



Avis sur les très grandes infrastructures de recherche.

20 décembre 2007

I. CONTEXTE

I.1 Quel périmètre ?

La notion de très grande infrastructure de recherche (TGIR) recouvre des réalités très variées. Longtemps limitées aux seuls grands instruments de l'astronomie puis de la physique, ces infrastructures concernent à présent une large part des communautés scientifiques les plus diverses œuvrant dans tous les secteurs de la science incluant la chimie, la biologie mais aussi les sciences humaines et sociales.

Une autre évolution concerne l'implantation de ces TGIR. Initialement localisées sur un seul site, elles peuvent aujourd'hui se développer en réseaux d'infrastructures de plus petite taille, d'équipements mi-lourds par exemple, nécessitant une coordination nationale voire européenne (centres de recherche clinique, équipements de résonance magnétique à hauts champs, lasers de puissance, etc.) soit même en réseaux totalement virtuels comme les grilles de calcul ou le stockage d'immenses banques de données

L'ensemble de ces TGIR représentent un coût annuel moyen d'environ 1350 M€ sur les dix dernières années (incluant ITER mais hors spatial), soit 15% du budget civil de recherche et de développement. Au niveau des disciplines, le poids de ces TGIR dans le budget d'équipement peut être très variable selon la discipline, allant par exemple de 46 % pour la physique, les sciences de la matière, l'ingénierie et l'énergie, 16 % pour les sciences de l'Univers, 25 % pour les sciences de la vie et jusqu'à 5 % dans les sciences de l'homme et de la société et les TIC.

I.2 Quelle typologie ?

Il serait vain de vouloir décrire toutes ces TGIR au moyen d'une seule typologie, car la notion est complexe. On peut toutefois, au niveau du processus de décision et du financement, distinguer les équipements nationaux, comme Soleil par exemple, de ceux qui sont le résultat d'une action internationale, comme ITER. On peut aussi utiliser le critère d'implantation, sur le sol national ou en dehors de celui-ci, pour établir une autre distinction. Bien qu'il ne s'agisse en aucun cas d'une partition, on peut enfin définir trois grandes catégories de TGIR en fonction de leur finalité :

- Les TGIR de programmes, associées aux programmes nationaux ou internationaux (nucléaire, spatial, biologie etc)
- Les TGIR de services utilisées par différentes communautés scientifiques et technologiques, et par des industriels. Elles assurent une prestation de service continue et fiable au plus haut niveau technologique (sources de lumière, de neutrons, bibliothèques numériques, flottes de navires scientifiques, plateformes de micro et de nano fabrication, etc.) venant soutenir, accompagner le développement de recherches fondamentales issues du sein de la TGIR ou d'équipes externes hébergées sur la base d'un projet scientifique.
- Les TGIR focalisées sur l'obtention d'un résultat nécessaire pour repousser les limites de la connaissance, (le Large Hadron Collider du CERN en fournissant un exemple type), et améliorer les capacités d'observation et de mesure d'un champ disciplinaire comme c'est le cas de NEUROSPIN pour l'imagerie cérébrale et les neurosciences.

I.3 Quelle relation avec la technologie ?

La création et la construction d'une TGIR ne peuvent généralement se concevoir sans la levée d'importants verrous technologiques. D'autre part, leur mise en place puis les résultats acquis au cours de leur fonctionnement peuvent entraîner des innovations technologiques de diverses ampleurs dont certaines ont vocation à diffuser vers les autres secteurs scientifiques académiques ou industriels.

Une TGIR représente donc souvent un double défi scientifique et technologique dont les deux aspects ne peuvent être séparés et qui doivent recevoir la même attention tout au long des processus de décision, de la construction, du fonctionnement et de la fermeture de l'infrastructure considérée.

I.4 Champ de cet avis et des recommandations correspondantes.

