

Section 07

Sciences et technologies de l'information – informatique, automatique, signal et communication

Quelques éléments de réflexion pour le Plan Stratégique du CNRS – Septembre 2006 –

En une vingtaine d'années, les chercheurs et enseignants-chercheurs de la communauté des STIC ont réussi à faire naître et à développer une science encore jeune, qui repose sur des disciplines vivantes, actives, tournées vers l'avenir, au cœur de grands enjeux des sciences fondamentales et des sciences de l'ingénierie, au service du monde qui nous entoure.

Aujourd'hui, cette science est présente sur le front de la connaissance (preuve de théorèmes, découverte de médicaments,...), au cœur d'enjeux sociétaux (sécurité, protection de la vie privée, accès à l'information, assistance aux personnes,...), en prise directe avec le monde économique (des multi-nationales aux jeunes-pousses) et à la pointe du système européen de la recherche (une des priorités centrales du 7^e PCRD).

Pour les années qui viennent, la communauté des STIC doit répondre à un triple enjeu : renforcer et approfondir ses bases disciplinaires, poursuivre son action pour décloisonner ces disciplines entre elles et vis-à-vis des autres champs disciplinaires, et enfin, répondre aux enjeux sociétaux.

D'autre part, l'établissement de la stratégie du CNRS pour ces disciplines gagnera à prendre en compte la richesse, et parfois la complexité, du contexte national où, tant les universités (qui détiennent une ressource humaine, enseignants-chercheurs et étudiants, bien plus importante que celle du CNRS) que l'INRIA (qui défend une culture de projet, souvent différente de la culture de laboratoire du CNRS) sont des partenaires de premier plan.

Les éléments de réflexion proposés ici sont organisés en quatre volets : (i) des éléments de politique générale et d'organisation, (ii) des voies à privilégier pour affirmer la dualité entre nos recherches fondamentales et nos recherches appliquées, (iii) trois axes de recherche thématique prioritaires, (iv) et enfin quelques questions pour aborder l'horizon 2020 (avec toute la prudence qui s'impose...).

Toutes ces propositions sont faites en gardant à l'esprit que la priorité à l'excellence doit rester prégnante au CNRS y compris hors de tout schéma stratégique, et que, si un plan est indispensable quand on cherche à préparer l'avenir, il est tout aussi important de ne pas s'y attacher servilement : demain est plein d'imprévus, heureusement !

Eléments de politique générale et d'organisation	2
Soutien à la recherche fondamentale et politique en faveur de la recherche appliquée	3
→ Quelques enjeux pour la recherche fondamentale	3
→ Politique en faveur de la recherche appliquée	4
Axes de recherche prioritaires	4
→ Données hétérogènes et massives	4
→ Systèmes embarqués et autonomes	5
→ Interactions avec le Vivant	5
... Horizon 2020 ...	6

Éléments de politique générale et d'organisation

→ Le CNRS doit donner à ses laboratoires relevant de la section 07, et plus généralement du domaine des STIC, les moyens de faire la **synthèse entre une culture de laboratoire** qui permet les échanges entre disciplines, l'émergence de nouvelles idées et le maintien des compétences à long terme, **et une culture de projet** qui permet de focaliser certaines ressources pour un objectif précis. Ces moyens peuvent être imaginés à deux niveaux : un soutien de base conséquent (financier et humain) pour permettre une **allocation raisonnable des ressources** entre recherches sur projet et recherches thématiques, et une **politique d'évaluation à géométrie variable** capable d'analyser dans un même laboratoire l'un et l'autre modèle (une équipe de recherche doit pouvoir expliquer son modèle, et être évaluée en fonction de celui-ci).

→ La section 07 doit conserver l'étendue de son champ disciplinaire : la richesse des échanges et la qualité du mélange des cultures conduisent à l'absence de frontières imperméables entre disciplines et entre modèles de recherche. Cette situation est une vraie chance pour la communauté et doit être mise en avant comme telle. Certes, la contrepartie est une lourdeur certaine dans la gestion des évaluations ; trois pistes peuvent être explorées pour améliorer cette situation, dont certaines demanderont des modifications réglementaires : renforcer spécifiquement le soutien administratif à la section, autoriser une phase de « pré-admissibilité » pour les concours CR où les candidats seraient évalués sur dossiers, permettre la saisine d'experts extérieurs *ad hoc* pour des dossiers particuliers. **Si une évolution structurelle de la section devenait nécessaire du fait d'une future croissance, elle devrait se faire en garantissant la pérennité des liens et des échanges scientifiques actuels.**

