

COMITE NATIONAL FRANÇAIS DE GEODESIE ET GEOPHYSIQUE

SECTION 1 - GEODESIE

Présidente

M. FEISSEL
IERS/CB
Observatoire de Paris
61, avenue de l'Observatoire
75014 PARIS
Tél (1) 40 51 22 26
Fax (1) 43 25 55 42
Mail (Internet): feissel@iap.fr

Secrétaire

H. DUQUENNE
IGN
2, avenue Pasteur
BP 68
94160 SAINT-MANDE
Tél. (1) 43 98 83 30
Fax (1) 43 98 84 88

MF/5C.17

Paris, le 11 octobre 1993

Chers Collègues,

Veillez trouver ci-joint le rapport préparé par le groupe de réflexion "Géodésie en France".

Les résultats de l'enquête sur les enseignements en France et à l'étranger seront diffusés ultérieurement. L'ensemble sera discuté lors de l'Assemblée Générale de la section de Géodésie, dans la semaine du 13 au 17 décembre 1993.

Bien cordialement.



Martine Feissel

COMITE NATIONAL FRANCAIS DE GEODESIE ET DE GEOPHYSIQUE

SECTION DE GEODESIE

Rapport du Groupe de réflexion "Géodésie en France"

RAPPEL : MANDAT DU GROUPE DE TRAVAIL

1. Le groupe est chargé d'examiner la situation de la géodésie en France, de proposer des objectifs dans ce domaine et de suggérer des voies pour les atteindre.

(a) **Etat des lieux** dans chacun des secteurs définis par les cinq sections de l'AIG, incluant une comparaison avec les pays européens d'importance voisine (Angleterre, Allemagne, Italie).

- Structures: "Qui fait quoi?".
- Domaines privilégiés de recherche et résultats.
- Interactions recherche-enseignement-applications.
- Mise en valeur par des publications (dans toute la gamme: ouvrages, articles, rapports, notes internes).
- Mise en valeur par des manifestations et des actions de relations publiques.

(b) **Objectifs:** "Que veut-on que soit la géodésie française?".

(c) **Propositions d'actions:**

- Voies permettant d'atteindre ces objectifs, notamment en matière de coopération entre organismes et en matière d'enseignement.
- Actions concrètes pour amorcer les évolutions envisagées.

2. Le groupe fournira un rapport traitant au moins des points 1a et 1b pour le mois d'octobre 1993, de sorte qu'il puisse être diffusé avant la réunion de décembre 1993 et discuté utilement lors de cette réunion.

INTRODUCTION

On peut définir la géodésie comme le domaine des Sciences de l'Univers qui élabore la description géométrie et cinématique de la Planète Terre, solide massif, tournant et déformable. Elle construit les modélisations nécessaires à relier le corpus des mesures appropriées à cette description des objets et phénomènes qui la caractérise: topographie de sa surface, déformations de la Terre et ses irrégularités, champ de pesanteur et géoïde. Par une évolution naturelle, elle s'occupe aussi de questions de même nature pour les autres planètes du système solaire. Elle fait appel à des technologies, des méthodes et des théories qui lui sont propres, ou qu'elle emprunte à d'autres domaines au gré de ses besoins. Elle se trouve à un carrefour où se croisent la mécanique céleste, la métrologie, l'océanographie, la géophysique interne, les sciences

de l'atmosphère, l'astronomie, les statistiques, les techniques spatiales, les techniques mathématiques appliquées, l'analyse numérique, le traitement du signal et l'instrumentation. Cette situation privilégiée en fait une discipline dynamique qui, portée par la variété et la précision croissante des mesures disponibles et par l'imagination des chercheurs, est en constante évolution.

LES INTERFACES DE LA GEODESIE

La géodésie scientifique est à l'intersection de deux grands domaines, et la communauté des géodésiens suit en partie ce découpage: d'un côté l'astronomie, de l'autre les sciences de la Terre. D'un côté l'étude des référentiels globaux, de la rotation terrestre et de ses variations. De l'autre, les sciences de la Terre mettent en œuvre les mêmes techniques, selon une logique semblable, mais avec des objectifs plus délimités: structure interne de la Terre (à partir de la connaissance très précise du géoïde ou de la rotation de la Terre), étude de la topographie océanique (à partir d'orbites et de géoïdes ultra-précis, avec des altimètres spatiaux), étude de la sismogénèse, sismotechnique et volcanologie (positionnement très précis sur courtes et moyennes distances), études tectoniques globales, évolution des chaînes de montagnes, etc (positionnement ultra précis sur de longues distances).

