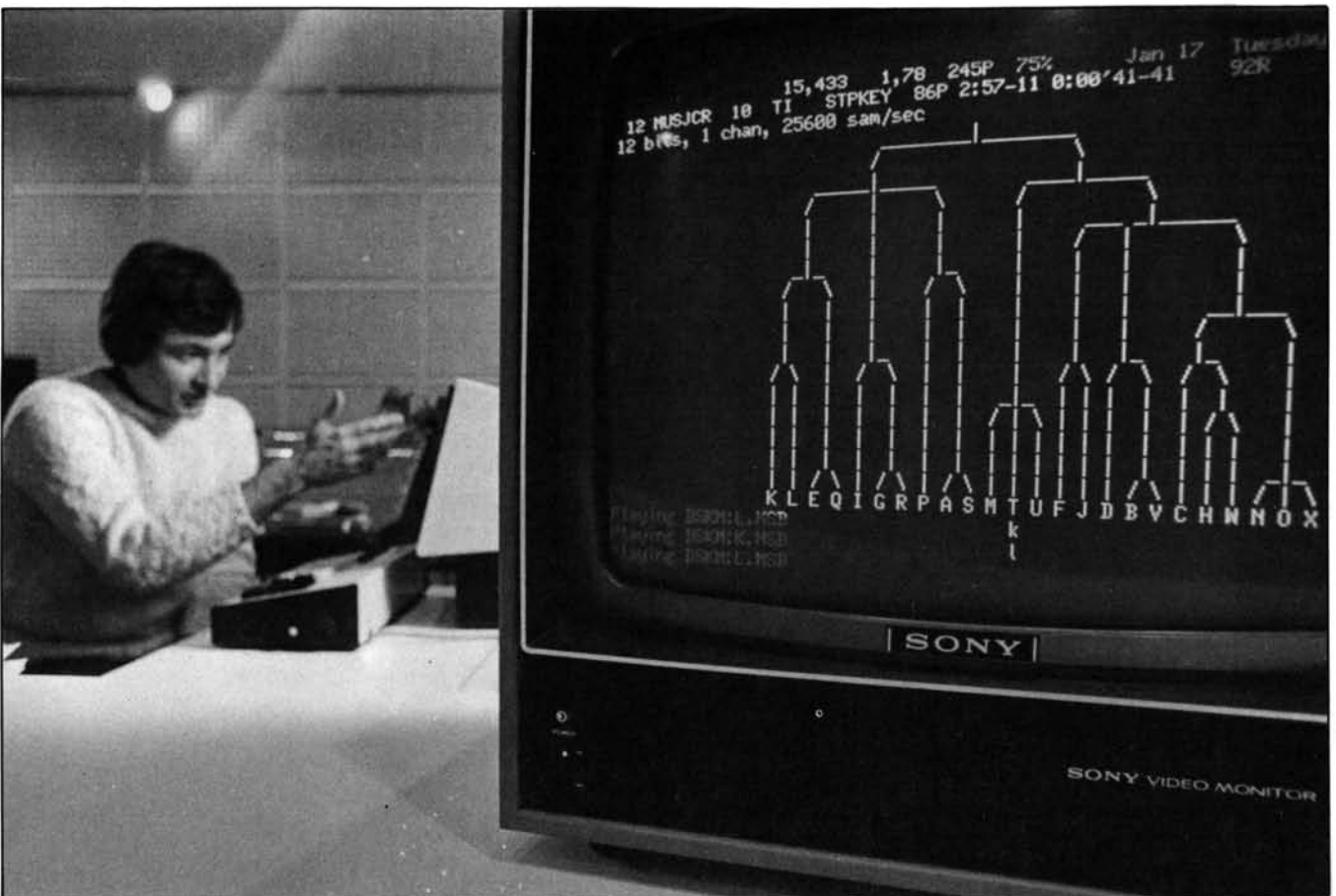
2.1. Sur le plan scientifique.

Ces recherches ont d'abord une portée théorique puisqu'elles permettent d'explorer et de tester l'adéquation des formalismes (mathématiques) pour représenter les structures discursives et perceptuelles, ainsi que les relations entre la diversité des logiques formelles et l'informatique théorique.



