Recommandation 1

Système de référence terrestre

La définition, la réalisation et la mise à disposition des références géographiques terrestres est l'une des fonctions historiques et permanentes de la géodésie, avec un panorama immense d'applications scientifiques ou techniques, telles que cartographie, topographie, navigation. Les techniques spatiales, par leur échantillonnage spatio-temporel de données sans précédent, ont changé fondamentalement les activités en ce domaine, en remplaçant un processus de développement lent des réseaux géodésiques terrestres par des réseaux essentiellement globaux. De plus le concept même de repère géodésique auquel les utilisateurs venaient se rattacher est remplacé par celui de stations actives qui diffusent des données permettant une localisation permanente de plus en plus rapide et précise, appuyée sur les systèmes de navigation par satellite. La France s'est très tôt tournée dans cette direction.

Un point remarquable fut son implication innovante dès le début des années 80 pour l'utilisation combinée des techniques spatiales en vue de réaliser un système de référence terrestre global. Se plaçant résolument dans le cadre international, cette activité a pu continuer à se développer, fournissant actuellement, dans le cadre du Service international de la rotation terrestre (IERS), la réalisation primaire du Repère international de référence terrestre, désignée par ITRF.

Le Bureau des longitudes dont la mission historique fut de fournir des références terrestres ne peut qu'insister pour que l'activité sur le Repère international de référence terrestre (ITRF) soit continuée et valorisée au mieux. Il doit favoriser la reconnaissance de cette référence géométrique, non seulement pour les géosciences, mais aussi par l'ensemble des activités scientifiques et économiques, comme cela a été fait pour les échelles de temps. Les mutations que connaissent les réseaux géodésiques doivent être comprises et soutenues, avec un souci de rationalisation des efforts des organismes qui contribuent à leur réalisation ou qui les utilisent. Dans cet esprit, l'utilisation du Global Positioning System (GPS) doit être spécifiquement reconsidérée et unifiée entre les applications scientifiques et techniques. Cette démarche doit être poursuivie pour l'implication française dans le prochain système européen de navigation GALILEO.

Recommandation 2

Observatoires géodésiques

Le concept d'observatoire géodésique se dégage clairement comme une nécessité pour l'exploitation rigoureuse de l'ensemble des techniques spatiales d'orbitographie et de positionnement pour la géodésie et plus généralement pour les sciences de la planète. Il s'agit du complément sol qui doit permettre, grâce à la colocalisation d'instruments et à leur exploitation sur une longue période de temps, d'apporter des données nouvelles et nécessaires pour rattacher les différents systèmes entre eux, détecter les erreurs systématiques propres à chaque système, améliorer la modélisation des effets locaux géodynamiques, hydrologiques ou atmosphériques. Par voie de conséquence, il doit permettre un traitement plus correct des techniques spatiales individuelles et conférer ainsi à chaque technique sa pleine exactitude potentielle.

Le concept d'observatoire géodésique doit être reconnu auprès des instances de tutelle comme l'est celui d'observatoire astronomique, ou d'observatoire géomagnétique, sismologique ou volcanologique. Ceci doit se traduire par des affichages de postes, par une coordination des actions entreprises par les différents organismes, par une attribution des ressources nécessaires pour leur établissement et leur fonctionnement. L'observatoire géodésique de Grasse avec son extension en Corse et l'observatoire de Tahiti en sont de très bonnes illustrations.