Les interfaces de la géodésie sont donc nombreuses. Dans le *domaine scientifique*, nous identifions les champs suivants, pour lesquels nous donnons quelques exemples:

- avec l'astronomie, les liens sont tellement étroits qu'il est difficile de dire où commence la géodésie et où elle s'arrête. L'orbitographie des satellites artificiels est une application de la mécanique céleste. L'étude de la rotation terrestre, l'étude de la surface de référence des planètes, etc, exigent des compétences très poussées en géodésie. Autre exemple, les problèmes de nutation font appel à une double compétence, en géophysique et en mécanique céleste;

- avec les mathématiques, car certains aspects impliquent des développements théoriques très complexes, y compris dans le domaine du calcul informatique pur (calculs globaux d'inversions pour obtenir un géoïde précis, calculs d'orbite, etc); la géodésie est un champ d'application privilégié de certaines branches des mathématiques, telles que la géométrie différentielle (structure locale du champ, relativité) et de l'analyse fonctionnelle (problèmes inverses);

- avec l'océanographie, où une technique actuelle consiste à mesurer la distance satellite-surface marine à l'aide d'un satellite équipé d'un radar pointé au nadir. La topographie de la surface océanique momentanée est alors obtenue grâce à l'évaluation précise de l'orbite du satellite. On voit donc combien la géodésie est essentielle dans ce secteur (calculs d'orbites, mesures du géoïde,...). Le positionnement géodésique de précision est par ailleurs indispensable pour l'interprétation des mesures marégraphiques, et leurs prolongements sur l'étude du climat.

- avec la topographie des terres émergées ou des fonds sous-marins (bathymétrie): la géodésie fournit les surfaces de référence, les référentiels, les points d'appui, voire certaines méthodes de mesure. Dans le même ordre d'idées, dans la toute nouvelle technique des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), la

géodésie, pourvoyeuse de références géométriques, occupe un des aspects centraux: les SIG prennent toute leur signification à travers la disponibilité d'une référence spatiale unique, élément essentiel pour l'échange des informations géographiques et la combinaison de diverses sources dans un même SIG.

- avec la volcanologie, comme avec la sismotectonique et la sismogénèse, pour lesquelles il faut mesurer le comportement mécanique de la croûte, et donc des déformations minimales du sol avec la précision du millimètre, sur des distances allant de quelques kilomètres à quelques centaines de kilomètres. Il faut également mesurer la valeur de g pour "voir" les évolutions de densité dans les régions auscultées. Au delà d'une connaissance scientifique pure, il y a l'objectif ambitieux de parvenir à la surveillance opérationnelle et même un jour de prévenir les aspects catastrophiques majeurs (éruptions volcaniques, séismes) par un suivi en temps réel, minutieux et continu, des mouvements. La géodésie est, avec la sismologie, considérée comme un volet indispensable des mesures de base à assurer en priorité;

- avec la tectonique, pour les aspects de cinématique horizontale, la géodésie apporte ses mesures globales: il faut mesurer les vitesses actuelles, évaluer leurs discordances avec celles qui sont déduites des données géologiques et paléomagnétiques, ainsi que les déformations au sein des plaques tectoniques. Les échanges géodésie-tectonique sont partiellement réciproques, puisque l'entretien d'un référentiel terrestre mondial passe par la surveillance de la vitesse de déplacement des stations, qu'il convient de valider localement par des considérations d'ordre géologique. Le lien avec sismologie, tectonique et mécanique des roches devient une évidence et exige un nouveau type de recherches. Pour les études mettant en jeu des variations d'altitude (formation des chaînes montagneuses, mouvements de subsidence ou de surrection à l'échelle continentale - rebond post-glaciaire, charge océanique sur les plate-formes continentales,...) la géodésie est une des sources essentielles de données;

- avec le géomagnétisme, où l'un des besoins reste la compréhension de l'origine et de l'évolution du champ magnétique terrestre. Ceci demande une mesure permanente de la rotation terrestre, et donc des données géodésiques à long terme;

- avec les études de la Terre solide, où une connaissance détaillée des structures plus ou moins profondes passe par une parfaite détermination de géoïde et une bonne connaissance de la topographie (compréhension de la structure des dorsales océaniques, de la convection à petite échelle, de la formation des bassins sédimentaires, des variations temporelles du champ de gravité, dont la connaissance nous apprendra beaucoup sur le comportement mécanique du manteau): il s'agit, là encore, de géodésie;

- avec l'aéronomie, car les géodésiens se sont tellement battus contre les effets limitants de la traversée de l'atmosphère pour les ondes électromagnétiques que la connaissance détaillée des conditions de traversée des différentes couches (ionosphère, troposphère) est devenu un enjeu important, avec des sous-produits tels que profils d'humidité et de température de la troposphère, contenu en électrons de l'ionosphère;

- avec les sciences de l'environnement, en particulier l'évolution du niveau des mers et son impact côtier. Une autre demande faite aujourd'hui aux scientifiques de tous les domaines concerne l'étude des conséquences des activités humaines sur

l'évolution de la Terre: les géodésiens sont concernés par les aspects géométriques locaux (subsidence liées aux exploitations minières et pétrolières, à la baisse des nappes phréatiques, évolution de la topographie des calottes polaires liée à la fonte des glaces, etc);

- avec la navigation spatiale. Il y a en effet beaucoup de problèmes de positionnement et de manœuvre de véhicules spatiaux à résoudre, et leur abord passe par la géodésie.