→ Il n'est plus raisonnable aujourd'hui de faire l'économie d'une **réflexion approfondie sur les relations** entre les structures du CNRS relevant de la **section 07** d'une part, et l'**INRIA** d'autre part. Un dispositif permettant aux deux partenaires de dialoguer et d'avancer ensemble au niveau institutionnel, au niveau des instances d'évaluation et de recrutement, et au niveau des sites de production de la recherche doit être mis sur pied sans attendre.

→ La **place des femmes** au sein de la communauté de recherche de la section 07 est singulière : les femmes sont peu nombreuses parmi les chercheurs en poste, et, plus inquiétant encore, restent peu nombreuses parmi les candidats aux concours de recrutement récents. Cette situation mérite une réflexion approfondie de toute la communauté, une prise de conscience de tous, et une politique volontariste.

→ Une politique de concertation et de partenariat doit être mise en place avec les acteurs du **secteur clé de la défense**, en identifiant clairement les axes de recherche spécifique et les axes de recherche duale.

→ Les disciplines de la section 07 diffusent naturellement vers de nombreux autres domaines de recherche et des secteurs d'interface sont donc fort justement mis en avant, en particulier avec les sciences du vivant, les mathématiques, la physique, les SHS. Si des succès **pluridisciplinaires** ont pu être enregistrés, certains chercheurs se trouvent pourtant aujourd'hui isolés dans des laboratoires où ils sont « les seuls spécialistes » d'un domaine ; ce « saupoudrage » est sans doute moins efficace que des **collaborations pérennes entre laboratoires géographiquement proches**, ou la mise en place de **vrais groupes de chercheurs 07 dans d'autres laboratoires** (ou l'inverse), en veillant à atteindre rapidement une taille critique suffisante.

Soutien à la recherche fondamentale et politique en faveur de la recherche appliquée

Pour s'attaquer avec une chance de succès raisonnable aux problèmes posés par les axes thématiques présentés plus loin, la communauté STIC aura besoin de s'appuyer sur ses compétences les plus diverses et respecter la complémentarité recherche fondamentale / recherche appliquée que nous défendons.

→ Quelques enjeux pour la recherche fondamentale

La nécessité de recherches fondamentales est particulièrement présente dans toutes les disciplines de notre communauté. Celles-ci ont trouvé leurs sources dans des problèmes concrets qui ont notamment conduit au développement d'un corpus théorique de modèles mathématiques originaux sur tout l'éventail des disciplines de la section 07 :