Recommandation 3

Systèmes globaux de navigation par satellite

L'apparition du système GPS et de son utilisation dans un nombre de domaines sans cesse en augmentation est sans doute le moteur principal des bouleversements des activités géodésiques récentes par sa précision, sa rapidité et sa facilité d'emploi en positionnement pour de très nombreux utilisateurs. Ce système est fondé sur la réception au sol de signaux radio codés émis par une constellation de 24 satellites orbitant à 20 000 km. Il est possible de recevoir simultanément les signaux de plusieurs satellites permettant d'obtenir un positionnement extrêmement rapide. En fait, ce système repose entre les mains du ministère américain de la Défense pour son financement, ses performances contractuelles et sa maintenance opérationnelle qui est lourde et coûteuse. En retour, il garantit aux industriels d'outre atlantique de nombreuses retombées économiques. Ceci a, bien entendu, de nombreux avantages en termes de coût et d'effort opérationnel pour la communauté mondiale mais crée aussi une dépendance totale vis-à-vis du ministère américain de la Défense. Cette situation a engendré diverses réactions. Sur le plan international, un réseau autonome global d'observations et d'orbitographie précise des satellites du GPS a été mis sur pied dans le cadre du Service international GPS (IGS) créé à cet effet. Sur le plan européen on a assisté au développement de systèmes complémentaires pour garantir une certaine autonomie en matière de précision et de fiabilité (système EGNOS par exemple). L'autonomie acquise demeurant cependant relative et limitée, l'Europe a approuvé le projet GALILEO qui se veut compatible, complémentaire et autonome par rapport au système GPS.

La communauté géodésique française a vécu et continue à vivre ce bouleversement avec des bonheurs divers compte tenu de la grande diversité des utilisateurs et de leur indépendance les uns vis-à-vis des autres. Il est donc urgent de stabiliser et rationaliser cette situation. Pour cela, il se dégage deux messages forts et d'ailleurs complémentaires qui forment les recommandations suivantes.

1 - La communauté géodésique française présente dans les différents organismes (industriels, publiques et universitaires) doit rationaliser son activité pour une bonne et juste utilisation du système GPS. Pour cela elle doit s'assurer d'une compétence complète tant au niveau des processus d'utilisation

(instrumentation au sol, traitement et archivage des données) que des applications en positionnement, orbitographie des satellites bas, ainsi que des applications connexes (détermination de certains paramètres météorologiques, tranferts de temps et de fréquence). Elle doit s'impliquer logiquement dans les concertations européennes (en matière de références géodésiques en particulier) et internationales, en premier lieu dans le service international (IGS) dont le succès est universellement reconnu.

2 - La communauté géodésique française doit s'impliquer aussi dans le développement du projet GALILEO. Elle doit veiller à offrir son expertise en amont, et à favoriser en aval les applications scientifiques potentielles de GALILEO, telles qu'on les voit avec le GPS. L'extension du service international IGS à GALILEO, comme cela a été fait très récemment pour le système russe global de navigation par satellite appelé GLONASS, est une action importante pour laquelle l'impact français peut être déterminant.

Recommandation 5

Télémétrie laser sur satellite

La télémétrie laser est fondée sur la mesure du temps de vol aller-retour d'une impulsion lumineuse laser extrêmement brève émise depuis le sol et renvoyée par des rétroréflecteurs fixés sur la surface des satellites. Connaissant la vitesse de propagation de la lumière, il est aisé d'en déduire avec une exactitude extrême, de l'ordre aujourd'hui du centimètre et même mieux, la distance entre la Terre et le satellite. Cette simple donnée est à la base de très nombreux résultats obtenus en géodésie. La communauté française rassemblée dans le GRGS a su développer très tôt un centre de compétence hébergé à l'Observatoire de la Côte d'Azur. A côté des innovations instrumentales, cette compétence s'est étendue à l'analyse des données. Là encore on peut se réjouir de l'investissement français récemment décidé en la participation au nouveau service international chargé de coordonner et de valoriser les activités en télémétrie laser sur satellite. Ces efforts doivent être poursuivis. En effet, les mesures de télémétrie laser ont l'avantage d'être sensiblement moins affectées par des modélisations erronées de la propagation des ondes dans l'atmosphère que les autres techniques. Par ailleurs les satellites utilisés ont une durée de vie quasi infinie. Cette technique est donc particulièrement adaptée aux études géodésiques à très long terme (évolution d'un système de référence primaire, rapporté au centre des masses de la Terre, variation temporelle de l'aplatissement terrestre due au rebond postglaciaire, etc.). Cette technique permet aussi la détermination la plus exacte de la constante gravitationnelle géocentrique qui fixe l'échelle de distance de tous les autres systèmes géodésiques. D'autre part, elle est particulièrement nécessaire pour étalonner les autres techniques y compris les altimètres radar. Elle a démontré également qu'elle pouvait se substituer très utilement aux autres techniques lorsque celles-ci venaient à connaître des défaillances de toute nature. Enfin la télémétrie pourrait aujourd'hui être utilisée pour la trajectographie de sonde interplanétaire en se limitant à la détermination du temps de vol aller simple. Cependant, l'inconvénient de la télémétrie laser est d'être tributaire de la météorologie, ce qui doit être pris en compte lors de l'établissement de programmes d'utilisation.