On peut encore identifier d'autres interfaces, situées dans la mise en œuvre de la technologie pour la géodésie:

- les techniques topographiques restent à la pointe de la mécanique de très haute précision (théodolites) et de la métrologie des grandes longueurs (mesures électroniques de distances;

- la radio-interférométrie à très longue base (VLBI) a impliqué et impliquera encore sans doute longtemps des études très poussées dans le domaine du stockage à haute densité de valeurs numériques, ainsi que dans celui de la corrélation rapide de flux considérables de données);

- la télémétrie par laser (SLR) n'exige sans doute plus autant qu'avant une maîtrise très poussée des lasers, mais c'est un champ de recherche majeure en matière de traitement du signal, de chronométrie ultra-rapide d'impulsions très courtes, de détection optique d'impulsions laser de quelques picosecondes, entre autres.

- la métrologie temps/fréquence participe directement au développement de la géodésie spatiale par la réalisation d'étalon ultrastable, comme elle en bénéficie pour l'unification des échelles de temps par les synchronisations par satellite.

LA GEODESIE FRANCAISE

L'activité géodésique française est répartie dans un certain nombre d'organismes ayant des vocations et des environnements diversifiés:

- Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)
- Centre d'Etude et de Recherches Géodynamiques et Astrométriques (OCA/CERGA),
- Centre National d'Etude Spatiales (CNES)
- Ecole Normale supérieure (ENS)
- Institut Français de Recherche pour l'Exploitation des Mers (IFREMER)
- Institut Géographique National (IGN)
- Institut de Mécanique de Grenoble (IMG)
- Instituts Physique du Globe de Paris (IPGP) et de Strasbourg (IPGS)
- Observatoire de Paris (OP)
- Institut Français de Recherche Scientifique par le Développement en coopération (ORSTOM)
- Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM)
- Universités: Montpellier, Nantes, Paris, Orsay, Toulouse, ...

- L'Institut National des Sciences de l'Univers du CNRS (INSU) soutient aussi ces activités.

Des équipes d'une partie de ces organismes (CERGA, CNES, OP, IGN, INSU, SHOM) sont regroupées dans le Groupe de Recherches de Géodésie Spatiale (GRGS), avec une participation du Bureau des Longitudes (BdL).

Malgré la dispersion apparente des équipes, il existe de nombreuses collaborations entre organismes, et quelques grandes lignes se dégagent dans l'activité nationale:

- utilisation de l'ensemble des techniques de positionnement modernes, en privilégiant les applications à l'échelle planétaire,
- recherche sur les techniques de mesure,
- conception, mise en œuvre et exploitation de systèmes spatiaux planétaires (ex. DORIS, système novateur dont la cote internationale ne cesse de monter),
- développement et exploitation de méthodologies originales pour l'orbitographie, l'océanographie, la géophysique, la géodésie planétaire,
- travaux sur les références globales pour la géodésie spatiale (système de référence terrestre primaire, champ de potentiel terrestre), entre autres dans le cadre de services scientifiques de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale (UGGI): Bureau Gravimétrique International (BGI), Bureau Central du Service International de la rotation terrestre (IERS), Service International de Géodynamique par GPS (IGS).

On peut caractériser les domaines d'activité de la géodésie française à partir des publications 1987-1990 recensés dans le rapport quadriennal préparé pour l'Assemblée Générale de l'UGGI de 1991. Environ 360 références sont données, réparties entre publication dans des journaux scientifiques (47%), rapports et mémoires (20%) et communications à des réunions scientifiques - internationales pour la plupart (33%). Il faut noter que cette répartition représente un équilibre entre les différents modes de communication et d'information mutuelle, au sein de la communauté nationale et avec la communauté internationale: les rapports et mémoires sont la marque de l'effort important fait pour étudier et mettre en œuvre les nouvelles techniques - surtout spatiales - de la géodésie, tandis que les communications montrent la participation active à la discussion internationale permanente qui est la règle dans les différents champs de la géodésie et de la géophysique, ces deux types d'activité étant indispensables à la production d'articles scientifiques de valeur.

Les publications 1987-1990 se répartissent comme suit:

- Systèmes de référence spatio-temporels:	19%
- Dynamique planétaire, champ de potentiel:	12%
- Techniques spatiales, mécanique céleste:	18%
- Orbitographie, méthodes des mathématiques:	7%
- Etudes tectoniques (méthodes spatiales, gravimétrie):	17%
- Etudes de la lithosphère et du géoïde:	18%
- Physique du manteau et du noyau:	8%
- Océanographie:	1%

La place de l'océanographie, modeste avant 1990, est devenue beaucoup plus importante à la suite du lancement du satellite ERS1 de l'ESA puis de la mission franco-américaine Topex/Poséidon, comme en fait foi le pourcentage de 12% qu'elle occupe dans les références bibliographiques du GRGS pour 1991-1992.