- L'informatique est une science dont le champ de recherche est très vaste ; elle s'intéresse à la science du calcul sur machine, de l'architecture des calculateurs aux langages de programmation, aux réseaux informatiques, aux systèmes d'accès à l'information, à la communication homme/machine, mais aussi à des disciplines transversales comme l'algorithmique ou la théorie des graphes, ainsi que des disciplines qui exploitent l'information dans différentes perspectives comme l'intelligence artificielle, la recherche opérationnelle ou la bioinformatique. Les évolutions ou les nouveaux enjeux trouvent aujourd'hui leur source tout autant dans la richesse « interne » de l'informatique, reconnue aujourd'hui comme une science à part entière, que dans les interactions avec d'autres sciences ou grâce aux questions posées par des technologies sans cesse en évolution. Les « outils » de l'informatique, que ce soit en sémantique, langages, théories des jeux, intelligence artificielle, complexité, cryptologie, etc., doivent donc continûment être revisités et enrichis pour, par exemple, étudier les difficultés inhérentes aux algorithmes répartis et coopérants, comprendre comment évolue l'information au cours de son traitement, assurer la sécurité lors d'interaction entre différents éléments actifs aux statuts différents...
- L'automatique, science de la modélisation, de l'analyse, de la commande et de la supervision des systèmes et processus continus ou à événements discrets, s'appuie sur et développe des modèles mathématiques (algèbre linéaire, EDP-EDO, statistique, optimisation), informatiques (calcul scientifique, réseaux, théorie des jeux) et de recherche opérationnelle (théorie des graphes) en vue de l'analyse et de la maîtrise des systèmes dynamiques, qu'ils soient naturels ou artificiels. Savoir gérer la présence de l'opérateur dans la boucle de commande, ou maîtriser la commande des systèmes complexes, distribués, et incertains sont deux enjeux qui réclameront des efforts marqués sur le plan de la recherche fondamentale.
- Le traitement du signal et des images, science de l'analyse, de la modélisation et de l'interprétation quantitative des données et de leur contenu est, par nature, une discipline à l'interface des sciences physiques, des mathématiques appliquées, de l'informatique, des télécommunications et des réseaux et des sciences de l'homme. Le traitement du signal et des images, vise à développer des modèles et méthodes génériques qui permettent d'étudier l'ensemble de la chaîne d'acquisition, du capteur physique jusqu'à l'homme (vision, interprétation). Il vise également à extraire les structures fortes - série d'observations corrélées temporellement, données multidimensionnelles spatiales, temporelles, paramétriques, dynamiques, etc., manipulant souvent de grandes masses de données hétérogènes pour démontrer la faisabilité des approches étudiées via la mise en œuvre d'algorithmes rapides multi échelles (grilles de calcul) ou les traitements adaptatifs rapides.
- La Robotique fait partie des sciences des systèmes artificiels et peut être vue comme la science de la perception, du mouvement et de leur intégration en une machine physique, mécanique et informatique. Parmi les points clés du travail de fond qui doit être réalisé, on peut mettre en avant les recherches en conception mécatronique, sur les interfaces homme-robot, la planification intelligente, les méthodes de commande robustes, la tolérances aux fautes, les systèmes de capteurs intelligents, la cognition.

→ Politique en faveur de la recherche appliquée

Le CNRS est avant tout un organisme de recherche fondamentale, et, cela vient d'être rappelé, les thématiques de la section 07 ont pleinement à jouer leur rôle sur ce plan. Mais, en plus de ce rôle, et cette nécessité est tout autant impérieuse, nous devons nous donner des ambitions sur le plan de la recherche appliquée :

- Il faut reconnaître les **plates-formes expérimentales, logicielles ou matérielles**, comme étant des outils de recherche indispensables à la communauté de la section 07, au même titre que ce qui existe pour certaines disciplines de la physique ou des sciences de la vie, et organiser un soutien financier et humain pérenne pour ces plateformes. En particulier, le **déséquilibre des populations** ITA-IATOS (environ un tiers des effectifs du Département) par rapport à la population des chercheurs (près de la moitié du Département) doit être corrigé.
- Le CNRS doit se doter d'une véritable **politique en matière de production de logiciel**. Cette politique devra se fonder sur trois piliers : un soutien en ressources humaines aux équipes de créateurs de logiciels innovants (IE-IR), une action volontariste d'édition et de promotion de logiciels estampillés CNRS, une participation cohérente et concertée aux actions nationales et internationales dans le domaine des logiciels innovants et/ou scientifiques, en particulier dans le cadre du « logiciel libre ».
- L'organisme doit avoir une **politique volontariste en faveur des « jeunes pousses »** issues de nos laboratoires : les recherches appliquées menées en section 07 doivent être soutenues vigoureusement dès lors qu'un projet de création d'entreprise voit le jour. La modalité « ingénieur de valorisation » doit être largement renforcée et une politique de communication vers les milieux financiers organisée au niveau national.
- La participation aux **pôles de compétitivité** doit être vue et comprise comme une action de l'Organisme lui-même, qui doit alors mettre en avant ses laboratoires quelle que soit leur situation géographique, dès lors que leurs thèmes de recherche s'inscrivent dans les axes de tel ou tel pôle.