Cet avis a pour but d'évaluer la politique nationale actuelle en matière de TGIR et d'émettre les recommandations nécessaires à l'intégration de cette politique dans une réelle stratégie scientifique. Sont délibérément exclus du champ de l'analyse :

- les outils de calcul scientifique intensif car ils sont traités dans un avis conjoint ;
- les grands équipements de la défense et de l'espace car tant leur finalité, leur mode de financement que le processus de décision qui leur est associé sont très différents de ceux des autres TGIR ;
- les structures d'information (réseaux de bibliothèques, bases de données bibliographiques, grandes enquêtes à partir de panels, banques de données expérimentales avec leur protocole d'accessibilité et leurs outils de référencement universel ...) qui deviennent la base d'enjeux économiques mondiaux croissants, mais qui demanderaient une analyse spécifique et qui seront donc traités ultérieurement.

II DU CONSTAT AUX PROBLEMATIQUES QU'IL REVELE

II.1 Des décisions scientifiquement pertinentes tant au niveau national qu'international...

Du point de vue scientifique, les TGIR, impliquant une participation française, qu'elles soient implantées sur le territoire national ou à l'étranger, répondent toutes à un besoin scientifique clairement identifié et exprimé par une communauté scientifique dans le cadre d'une expertise internationale. Elles permettent et ont permis des avancées scientifiques et technologiques majeures pour ces disciplines, comme le montrent notamment les analyses bibliométriques, et elles ont souvent enrichi d'autres disciplines tant par leurs avancées technologiques que par le brassage des communautés ou la diffusion et la structuration des connaissances.

Au niveau de l'implantation, les choix ont été faits en tenant compte des impératifs scientifiques concernant notamment l'existence préalable d'une zone d'activité scientifique importante et structurée et offrant donc toutes les conditions d'accueil et de mobilité pour une nouvelle communauté.

Toutefois, d'autres critères, relevant de l'aménagement du territoire par exemple, ont été souvent déterminants, alors que, d'un point de vue purement scientifique, le seul avantage comparatif d'une implantation nationale est probablement l'effet « tâche d'huile » : la présence physique et visible de la TGIR et des moyens satellites associés sont susceptibles d'attirer vers cette installation et/ou vers la discipline concernée, voire vers la science en général, de nouveaux partenaires de profils différents tout en structurant leur action.

II.2 ... mais des processus de décision complexes sinon opaques

Par nécessité, ces processus de décision s'appuient en premier lieu sur une prospective interne à la communauté scientifique. Toutefois, ils n'ont de chances d'aboutir qu'à la condition que cette dernière soit suffisamment organisée pour avoir la capacité à convaincre les instances dirigeantes des organismes de recherche et des administrations de tutelles.

Le processus de programmation puis d'implantation de la TGIR implique alors l'Etat, au moins un et souvent plusieurs organismes de recherche, des collectivités locales et territoriales parfois des fondations et des industries,... Il en résulte un processus particulièrement complexe à l'issue duquel le facteur déclenchant de la décision finale peut ne pas être pertinent. Si la pertinence scientifique de chaque investissement n'est pas à remettre en cause, comme nous l'avons indiqué ci-dessus, on peut s'interroger, à juste titre, sur la pertinence économique, politique et stratégique. En effet, un tel processus occulte souvent la question du coût d'opportunité : n'aurait-il pas été stratégiquement et économiquement plus efficace de procéder à une affectation différente des moyens ?

En plus des acteurs ci-dessus mentionnés, la gestion et le financement d'une TGIR impliquent le plus souvent de nombreuses autres instances (Organismes, Universités, Régions, RTRA, RTRS, agences...) donnant lieu à un mode de gouvernance particulièrement inadapté à une utilisation optimale de la ressource que constitue la TGIR.

Enfin, en ce qui concerne les réseaux ou plates-formes de mi-lourds, le manque de transparence des circuits de décision, la multiplicité des instances décisionnelles et des maîtres d'œuvre économiques

conduisant souvent à une multiplicité de plates-formes concurrentielles, dont aucune ne peut alors bénéficier d'un substrat suffisant de ressources financières et humaines (ingénieurs, techniciens,...).

Cette approche trop décentralisée conduit à des décisions au coup par coup, ne résultant d'aucun arbitrage stratégique, et hypothéquant fortement les marges de manœuvre futures des organismes de recherche.

II.3 ... et des effets variables mais souvent négatifs sur les équipements mi-lourds.