Si on rapporte les publications 1987-1990 aux cinq sections de l'Association Internationale de Géodésie, on trouve:

I	Détermination de position:	15%
II	Technologie spatiale avancée:	18%
III	Détermination du champ de Pesanteur:	16%
IV	Théorie générale et méthodologie:	7%
V	Géodynamique:	44%

L'activité majoritaire en géodynamique illustre la propension de la communauté géodésienne française à s'intéresser largement aux applications de la géodésie à la géophysique. Le déficit du côté de "Théorie générale et méthodologie" met en lumière la zone de faiblesse qui est à l'origine de la création de ce groupe d'étude.

En outre, l'activité française est caractérisée par un mouvement vers les disciplines auxquelles la géodésie du dernier tiers du 20ème siècle apporte des données nouvelles.

"L'aspect pluridisciplinaire et coopératif est mis en évidence par la variété des domaines cités. Pluridisciplinaire ne veut pas dire expertise exhaustive dans les différents thèmes de recherche. Cela veut dire que les programmes de métrologie de la Terre apportent de façon naturelle une contribution à plusieurs thèmes. Cette position carrefour, pour exaltante qu'elle soit, n'est pas facile à faire vivre. Le dialogue avec les communautés scientifiques ou les utilisateurs exige une compréhension de leurs problèmes. Le dialogue avec les ingénieurs et les techniciens des projets passe par une connaissance minimale des instruments et de la technologie de base. Identifier les mesures qui apportent une contribution quantitative aux modèles, traduire en termes de spécifications techniques précis, tel est le double défi à relever." (M. Lefebvre, in *Vingt ans de recherche en géodésie spatiale*, Paris, 1991).

FORCES ET FAIBLESSES

Les forces et les faiblesses de la géodésie française sont ressenties de manières fort diverses par les membres du groupe, mais il se dégage un certain nombre d'idées communes sur : l'originalité, le rôle des grandes agences (IGN, CNES), le faible effectif et l'individualisme.

Les forces

Originalité, par rapport au contexte international, de l'accent mis sur les systèmes de référence (théorie et pratique) et les programmes à long terme. Ceci va de l'interface avec l'astrométrie (Hipparcos, laser-Lune, IERS "céleste") à celle avec l'orbitographie (champ de gravité, projet Aristoteles, IERS "terrestre", Doris) et les observatoires permanents (stations laser et GPS, Doris) chargés d'alimenter la recherche en données.

L'application de la géodésie à la tectonique, c'est-à-dire la déformation active de la croûte terrestre, non seulement la simple cinématique des plaques rigides mais à une échelle plus petite de l'ordre de 100 à 1 000 km, aux frontières de plaques. C'est là que se trouvent les thèmes porteurs et c'est dans ce domaine que les français ont réussi avec un succès qui est remarquable par rapport à la taille de la France. L'intérêt des géophysiciens français fait qu'il émane de cette communauté une forte pression pour des méthodes de mesures des déformations toujours plus précises.

Les études de la topographie pour comprendre la géophysique sont aussi une spécialité reconnue en France. La simple mesure d'un profil topographique pour révéler un escarpement de faille dû à un séisme historique est un aspect de la géodésie française qui a beaucoup apporté pour la compréhension de la tectonique. Enfin l'acquisition et l'exploitation des modèles numériques de terrain est aussi une compétence reconnue.

L'existence du CNES et de l'IGN:

- Le CNES est une agence spatiale très puissante relativement à la taille de notre pays et à celle de notre collectivité scientifique, et cela nous fournit des outils scientifiques remarquables si nous savons être convainçants. Le CNES manifestement ne décide pas ses programmes de science que sur des critères scientifiques, et un important effet de "montre" est certes toujours présent. Le problème est d'exploiter au mieux la puissance de feu du CNES telle qu'on la voit se manifester par exemple dans le système Doris, la mission Topex-Poséidon et l'altimétrie satellitaire avec toutes ses applications pour en exploiter le maximum pour nos objectifs scientifiques propres, et ce en concurrence avec les autres collectivités qui utilisent ses services.

- L'IGN est héritier d'une longue tradition de géodésie au niveau mondial. Ceci se manifeste par des contributions importantes au système de référence (organisation et calculs de campagnes internationales de géodésie spatiale, participation à l'IERS). De plus son rôle dans l'enseignement de la géodésie est bien reconnu.

L'existence du GRGS. C'est un point capital. Il s'agit d'une force parce que cette structure informelle a permis à des organismes très différents de collaborer ensemble de manière extrêmement constructive, et cela a permis à la France d'être toujours représentée honorablement dans le monde scientifique international et d'exploiter au mieux les possibilités offertes par le CNES. Cette force s'est récemment enrichie de la participation d'un nouveau grand organisme, le SHOM, ce qui démontre que le GRGS n'est pas un club fermé.