▲ Circuits de mémoire. Cliché IBM

▼ Organigramme perceptuel pour un ensemble de sons différents. Cliché IRCAM



Les thèmes majeurs peuvent être distingués selon qu'ils portent sur l'informatique elle-même (démonstration automatique, programmation assistée, preuve de programmes, contrôle du parallélisme, langages logiques de programmation...) ou sur ses relations avec d'autres champs (compréhension du langage naturel, analyse de scènes, générations de plans pour la robotique, conception et enseignement assistés par ordinateur, systèmes-experts...).

D'une manière générale, l'objectif est d'étendre à des domaines nouveaux - le texte en langage naturel, la dynamique du monde perceptuel, le comportement décisionnel de l'expert, etc., ... - la démarche modélisatrice propre à l'informatique. La nouveauté radicale de certains de ces domaines (à fortes composantes psycho-socio-culturelles) exige la définition de nouveaux concepts, de nouvelles méthodes, voire de nouveaux formalismes.

Outre ces approfondissements mathématiques et logiques aussi bien que techniques, l'informatique (et, à travers elle, les sciences pour l'ingénieur) se trouve intégrer dans sa problématique propre des champs de la connaissance différents de ceux qui lui sont traditionnellement associés, particulièrement la linguistique et la psychologie cognitive. L'échange est réciproque : elle adopte des connaissances, voire des méthodes sur l'analyse du langage ou des processus d'apprentissage ; elle offre des modèles formels et des dispositifs expérimentaux qui permettent de mettre les connaissances à l'épreuve.

## 2.2 Sur le plan culturel.

a. Il est clair que la composante « intelligente » de l'intelligence artificielle est porteuse de profonds bouleversements culturels, dans la mesure même où elle touche ce qui est au cœur de la représentation que l'être se fait de lui-même. De ce point de vue, et à long terme, c'est le concept même d'« humanité » qui est en jeu.

b. Du point de vue épistémologique, la représentation des connaissances et la formalisation du raisonnement naturel, appliquées dans les domaines qui ne sont plus ceux des sciences exactes, ont pour effet d'éclairer la structure du discours scientifique, en particulier dans les sciences de l'homme. On peut conjecturer que c'est sur ce plan — le statut de la connaissance — que se situeront probablement les bouleversements les plus importants que l'informatique introduira dans la recherche en sciences humaines.

c. En donnant à l'ordinateur la capacité de traiter directement le langage naturel, dans sa forme comme dans son sens, on le place au centre même de tout dispositif électronique de communication, non seulement pour ce qui concerne l'information scientifique et technique, mais aussi pour toute communication interhumaine (télécommunications, enseignement, etc., ...).

d. Enfin, l'ordinateur « intelligent » est un puissant instrument d'aide à la création artistique,

qu'elle soit musicale, plastique ou littéraire, comme en témoignent de nombreuses expériences d'avant-garde.

## 2.3. Sur le plan économique et social.

Le domaine de recherche présenté ici constitue la partie théorique et logicielle de trois secteurs d'activité cruciaux pour l'avenir des pays industrialisés : la robotique, la buretique, les télécommunications. Tout a été dit sur l'importance des enjeux industriels, donc économiques, liés à leur développement.

Si une recherche fondamentale puissante est évidemment nécessaire, la rapidité de l'évolution technologique impose qu'ici plus qu'ailleurs soient mis en place des dispositifs de transfert efficaces entre laboratoires et industrie.

En outre, des modifications aussi profondes des conditions de travail dans de nombreux secteurs d'activité ne peuvent aller sans des répercussions sociales auxquelles la recherche en informatique se doit d'être attentive (par exemple, en collaborant avec des chercheurs en sciences sociales et humaines, pour mieux évaluer des questions aussi importantes que les conditions de travail ou l'impact sur l'emploi).