Dans certains secteurs scientifiques, moins utilisateurs de grandes infrastructures, la mobilisation des investissements financiers, humains et politiques pour les TGIR s'est souvent accompagnée d'un déficit de moyens de pilotage de la politique d'équipements mi-lourds. Or l'équipement mi-lourd est stratégique en soi car tout aussi porteur d'innovation. Dans les secteurs utilisateurs de TGIR, les équipements mi-lourds peuvent être également essentiels dans la mesure où ils permettent une utilisation optimale de ces TGIR. La préparation des expériences, la mise au point de prototypes,... dans le cadre d'équipements mi-lourds distribués à l'échelle du territoire national permet, en effet, de minimiser et d'optimiser l'utilisation du temps de la TGIR. Elle permet également d'éviter que des projets soumis à la TGIR ne soient refusés car trop consommateurs de temps préparatoire aux expériences.

II.4 Des retombées économiques positives pour l'environnement socio-économique...

Toute TGIR a un grand impact économique sur sa région d'implantation. Elle génère une activité économique importante au moment de sa construction : aménagement, travaux publics, mais également instrumentation, matériel lourd,... Cette activité se poursuit tout au long de la vie de la TGIR via le bassin d'emplois scientifiques qu'elle attire ou qu'elle génère par interaction continue avec les PME pour l'amélioration, l'entretien et le maintien des installations au plus haut niveau technologique. Le rapport entre investissement initial et retombées économiques est ainsi souvent élevé (environ d'un à quatre) bien qu'impliquant généralement d'autres lignes budgétaires que les lignes de financement.

On peut y ajouter un retour intellectuel fort pour la région (forte concentration scientifique, pôles de compétitivité, développement des établissements d'enseignement supérieur, etc.) ainsi que le retour en termes de visibilité et de prestige tant pour la région que pour la nation (attraction de grands scientifiques, parfois même issus des pays les plus performants en terme de recherche ; taux élevé de publications majeures dans les meilleurs journaux scientifiques internationaux).

II.5 ... mais malgré tout un impact faible sur la recherche, l'innovation et le développement industriel.

Ces très bons bilans économiques globaux masquent cependant le fait que l'on n'a certainement pas suffisamment tiré parti de l'exploit technologique que constituent tant la construction du grand équipement que son évolution tout au long de son fonctionnement. Dans des domaines où la France a des leaders scientifiques et des installations de pointe, il est étonnant de constater que l'on peine à faire émerger une industrie nationale compétitive en instrumentation scientifique. L'imagerie médicale autrefois représentée par la CGR disparue aujourd'hui, est un exemple de cette situation,

Le pourcentage du temps utilisé par les industriels (3-4%) accédant aux TGIR pour résoudre un problème spécifique reste trop faible, de même que le développement des tissus de PME transposant en réalisations commerciales leurs acquis technologiques réalisés dans le cadre du maintien et de l'évolution de la TGIR. En bref, les développements industriels qui pourraient être attendus d'une TGIR sont insuffisants.

Enfin, si le financement étatique et régional relève en priorité de canaux budgétaires dévolus à la recherche, le retour économique vers le financement de la recherche est généralement faible.

III RECOMMANDATIONS : LES TGIR DANS UNE STRATEGIE NATIONALE DE LA RECHERCHE

III.1 Rétablir la hiérarchie des prises de décision.

Il faut tout d'abord affirmer avec force qu'il n'existe pas une politique des TGIR indépendante de l'organisation de la recherche globale. Le processus de décision en matière de TGIR tout en s'appuyant, pour chaque projet, sur l'évaluation de sa pertinence scientifique, relève donc avant tout de la stratégie nationale de recherche.

Les diverses communautés scientifiques ont les moyens d'identifier les projets les plus à même de contribuer au développement de leur discipline et de hiérarchiser donc leurs besoins. Les organismes de recherche ont souvent la possibilité d'organiser le débat entre communautés et remplissent généralement ce

rôle. C'est cependant à l'échelon national que doivent être définis tant les priorités et l'agenda que les parts par acteur des investissements dans les TGIR.

De même il appartient à l'Etat seul, de favoriser et de coordonner les contributions des instances locales et régionales, des organismes universitaires et de recherche et des secteurs industriels concernés, et cela non seulement pour les TGIR mais aussi pour les réseaux d'équipements mi-lourds, parfois nombreux, qui sont répartis sur le territoire national.