La présence de quelques organismes internationaux (IERS, BGI) qui effectuent des travaux de qualité extrêmement appréciés, et qu'il faut continuer à soutenir pour qu'ils poursuivent leurs activités dans de bonnes conditions.

Les faiblesses

Notre communauté nationale ne tire pas profit de sa taille modeste (peut être vue comme une force non utilisée), associée à l'ambition de certains de ses objectifs, et à la présence d'une Agence spatiale nationale qui s'intéresse à la géodésie et d'un Institut Géographique ayant une tradition d'universalisme. Sans pousser la comparaison aux extrêmes, on peut avancer que la géodésie française dans son ensemble est un "petit JPL", avec une interface plus développée avec la géodésie appliquée. Mais le JPL est un établissement centralisé, qui bénéficie de la formation dispensée de façon concurrentielle dans plusieurs universités, deux caractéristiques absentes de notre paysage.

L'évolution récente de l'IGN, qui a favorisé parmi ses diverses activités celles susceptibles de lui apporter des ressources propres, a peut-être entraîné une moindre visibilité de la recherche en géodésie au sein de cet organisme, (malgré la création du LAREG, Laboratoire de Recherche en Géodésie, en 1992), à un moment où la communauté française aurait souhaité au contraire pouvoir bénéficier d'un essor de cette recherche vers l'ensemble des techniques de la géodésie spatiale, d'où une certaine frustration de cette communauté.

La tendance à l'individualisme ne se trouve pas contrebalancée par l'existence d'un financement français pour les grands projets de même envergure que le programme Dynamics of the Solid Earth (DOSE) de la NASA aux Etats-Unis.

L'idée que les données sont propriété privée. La commission Tectoscope/Positionnement de l'INSU, par exemple, n'impose pas de règle sur la distribution des données géodésiques acquises avec son financement. Aux Etats-Unis, au contraire, toute campagne GPS doit être transmise aux archives UNAVCO, et deviennent publiques après un certain temps (1 an pour la NASA, 2 ans pour la NSF). Notons cependant que la création d'un tel centre d'archivage est actuellement étudié par l'IGN.

La faiblesse des recherches théoriques : la tradition des recherches théoriques en géodésie s'est, en France, un peu perdue dans les sables, en partie parce que les ingénieurs qui pouvaient s'y livrer, tant géographes qu'hydrographes, ont été absorbés par d'autres tâches, les unes pratiques, les autres théoriques mais dans des domaines différents. La théorie a tendance à être développée au fur et à mesure des besoins, en puisant dans les disciplines classiques (mécanique, relativité). S'il existait une préoccupation théorique affichée dans ce domaine, peut-être qu'au lieu de courir avec les concepts dans le sillage des développements techniques, on pourrait poser des questions nouvelles, auxquelles les techniques seraient requises pour répondre. Il manque un Institut Français de Géodésie, pas nécessairement très gros, mais où seraient parfaitement identifiés les objectifs d'un mandat de recherche en concertation avec les "utilisateurs".

La faiblesse de l'enseignement en géodésie: les quelques enseignements qui existent en France s'ignorent plus qu'ils ne se concurrencent, bien qu'ils s'appuient en partie sur les mêmes enseignants. Une des raisons en est la grande variété des formations requises, jointe à un faible flux d'étudiants (voir Annexes 1 et 2). Une autre en est sans doute l'absence d'un enseignement général de niveau universitaire, susceptible de créer un courant fédérateur par son rôle "focal". Un tel foyer favoriserait

en outre, en aval, la communication au sein des générations de professionnels formés dans un contexte moins dispersé.

La mauvaise reconnaissance de la géodésie, en tant que telle, par les grands organismes français de recherche, problème lié aux aspects ci-dessus. La géodésie est une discipline carrefour, fondamentale mais non reconnue, qui par exemple impose de se présenter au CNRS sous une autre étiquette (mécanicien céleste, "modélisateur", etc ...) avec tous les risques de rejet dus à ce manque d'adéquation entre la spécialité et les sections existantes. Allez déclarer au CNRS que vous êtes chercheur pour calculer un géoïde centimétrique sur la France ! ...

De plus il n'y a pas de tradition en France de considérer qu'une formation par la recherche est une carte de visite intéressante chez les jeunes diplômés. Cela non plus n'est pas de nature à inciter ceux-ci à grossir les rangs des thésards, or les thésards sont toujours et partout les forces actives de la recherche, sans lesquels les scientifiques ne forment guère que des armées de généraux ...

GEODESIE ET ENSEIGNEMENT

La discussion au sein du groupe de réflexion a mis en lumière une certaine insatisfaction sur la visibilité de la géodésie, de sa recherche et de son enseignement, tant auprès des institutions que des domaines connexes des Sciences de l'Univers. Pour y voir plus clair, le groupe a réalisé une enquête sur l'enseignement de la géodésie en France et à l'étranger dont les résultats sont résumés ci-dessous.