Axes de recherche prioritaires

→ Données hétérogènes et massives

- **Maîtriser l'hétérogénéité** – L'information est aujourd'hui omniprésente, diffuse. Elle se caractérise de plus en plus par une hétérogénéité complexe, apparaissant à des niveaux multiples : hétérogénéité des sources, hétérogénéité du stockage, hétérogénéité de la structuration, de la précision ... Comment constituer, traiter et structurer cette information hautement hétérogène sont donc autant de voies de recherche à privilégier.
- **Maîtriser l'accès** – L'accès à l'information doit être à la fois performant, convivial et sûr. Il doit répondre à de nouvelles exigences comme la mobilité des sources et des utilisateurs, la qualité des données. Les recherches doivent développer des méthodes pour (i) l'indexation, la manipulation et la fouille de données, (ii) la représentation des connaissances, l'apprentissage et le traitement automatique des langues, (iii) la visualisation de données y compris dans des univers immersifs et (iv) la sécurité des données et des transactions ainsi que la confidentialité et le respect de la vie privée.
- **Maîtriser les volumes** – Données environnementales ou issues d'expériences de physique, corpus, plateformes fédératives sont autant d'exemples où le volume et/ou le caractère distribué des données sont en eux-mêmes des enjeux de recherche. Le traitement de telles masses de données doit s'envisager dans le cadre de recherches portant sur les grilles et les nouvelles architectures matérielles.

- **Savoir exploiter l'information** – Construire des systèmes de questions-réponses capables de raisonner pour conclure, des systèmes de recommandation, d'aide à l'utilisateur, des systèmes de dialogue, de négociation, où le système doit gérer des informations hétérogènes et incertaines, et être capable d'accompagner ses résultats d'explications argumentées.

→ **Systèmes embarqués et autonomes**

- **Conception logicielle** – Par nature, les systèmes embarqués doivent s'adapter à leur environnement, à leur utilisation et être validés et robustes. Algorithmique, langages, génie logiciel et théorie de la commande doivent ici être étudiés de concert avec les problèmes de validation/vérification, de contrôle des ressources et ceux posés par les services en temps réel. Leur indispensable bon fonctionnement amène à s'intéresser également au problème de la protection et de la robustesse.
- **Convergence matériel-logiciel** – Les systèmes sur puces et en boîtiers (SoC et SiP) font partie intégrante des systèmes embarqués et conduisent naturellement à se préoccuper des modèles de composants virtuels. Se préoccuper dès la conception des moyens de diagnostic/test intégrés dans ces systèmes, et de l'optimisation des ressources critiques sont des enjeux très présents pour les systèmes embarqués. Enfin, l'autonomie et la recherche de l'efficacité des traitements passent par de nouvelles architectures matérielles et logicielles reconfigurables.
- **Complexité-consommation-fiabilité** – La croissance de la complexité des dispositifs embarqués va de pair avec celle de la consommation, mais aussi de l'exigence de fiabilité. Un des enjeux majeurs de cet axe de recherche est de concilier ces trois impératifs en favorisant l'émergence de nouvelles bibliothèques d'éléments matériels intégrant les futures technologies, étudiées et optimisées sous l'angle de la consommation d'énergie, et pensées tant au niveau matériel que logiciel en terme de fiabilité et ayant une capacité d'adaptation ou de reconfiguration en présence d'événements imprévus.
- **Engins autonomes** – Robot compagnon, humanoïde, véhicules automatiques, explorateurs aériens, terrestre ou sous-marin, les engins et robots de nouvelle génération tendront vers l'autonomie. Conception mécatronique, fonctions sensori-motrices, commande automatique ou partiellement télé-opérée, modèles d'interactions, cognition, toutes les briques fonctionnelles doivent être imaginées comme éléments d'un ensemble intégré dont la vocation est l'autonomie.
- **Réseaux** – Une des caractéristiques marquantes tant des systèmes embarqués que des données massives est qu'ils sont en interactions étroites avec les réseaux, et les problèmes de transmission, codage et contrôle sont donc essentiels. Les communications, souvent hétérogènes, doivent reposer sur des couches physiques et des protocoles garantissant leur maintien même en situation perturbée et dynamique. Créer et maîtriser une infrastructure capable de prendre en charge l'hétérogénéité dans les formats et dans les accès est essentiel tant du point de vue des systèmes embarqués que des masses de données. Le développement des usages, la multiplicité des terminaux et des accès ainsi que les détournements de la sécurité sont autant de facteurs qui peuvent conduire à une remise en cause, à terme, de l'Internet tel qu'il existe aujourd'hui : cette évolution doit être considérée avec la plus grande attention.