Enfin, le statut international du français dépendra probablement en partie de notre maîtrise des nouveaux moyens de communication (bases de connaissances, réseaux, ...), ce qui pourrait retentir à son tour sur la place de notre culture et déboucher ainsi sur des questions proprement politiques.

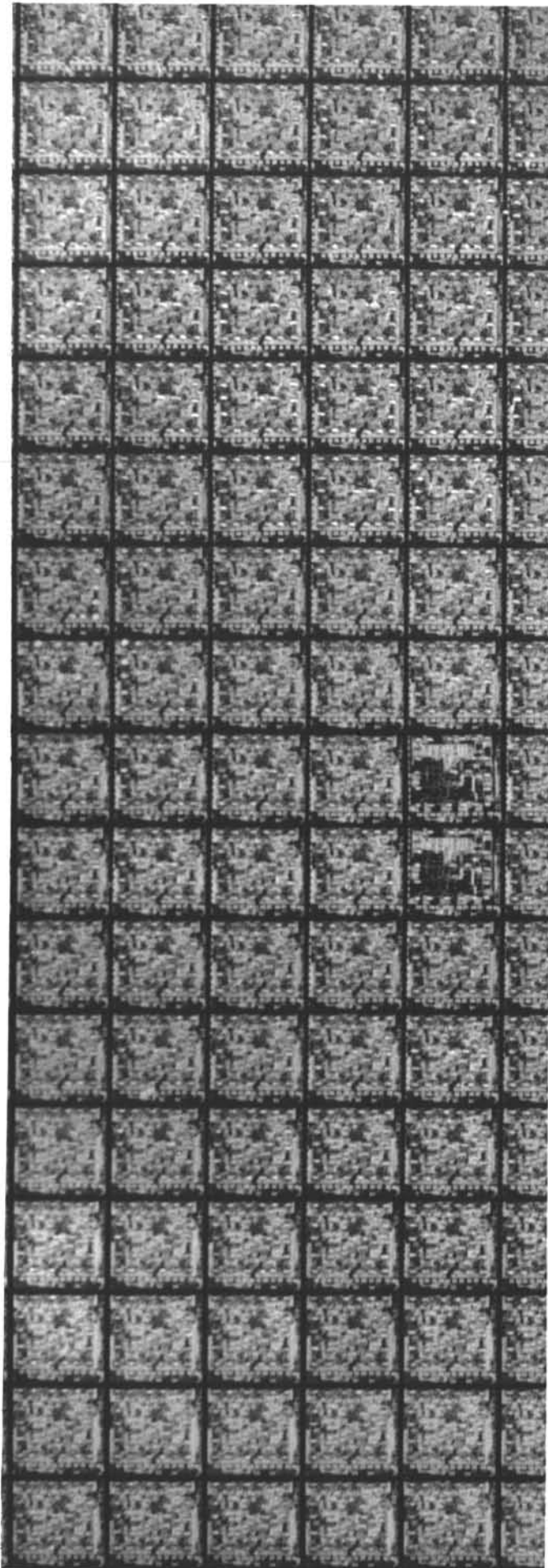
## 3. Les atouts de la recherche française.

Dans le domaine de la représentation des connaissances et de la formalisation du raisonnement, notre pays dispose d'une situation de départ favorable et d'atouts sérieux pour lui permettre de tenir une place de premier plan dans la recherche internationale.

Le premier de ces atouts est l'excellence du niveau théorique en informatique, ainsi que dans l'environnement scientifique pertinent : mathématique, logique, linguistique, psychologie. En outre, des jonctions interdisciplinaires essentielles au progrès de la recherche ont été réalisées ou sont en passe de l'être : c'est particulièrement vrai pour la linguistique et la psychologie. Le mouvement est amorcé avec la logique. De cela témoigne, par exemple, le développement rapide de l'Association pour la Recherche Cognitive (ARC) nouvellement créée, ainsi que l'activité des groupes de travail de l'AFCEP.

Actuellement, on peut estimer que le nombre de chercheurs, publics ou privés, travaillant sur ces questions est, pour l'informatique seule, de l'ordre de cent cinquante personnes. Ce qui n'est pas négligeable compte tenu de la nouveauté du thème, compte tenu aussi de ce qu'on peut estimer que l'ensemble de ces chercheurs est maintenant au niveau d'expertise internationale avec, en outre, un certain nombre d'équipes particulièrement novatrices.