L'enseignement de la géodésie et le flux des étudiants en France

Niveau 1^{er} et 2^e cycle universitaire

En France, la formation des techniciens, techniciens supérieurs et ingénieurs de production en géodésie est assurée par

- l'Ecole Nationale des Sciences Géophysiques (ENSG)
 - a) cycle des techniciens supérieurs géomètres (niveau 1^{er} cycle)
 - b) cycle des ingénieurs des travaux, la spécialité en géodésie étant en 3^e année le DEA d'Astronomie Fondamentale, Mécanique Céleste et Géodésie (Paris);
- l'Ecole supérieure des Géomètres et Topographes (ESGT)
 - menant au diplôme de "géomètre expert"
 - pouvant mener à un DESS ou au DEA d'Astronomie Fondamentale, Mécanique Céleste et Géodésie;
- l'Ecole Spéciale des Travaux Publics du Bâtiment et de l'Industrie, section Bâtiment menant au diplôme d'ingénieur géomètres ETP;
- l'Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries de Strasbourg, Section Topographie menant au diplôme d'ingénieur ENSAIS et pouvant être complétée par le DEA d'Astronomie Fondamentale, Mécanique Céleste et Géodésie ou le DEA de Géophysique et Techniques Spatiales de Toulouse;

- l'Ecole d'Ingénieurs de Physique du Globe de Strasbourg (IPGS) menant au diplôme d'Ingénieur de cette école et pouvant être complétée par le DEA (1) ou bien le DEA de Géophysique de Strasbourg;
- les Ecoles du Service Hydrographique de la Marine.

Le cursus de ces écoles est résumé dans le tableau ci-dessous.

Nom de l'école	Niveau de recrutement	Durée des études	Nombre d'étudiants par an	Débouchés possibles
ENSG	a) Bac	2ans	20	IGN
	b) Bac+2	2ans +spécialis. ou DEA	15	LAREG
ESGT	Bac+2	3ans	80	Géomètres experts DDE, DDA
ESTP/Bâtiment	Bac+2	3ans	30	Géomètres experts
ENSAIS	Bac+2	3ans	20	Géomètre experts en recherche
Ingénieurs IPGS	Bac+2	3ans		Géophysique théorique/ appliquée

Pour les techniciens, l'enseignement de la géodésie peut atteindre un bon niveau de spécialisation et comporter jusqu'à 120 heures d'enseignement et deux mois de stage pratique.

Les ingénieurs reçoivent quant à eux une initiation à la géodésie d'un volume moyen de 80 heures, dans le cadre d'une formation plus large en topographie, topométrie, hydrographie ou sciences géographiques. Les programmes sont assez bien uniformisés puisque le même groupe d'enseignants intervient dans les écoles parisiennes, tandis que l'ENSAIS s'inspire des photocopies et programmes de ces mêmes enseignants. Le flux annuel des ingénieurs formés dans les domaines de la topographie, de la géodésie et des autres techniques géographiques est de 170 par an. Le nombre d'ingénieurs spécialisés en géodésie est inférieur à une dizaine.

Niveau 3^e cycle universitaire: recrutement au niveau Bac +4

La formation des chercheurs et des ingénieurs de conception est principalement assurée par le DEA d'Astronomie Fondamentale, Mécanique Céleste et Géodésie, pour lequel sont habilités l'Observatoire de Paris, l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques et l'Université Paris VI. Les étudiants, quinze par an en moyenne, sont issus d'un second cycle universitaire en mathématiques ou physique,

ou d'une école d'ingénieur dont ils sont diplômés ou suivent la troisième année. Le volume des cours théoriques en géodésie est de 75 heures, dont 30 obligatoires de géodésie générale sont la réplique des cours d'initiation des écoles d'ingénieurs. Les 45 heures facultatives, davantage tournées vers les recherches actuelles, attirent un tiers des étudiants environ. L'enseignement théorique est suivi d'un stage de quatre mois qui peut s'effectuer dans un laboratoire d'astronomie ou de géodésie (Observatoire de Paris, Bureau des Longitudes, GRGS, CERGA, IGN), ou encore d'astrophysique. D'autres DEA ou DESS comportent un enseignement de géodésie, généralement de moins de vingt heures. Il s'agit le plus souvent d'une information sur la géodésie spatiale ou d'une formation à caractère technique pour les besoins des sciences de la Terre.

Formation continue

Elle est assurée par les établissements de production (ENSG pour l'IGN, SHOM), pour satisfaire leurs besoins propres.

L'enseignement de la géodésie en France apparaît comme doublement éparpillé, entre des objectifs et des acteurs divers:

- pour les besoins de la topographie, de la topométrie, de l'hydrographie et des sciences géographiques, l'Education Nationale et les établissements de production (IGN, SHOM) forment les ingénieurs et techniciens.
- pour les besoins de l'astronomie et des sciences de la Terre, l'Université forme des chercheurs dans des domaines connexes à la géodésie.