Il convient donc, non de créer de nouvelles instances opérationnelles pour les grandes infrastructures mais de définir les processus et les critères qui doivent guider la décision finale. **Le Haut-conseil demande que les étapes du processus stratégique de décision de toute TGIR soient définies par le Ministère chargé de la recherche dans les meilleurs délais et qu'il fasse l'objet d'une large diffusion dans la communauté scientifique. Il suggère également, pour toute TGIR de service, la création d'un conseil d'orientation stratégique regroupant les différentes parties prenantes.** A cet égard, il conviendra de suivre avec attention les travaux du nouveau conseil stratégique pour le calcul scientifique intensif.

Par ailleurs, au point de départ d'une nouvelle TGIR, lorsque le projet prévoit son utilisation par une nouvelle communauté, le Haut-conseil recommande que soient lancées des actions incitatives de préparation et de formation à cette utilisation. Il demande également que le Ministère chargé de la recherche s'assure effectivement de l'intérêt réel porté par cette communauté à ce nouvel outil de recherche et de sa capacité à en faire l'usage le plus pertinent.

III.1.1 Implantation et arbitrages internationaux.

La France est très présente, à l'échelle internationale, dans le domaine des TGIR, tant au niveau de sa participation financière que de leur implantation sur le sol national. Cette présence a un coût financier et un coût technologique car la négociation pour l'obtention de l'implantation peut amener à céder à d'autres parties, les aspects les plus innovants du projet.

Le Haut-conseil recommande que la pertinence de la participation à un projet international de TGIR ne soit pas mesurée à la seule aune des retombées économiques liées à l'implantation sur le sol national mais aussi à l'assurance que les communautés françaises concernées sont suffisamment nombreuses et structurées pour en tirer le meilleur parti.

III.1.2 Implantation et arbitrages nationaux.

Les arbitrages sur l'implantation doivent respecter les exigences scientifiques et ne pas uniquement prendre en compte les considérations locales et régionales. Le choix de la localisation doit s'appuyer sur les critères suivants :

- Existence d'une forte communauté de scientifiques nationale et locale préalable ou éventuellement mobilisable vers le site (attractivité culturelle et locale du site).
- Accompagnement technologique (existence ou possibilité de création ou de mobilisation d'un champ de compétences suffisant dans les métiers d'ingénieur et de technicien pour la gestion, la mise à niveau et la maintenance des instruments et des expériences).
- Existence préalable d'un tissu de PME susceptible d'accompagner le fonctionnement de la TGIR et de s'accroître pour innover à partir des technologies issues des recherches ou développées pour leur mise en œuvre.
- Capacité d'accompagnement des régions et des villes hôtes en termes d'infrastructures (terrains industriels libres, voies et moyens de communication) et de potentiel de développement pour éviter toute asphyxie et paralysie de ces communautés.

Le Haut-conseil recommande que ces critères soient systématiquement pris en compte dans le processus de décision d'implantation d'une TGIR.

III.1.3 Prise de décision.

Le Haut-conseil recommande que dans chaque organisme de recherche ou chaque agence de moyens (ANR, etc.), un délégué aux grandes infrastructures de recherche assurant la cohérence avec ses projets de recherche soit mis en place.

Le Haut-conseil recommande que le dossier de préparation d'une grande infrastructure de recherche comprenne systématiquement, outre les enjeux scientifiques, les retombées au niveau économique. Ceci implique une participation des acteurs industriels dès la phase de projet.

III.2 Mieux valoriser l'innovation.

Dans une TGIR, les scientifiques sont, en permanence, demandeurs de prouesses techniques. L'évolution de plus en plus rapide des technologies et le brassage entre scientifiques et technologues au sein d'une TGIR font donc de la question des retombées technologiques commerciales et industrielles une question majeure.

III.2.1 L'innovation née de la mise en place de la TGIR.

La question des retombées technologiques commerciales et industrielles doit être posée pendant la phase de conception de la TGIR. Le traitement de cette question passe notamment par la mise en place de dispositifs d'information et de sensibilisation du monde industriel et notamment des PME ainsi que par la mise en place de dispositifs financiers spécifiques adaptés à des projets très innovants mais à fort risque.