Un autre atout qu'il convient de souligner est l'équilibre assez exceptionnel dans la répartition



géographique des pôles de recherche, Toulouse, Nancy, Grenoble, Rennes, Marseille... soutenant parfaitement dans ce domaine la comparaison avec le potentiel et la qualité scientifique des équipes de recherche en région parisienne.

Enfin, il est assez remarquable que l'importance des enjeux attachés à ces travaux ait été perçue non seulement par l'Université et le CNRS, mais également par divers ministères techniques (P. et T., Armées, ...) et les grands groupes industriels du secteur électronique, comme en témoigne les équipes de recherche qu'ils ont récemment constituées. Soulignons aussi que dans ce domaine la double articulation : recherche publique-recherche privée, recherche fondamentale-recherche de développement, se réalise jusqu'à présent de manière positive.

Il semble donc que les principaux éléments pour une percée dans ce secteur crucial de la recherche soient réunis.

#### 4. Les moyens de la percée.

Il importe d'élaborer sans tarder une stratégie qui permette de faire face aux défis scientifiques que lance le développement accéléré de l'intelligence artificielle. Notre ambition dans ce bref survol est simplement de fournir quelques éléments pouvant servir à la définition systématique et globale d'une politique au sein d'instances nationales. Ajoutons que nos propositions - partielles - portent évidemment la marque de leur origine, celle d'une équipe de recherche du CNRS.

##### 4.1. *L'environnement scientifique.*

*a.* Création de filières de formation universitaires au niveau du 2<sup>e</sup> cycle et surtout du 3<sup>e</sup>, articulant informatique et logique mathématique, informatique et linguistique scientifique, informatique et psychologie cognitive.

*b.* Mise en place de structures incitatives au dialogue pluridisciplinaire, au sein du CNRS (groupes de travail inter-commissions), ou dans un cadre associatif (sur le modèle de l'ARC ou de l'AF CET).

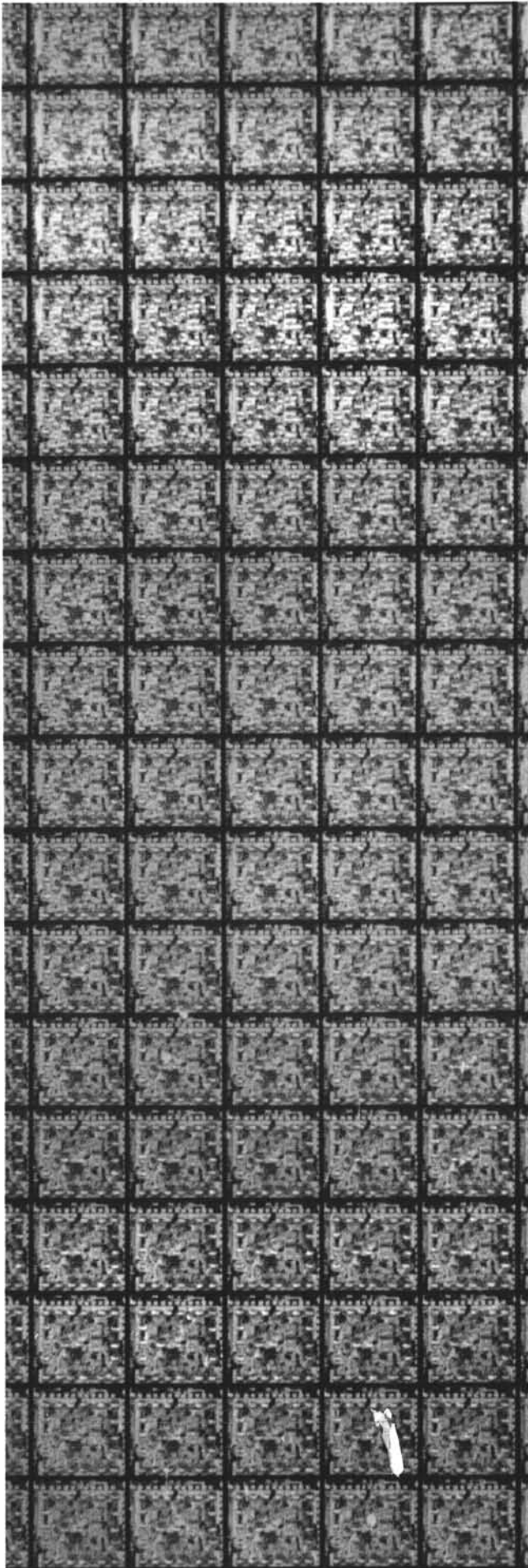
*c.* Définition d'une politique de contacts internationaux : stagiaires français dans des laboratoires d'excellence étrangers, séjours de chercheurs étrangers en France, organisation de réunions scientifiques du plus haut niveau sur le territoire national...