L'enseignement de la géodésie et les flux d'étudiants à l'étranger

Une comparaison avec certains pays étrangers (Allemagne et Canada notamment, voir l'annexe correspondante) renforce cette impression d'éclatement de l'enseignement de la géodésie en France. En Allemagne comme au Canada, il existe au sein des établissements universitaires d'enseignement une progression de cycles, chaque étape conduisant à une profession ou à l'étape ultérieure. En France au contraire, l'Université ignore la géodésie en premier et second cycle. Les enseignants en géodésie sont rarement universitaires, ils n'ont pas de formation pédagogique. Les laboratoires d'accueil des ingénieurs stagiaires ou des futurs chercheurs ne sont que rarement rattachés à l'Université. L'absence de structuration de l'enseignement de la géodésie a entraîné la prolifération des enseignements d'initiation ou des formations parcellaires. Les débouchés se trouvent réduits par l'inexistence de postes d'enseignants en géodésie à l'Université ou à l'ESGT. La réflexion doit donc porter sur l'opportunité et les modalités de la mise en place d'un enseignement structuré spécialisé en géodésie.

CONCLUSION

Que veut-on que soit la géodésie? Des expressions de satisfaction et des critiques recueillies dans notre enquête, on peut tenter de dégager les directions souhaitées:

- maintenir les forces que constituent la compétence sur les références globales et l'intérêt pour les applications géophysiques et océanographiques, en s'appuyant sur la puissance des agences nationales (IGN, CNES) et le dynamisme du GRGS,
- tenter de remédier aux faiblesses constatées dans le domaine des recherches théoriques en géodésie, en réfléchissant à son amont, l'enseignement de, ou pour, la géodésie

L'enseignement de la géodésie est fait en France soit dans des Ecoles d'Ingénieurs, soit au niveau du DEA. L'absence de la géodésie des premiers et deuxièmes cycles universitaires la prive, dans une certaine mesure, de racines. La géodésie française favorise particulièrement les activités aux frontières, créant des synergies avec les sciences en amont et en aval. L'arbre a de belles branches, de belles fleurs; il s'agit de raffermir le tronc et les racines.

Peut-être faut-il envisager la création de l'Institut Français de Géodésie mentionné dans le rapport. Ou bien tenter de sensibiliser certaines Universités (Toulouse, Sophia Antipolis, Strasbourg, Paris, ...) ou certaines Ecoles d'Ingénieurs (ENS de Physique, ...) à l'intérêt qu'elles auraient à développer un enseignement de base de géodésie, avec l'aide de ceux de nos collègues qui voudraient participer à cette renaissance. Ou bien encore, mieux faire connaître à ces groupes universitaires les possibilités d'application de leurs disciplines à la géodésie, pouvant se concrétiser par l'accueil de stagiaires étudiants.

Annexe: Membres du groupe "Géodésie en France".

COMITÉ NATIONAL FRANÇAIS DE GÉODÉSIE ET GÉOPHYSIQUE

SECTION 1 - GÉODÉSIE

Groupe de travail:
la Géodésie en France

Composition du groupe
15 janvier 1993

Merci de bien vouloir signaler
toute erreur ou omission concer-
nant cette liste à H. Duquenne.

Monsieur G. BALMINO
Bureau Gravimétrie International
14, avenue Edouard Belin
31400 TOULOUSE
téléphone: 61332889
télécopie: 61253098
adresse électronique:
telex:
Invité à titre personnel

Monsieur E. BARBACANNE
Institut Géographique National
SDT
2, avenue Pasteur
BP 68
94160 SAINT-MANDE
téléphone: (1)43988079
télécopie:
adresse électronique:
telex:
Représente l'Association Française de Topographie

Monsieur R. BAYER
Centre Géologique et Géophysique
Université des Sciences et Techniques
4, place Eugène Bataillon
34095 MONTPELLIER CEDEX 1
téléphone: 67143685
télécopie:
adresse électronique:
telex:
Représente le DEA de Tectonique, Géophysique et Géochimie

Monsieur G. BIANCALE
CNES/GRGS
14, avenue Edouard Belin
31400 TOULOUSE CEDEX
téléphone:
télécopie:
adresse électronique:
telex:
Représente le DEA d'Astrophysique, Géophysique et Techniques Spatiales

Monsieur C. BOUCHER
Institut Géographique National
DT
2, avenue Pasteur
BP 68
94160 SAINT-MANDE
téléphone: (1)43988316
télécopie: (1)43988171
adresse électronique:
telex:
Invité à titre personnel

Monsieur P. BRIOLE
Institut de Physique du Globe de Paris
4, place Jussieu
Tour 14
75252 PARIS CEDEX 05
téléphone: (1)44274804 93
télécopie: (1)44273373
adresse électronique:
telex:
Représente l'IPG de Paris et le DEA de Géophysique de Surface et de Subsurface