C'est une tâche importante pour la communauté géodésique française de valoriser les apports de la technique de la télémétrie laser tout en gardant un souci d'efficacité et d'optimisation des ressources financières et humaines par une coopération internationale et par une concentration sur ce qui fait la spécificité de cette technique. Un effort de coopération européenne et

internationale a été fait qu'il convient de continuer. On veillera particulièrement à maintenir active la technique de télémétrie par laser à l'Observatoire de la Côte d'Azur au plateau de Calern, ainsi qu'à l'Observatoire de Tahiti.

Recommandation 6

Interférométrie à très longue base

La technique de radio interférométrie à très longue base dite VLBI joue un rôle unique en astro-géodésie pour définir un système de référence céleste primaire constitué par les positions de sources extra galactiques très lointaines. Outre sa précision impressionnante, ce type de mesure est le seul à relier directement les références célestes et terrestres. Les géodésiens français devraient avoir une maîtrise complète de cette technologie en plus de celle du traitement des données qu'ils ont pu acquérir, en étroite coopération avec les astronomes. Les compétences astrométriques qui sont justement reconnues à la France sont d'ailleurs bien mises en valeur par sa participation aux services internationaux qui s'occupent des systèmes de référence céleste et de l'étude de la rotation terrestre, ainsi que par sa contribution aux décisions internationales.

Il se trouve que la France pourrait avoir impérativement besoin de disposer d'une propre antenne radio pour les besoins de ses programmes en planétologie et notamment pour ceux qui concernent la planète Mars. Afin d'inclure, dans la maîtrise française de la VLBI, la composante instrumentale, il est recommandé de trouver une possibilité d'établir et d'utiliser une station VLBI sur une antenne adéquate et nécessaire aux programmes de planétologie. Dans le contexte actuel, il est recommandé d'explorer la faisabilité d'une implantation à Tahiti, considérant non seulement l'évolution des programmes du CNES en exploration planétaire mais aussi le rôle stratégique de ce site en termes de localisation géographique dans la perspective du renforcement de l'observatoire géodésique de Tahiti.

Recommandation 7

Champ de gravité de la Terre

Les efforts persistants de la communauté française pour développer des modèles du champ de gravité de la Terre se sont vus récemment récompensés par la réalisation d'un ensemble de missions spatiales qui vont permettre d'obtenir une détermination bien meilleure de ces modèles du champ de gravité terrestre et de sa variation temporelle. Ces efforts ont porté essentiellement sur l'instrumentation embarquée (micro-accélérométrie développée en France par l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA), nouveaux récepteurs GPS développés aux États-Unis). Les efforts ont porté aussi sur le traitement des données, dans le cadre d'une coopération ancienne et sans faille entre le GRGS et des instituts allemands qui ont abouti à une série de modèles du champ de gravité terrestre, les modèles GRIM.

Il est impératif que la communauté engagée dans la détermination des champs de gravité soit soutenue pour obtenir un juste retour de tous ses efforts. Du personnel supplémentaire très spécialisé qui ne peut être formé qu'en plusieurs années est indispensable. On veillera aussi dès à présent à assurer la pleine valorisation du nouveau modèle GRIM par son adoption dans des travaux européens et internationaux. Il faut aussi renforcer fortement la coopération avec les équipes scientifiques des sciences de la Terre qui sont intéressées par les nouvelles perspectives désormais offertes (géophysique, géodynamique, hydrologie, etc.).

Recommandation 8

Gravimétrie

Les activités de la mesure de la pesanteur à la surface de la Terre ont souffert, en France, ces dernières années d'un certain nombre d'insuffisances mises en évidence par un rapport du Comité national français de géodésie et de géophysique (CNFGG) et tout récemment par une recommandation du Comité national des informations géographiques (CNIG). Le Bureau des longitudes les reprend à son compte en les synthétisant selon les trois axes suivants :

- disposer d'une couverture gravimétrique d'une grande précision sur les territoires français, incluant les zones marines ;

- disposer d'un réseau de base gravimétrique moderne et très exact ;

- avoir accès aux techniques instrumentales modernes (gravimètres absolus, gravimètres supraconducteurs et gravimètres relatifs de qualité).