##### 4.2. *L'infrastructure de la recherche.*

*a.* Aide à l'affirmation d'un équilibre efficace entre les pôles régionaux et nationaux existants et participation aux politiques régionales à venir.

*b.* Intervention sur le plan d'équipement informatique (des universités) pour satisfaire les besoins spécifiques de la recherche dans le domaine (par exemple, traitements parallèles ou réseau inter-équipes).

*c.* Création d'une revue française de niveau international ; aide aux bulletins communautaires existants.



#### 4.3. *Transferts scientifiques et techniques. Impact socio-culturel.*

Compte tenu de leur importance et de leur complexité, il nous paraît important de souligner que les aspects industriels et économiques du transfert des résultats scientifiques et leurs incidences socio-culturelles doivent être considérés solidairement.

*a.* Renforcer les dispositifs de liaison avec l'industrie qui existent actuellement, en explicitant leur rôle et en les faisant mieux connaître des différentes parties.

*b.* Assurer une meilleure diffusion de l'information scientifique auprès des utilisateurs potentiels : enseignants du primaire et du secondaire, domaines dans lesquels peuvent être définis des systèmes-experts...

*c.* Collaborer avec les partenaires industriels pour informer et former les personnes concernées par l'introduction des nouvelles technologies « intelligentes ».

*d.* S'associer avec des chercheurs en sciences de l'homme pour analyser les impacts économiques, sociaux et culturels.

#### 4.4. *Les moyens proprement dits.*

Ils s'estiment évidemment en fonction des recommandations ci-dessus. Nous pensons que la détermination d'une politique et la volonté de l'appliquer avec intelligence sont aussi importantes qu'un accroissement sensible des moyens humains et matériels.

*Dans le cadre du CNRS*, les actions lancées ces dernières années par le Secteur Sciences Physiques pour l'Ingénieur et la Section 02 du Comité national (en particulier avec l'ATP « Intelligence Artificielle », le Greco « Traitement automatique de la parole » et le projet « Automatique et Robotique Avancées » semblent particulièrement opportunes.

Elles doivent être poursuivies, leurs dotations financières raisonnablement augmentées (env. 40 %), accompagnées de l'indispensable recrutement de jeunes chercheurs (5/an pendant les 5 prochaines années).

Le CNRS semble particulièrement bien placé pour prendre l'initiative sur les points 4.1 b et c, 4.2. a, b et c, 4.3. a, b, c, d. Points où la volonté d'utiliser les moyens existants compte autant que les moyens nouveaux (env. 300 KF) pendant indispensables.

Des besoins somme toute modérés pour des enjeux considérables qui demandent une réflexion et des décisions au niveau national.

Ce texte a été préparé par l'Equipe « Compréhension du Raisonnement Naturel » (rattachée au Laboratoire « Langages et Systèmes informatiques » ERA n°298 du CNRS à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1982).

Toute correspondance à son sujet doit être adressée à Mario Borillo, CNRS, Université de Toulouse-Le Mirail, 109 bis, rue Vauquelin, 31058 Toulouse Cedex, Tél. (61) 40.60.09.