→ **Interactions avec le Vivant**

- **Bio informatique et modélisation des systèmes biologiques** – Les interactions entre STIC et systèmes biologiques s'intéressent à l'analyse et la modélisation d'objets biologiques avec des méthodes informatiques et biomathématiques. Ces composants biologiques peuvent être étudiés à plusieurs niveaux. Au niveau moléculaire, les études des gènes et des protéines peuvent porter sur leurs structures primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire. Au niveau cellulaire, les méthodes bioinformatiques ont pour objectif d'intégrer les différentes molécules et leurs interactions dans des réseaux de régulations. La modélisation d'organes conduit à des simulations à destination, par exemple, d'interventions assistées par ordinateur ou robotisées.

Au niveau organisme, l'objectif est de trouver une théorie globale et unificatrice des niveaux sous-jacents, permettant par exemple de comprendre une pathologie intéressant plusieurs organes. Enfin au niveau population, les domaines de recherche s'intéressent notamment à la génétique des populations, à la transmission et la diffusion de maladies au sein des populations.

- **Imagerie pour le vivant** – L'amélioration constante et rapide des méthodes d'imagerie destinées à l'exploration du vivant crée sans cesse de nouveaux défis scientifiques auxquels il conviendra de répondre à plusieurs niveaux, en confrontant les outils fondamentaux de Traitement du Signal et de l'Image aux modalités réelles d'acquisition des informations et en particulier à leur multimodalité, en cherchant les algorithmes, voire les implantations dédiées, les plus performants, et en assurant la facilité des accès et la confidentialité des données.
- **Geste médical assisté** – Les recherches dans ce domaine doivent répondre à un enjeu au niveau du système complet : dispositifs mécatroniques d'assistance, outils d'aide à la planification pré-opératoire et moyens d'assistance et de guidage per-opératoire en temps réel doivent être interopérables et combinés avec les moyens de l'imagerie médicale ainsi que ceux de la réalité virtuelle et augmentée.
- **Assistance aux personnes dépendantes** – Les enjeux de cet axe comprennent, mais dépassent, le cadre strict du handicap pour s'intéresser aux personnes en situation de dépendance au plan perceptif, cognitif ou moteur. L'effort doit porter sur la recherche de dispositifs d'assistance et de suppléance, de diagnostic et de ré-éducation utilisant et/ou créant des ressources de la robotique, de l'automatique et de la réalité virtuelle en synergie avec les travaux issus de SHS et SDV.

... Horizon 2020 ...

Imaginer l'état des connaissances, des savoir-faire ou des usages à l'horizon 2020 pour un champ scientifique aussi « jeune et bouillonnant » que celui de la section 07 relève de la mission impossible (qui avait imaginé le monde des STIC de 2006 en 1990 ?). Alors, plutôt que des objectifs, voici quelques questions parmi tant d'autres... Rendez-vous en 2020 pour les réponses :

- La reconnaissance de la parole sera-t-elle l'interface native des équipements usuels ? Ou, la commande des terminaux *via* la pensée aura-t-elle pris corps ?
- Les humanoïdes seront-ils capables d'aider les personnes physiquement dépendantes dans leurs tâches quotidiennes ?
- Saura-t-on piloter automatiquement des peaux actives sur les aéronefs ?
- L'ordinateur quantique aura-t-il vu le jour ? Calculerons nous et programmerons nous quantique ?
- La modélisation *in silico* permettra-t-elle de limiter l'expérimentation animale ?
- Pourra-t-on interagir *physiquement* depuis son salon avec un ami hospitalisé ?
- Le développement des applications *machine-to-machine* aura-t-il pris pied à la maison, avec la généralisation des réseaux domotiques ?
- Les progrès en matière de codage audio/vidéo, de bande passante des réseaux auront-ils pris le pas sur les réunions physiques professionnelles ou familiales ? Aura-t-on dématérialisé le contact humain ?
- La micro-robotique autonome sera-t-elle au service de la médecine ?
- Des flottilles d'engins autonomes surveilleront-elles les zones à risques et l'évolution des sites naturels ?
- Le téléphone portable sera-t-il remplacé par un terminal doté de capacités de traitement supérieures aux ordinateurs portables actuels, automatiquement connecté à toutes les sources d'information imaginables, capable d'aide à la décision ? Quid des enjeux de sécurité et d'éthique d'un tel outil ?
- Le fantassin sera-t-il assisté par des robots intelligents ? Sera-t-il un robot lui-même ?
- Connaîtra-t-on une résistance sociétale organisée au déploiement universel des réseaux ?