Des progrès récents et notables ont été constatés avec satisfaction, en particulier les succès obtenus avec le premier gravimètre absolu portable acquis par la communauté française.

En parallèle, il faut rappeler que la communauté française maintient une longue tradition en hébergeant le Bureau gravimétrique international (BGI) depuis sa fondation.

Il est donc recommandé qu'un nouveau réseau gravimétrique soit défini et réalisé en France, en conformité avec le rôle scientifique et appliqué que la France doit jouer dans le cadre du Bureau gravimétrique international, pour lequel il est impératif de continuer à lui attribuer les ressources nécessaires à son fonctionnement. Par ailleurs, la capacité de mesure de gravimétrie absolue s'avérant déjà insuffisante, il est aussi recommandé de développer ce potentiel de mesure en associant un nouvel instrument avec des moyens de fonctionnement et aussi d'organisation.

Recommandation 9

Coopération européenne et internationale

L'inventaire des activités récentes en géodésie a montré à de multiples reprises le caractère de coopération nécessaire dans un cadre européen ou international. Si la géodésie est déjà internationale par nature, ce caractère a été renforcé par l'apparition des techniques spatiales. La France a toujours voulu et su être un acteur important dans le cadre des activités de l'Association internationale de géodésie, notamment dans celui de ses services internationaux. Elle a un rôle parallèle dans la définition, le développement de projets spatiaux, en particulier dans le cadre européen.

La forte implication internationale de la communauté scientifique française doit être continuée dans un souci de rationalisation et d'efficacité. Une meilleure connaissance et harmonisation des contributions des divers acteurs français en ce domaine est à assurer, au niveau européen aussi bien qu'international. On veillera spécifiquement à soutenir la contribution française aux services internationaux de l'AIG.

Recommandation 10

Organisation

Le dynamisme des acteurs français a pu être maintes fois constaté et le rôle particulier d'une structure de coopération comme le GRGS dans l'essor des applications du spatial en Géodésie a été souligné. Dans ces domaines, il apparaît aussi que l'interdisciplinarité s'est manifestée avec de plus en plus de nécessité, aussi bien pour l'interprétation des résultats obtenus que par l'utilisation d'outils communs indispensables à l'élaboration de modèles viables au vu de la grande précision des mesures obtenue aujourd'hui.

Il apparaît aussi que le problème majeur auquel la communauté aura à faire face est celui du remplacement de ses cadres partant à la retraite et celui de l'embauche de jeunes chercheurs pour prendre en charge les données innombrables et pleines de découvertes potentielles qui vont être disponibles. Ce ne sont pas les missions spatiales à exploiter qui vont manquer à cette communauté. Malgré les réorganisations régulières des filières d'enseignement (DEA surtout), la formation en géodésie n'est cependant pas à la hauteur des défis que cette science doit relever en matière de recrutement. L'enseignement de la géodésie reste noyé au milieu de disciplines connexes et il est insuffisant en volume. Du côté du recrutement, cela continue aussi à se traduire par une reconnaissance difficile de la géodésie en tant que discipline scientifique, spécialité à part entière, au CNRS.

Il est nécessaire de disposer d'un enseignement plus volumineux et complet, centralisé dans une structure adéquate. La prise en compte d'une synergie croissante entre géodésie et géophysique est un point clé à considérer à côté de la synergie naturelle et ancienne avec la mécanique céleste, l'astrométrie, les activités de temps et de fréquences.

Cependant la géodésie est un domaine, spécifique et bien individualisé, de recherche scientifique. Il est par conséquent aussi très souhaitable d'obtenir une reconnaissance de la géodésie par les différentes sections du département des «Sciences de l'Univers» du CNRS.

Finalement, sur un plan général, il est souhaitable de favoriser l'organisation et la coopération entre les différents acteurs pour mettre en œuvre les orientations proposées dans les précédentes recommandations.