Le Haut conseil recommande la mise en place de tels dispositifs pour toute TGIR à venir.

Pour les projets très innovants mais à fort risque, un aménagement des règles de marchés publics est nécessaire pour garantir les débouchés industriels des technologies mises au point à cette occasion. D'autre part, l'implication des industriels passe par la mise en place d'un programme prospectif et transparent pour chaque grande installation sur le moyen et long termes.

Celui-ci permettra aux industriels d'améliorer leur visibilité du paysage des TGIR, et ainsi de mieux préparer les échéances, de développer et de garder les compétences nécessaires.

III.2.2 L'innovation engendrée par l'activité de la TGIR.

Le Haut-conseil recommande d'accompagner toute TGIR actuelle ou à venir d'un environnement capable de donner une valeur économique aux résultats des recherches conduites sur cette TGIR.

Cet environnement intégrant toutes les compétences nécessaires au transfert technologique et à l'innovation devra gérer, la complexité du processus de valorisation de concepts nouveaux et de technologies innovantes jusqu'à la phase du pilote ou du prototype de démonstration par des allers-retours permanents entre l'objet ou le concept issu de recherches fondamentales et l'objet final commercialisable. Lorsque la thématique centrale le permet, cet environnement sera avantageusement fourni par un pôle de compétitivité local

Pour identifier les innovations susceptibles de débouchés commerciaux et pour identifier ces derniers, il faut également disposer dans le périmètre de la TGIR de chercheurs formés aux méthodes des capitaux-risqueurs. De tels chercheurs peuvent être formés en développant les interactions entre écoles doctorales et écoles d'ingénieurs et en facilitant des parcours comportant des allers-retours entre recherche et l'univers industriel et financier à la pointe de l'innovation.

III.3 Assurer un suivi de la TGIR sur plusieurs critères et anticiper son démantèlement.

III.3.1 Mettre en place un dispositif de suivi sur plusieurs critères.

Parmi les critères retenus doivent figurer notamment les coûts de maintenance et de fonctionnement, les retombées économiques, les innovations espérées et le développement d'entreprises, la bibliométrie, les coopérations, etc. La documentation de ces critères doit permettre une comparaison entre les objectifs du projet définis dans la phase de conception et les résultats effectivement obtenus. **Le Haut-conseil recommande que ce suivi soit assuré par le Parlement et qu'il soit facilité par une inscription de chaque TGIR dans la Lof.**

Cette inscription permettrait en outre d'assurer aux TGIR un financement sans à-coups budgétaires, ce qui est une nécessité. En effet, les TGIR sont des investissements lourds, à portée internationale et leurs retombées scientifiques et technologiques ne peuvent se mesurer que sur le long terme. Les TGIR sont de plus dans la nécessité de maintenir en permanence leurs équipements à la pointe de la technologie, ce qui rend leur obsolescence particulièrement rapide.

III.3.2 Etablir une programmation budgétaire sur le très long terme.

Le Haut-conseil recommande que cette programmation couvre toute la durée de vie de la TGIR, en prévoyant un plan de croissance, puis une phase de décroissance allant jusqu'à

l'éventuel démantèlement. Les évolutions scientifiques et l'obsolescence des équipements étant de plus en plus rapide, la maintenance de la TGIR pourra nécessiter des financements d'investissement quasi récurrents. Dans ce cas, il conviendra de limiter voire d'arrêter ses investissements quelques années avant la fermeture de la TGIR.

III.3.3 Anticiper le démantèlement d'une TGIR.

Cette anticipation est essentielle pour éviter de devoir créer sur le même site d'autres TGIR *ad infinitum* au détriment d'autres opérations scientifiques plus productives. Ceci implique dès la programmation de la TGIR de prendre en compte les coûts matériels et humains de sa fermeture à terme échu, **et** de gérer la décroissance des effectifs sur les dernières années de fonctionnement.

Le Haut-conseil recommande que pour chaque TGIR, nationale ou internationale, implantée sur le territoire national, soit élaboré, en collaboration avec les collectivités locales et territoriales concernées, un plan glissant de démantèlement en intégrant tous les aspects humains et matériels.