Madame N. CAPITAINÉ
Observatoire de Paris
61, avenue de l'Observatoire
75014 PARIS
téléphone: (1)40512231
télécopie: (1)40512232
adresse électronique:
telex:
Représente le DEA d'Astronomie Fondamentale, Mécanique Céleste et Géodésie

Monsieur J. CHERY
Centre Géologique et Géophysique
Université des Sciences et Techniques
4, place Eugène Bataillon
34095 MONTPELLIER CEDEX 1
téléphone: 67144291
télécopie:
adresse électronique:
telex:
Représente le DEA de Tectonique, Géophysique et Géochimie

Monsieur A. COMOLET-TIRMAN
108, avenue Félix Faure
75015 PARIS
téléphone: (1)45543933
télécopie:
adresse electronique:
telex:
Invité à titre personnel

Monsieur J. DENEGRÉ
Conseil National de l'Information Géogr.
140, rue de Grenelle
75700 PARIS
téléphone: (1)43988312
télécopie: (1)45518149
adresse electronique:
telex:
Représente le CNIG

Mademoiselle DESCHAMPS
Université de Nice Sophia-Antipolis
Institut de Géodynamique
avenue A. Einstein
06560 VALBONNE
téléphone:
télécopie:
adresse electronique:
telex:
Représente le DEA de Géodynamique

Madame F. DUQUENNE
ENSG
2, avenue Pasteur
BP 68
94160 SAINT-MANDE
téléphone: (1)43988189
télécopie: (1)43988465
adresse electronique:
telex:
Représente l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques

Monsieur H. DUQUENNE
Institut Géographique National
DT/SR/LAREG
2, avenue Pasteur
BP 68
94160 SAINT-MANDE
téléphone: (1)43988330
télécopie: (1)43988488
adresse électronique:
telex:
Représente le CNFGG

Monsieur P. EXERTIER
CERGA
Observatoire de la Côte d'Azur
avenue Copernic
06130 GRASSE
téléphone: 93365849
télécopie: 93368963
adresse électronique:
telex: -
Représente le GRGS et le CERGA

Monsieur K. FEIGL
OMPT/GRGS
14, avenue Edouard Belin
31400 TOULOUSE CEDEX
téléphone:
télécopie:
adresse électronique:
telex:
Invité à titre personnel

Madame M. FEISSEL
IERS/CB
Observatoire de Paris
61, avenue de l'Observatoire
75014 PARIS
téléphone: (1)40512226
télécopie: (1)40512232
adresse électronique:
telex:
Représente le CNFGG

Madame M. FLOUZAT
Lab. de Détection et de Géophysique
Commissariat à l'Energie Atomique
BP 12
91680 BRUYERES-LE-CHATEL
téléphone: (1)69264675
télécopie: (1)69266049
adresse electronique:
telex:
Représente le CEA/LDG

Monsieur A. FOURGASSIE
EPSHOM
BP 426
29275 BREST CEDEX
téléphone: 98221162
télécopie: 98431811
adresse electronique:
telex:
Représente le SHOM

Monsieur GARDES
EDF - Direction de l'Equipement
Département TEGG
Immeuble Lorraine, Boulevard de France
BP 128
91004 EVRY CEDEX
téléphone: (1)60874747
télécopie: (1)60874848
adresse electronique:
telex:
Représente l'EDF - Direction de l'Equipement

Monsieur J. GERVAISE
32, rue de Lyon
01630 SAINT-GENIS-POUILLY
téléphone: 50421030
télécopie:
adresse electronique:
telex:
Invité à titre personnel

Monsieur P. GRUSSENMEYER

ENSAIS

24, rue de la Victoire

67084 STRASBOURG CEDEX

téléphone: 88355505

télécopie: 88241490

adresse électronique:

telex:

Représente l'École Nationale Supérieure des Arts et Industries de Strasbourg

Monsieur M. KASSER

ESGT

18, allée Jean Rostand

BP 77

91002 EVRY CEDEX

téléphone: (1)60779740

télécopie: (1)60779699

adresse électronique:

telex:

Représente l'École Supérieure des Géomètres et Topographes

Monsieur M. LE PAPE

Institut Géographique National

Service de la Géodésie et du Nivellement

2, avenue Pasteur

BP 68

94160 SAINT-MANDE

téléphone: (1)43988331

télécopie: (1)43988450

adresse électronique:

telex:

Représente l'Institut Géographique National

Monsieur H. LEGROS

IPG de Strasbourg

Université Louis Pasteur

5, rue Descartes

67084 STRASBOURG CEDEX

téléphone: 88.....

télécopie: 88616747

adresse électronique:

telex:

Représente l'École et l'IPG de Strasbourg

Monsieur J. MARTINOD
LGIT/IRGM
Université Joseph Fournier
BP 53X
38041 GRENOBLE CEDEX
téléphone:
télécopie:
adresse électronique:
telex:
Représente l'Observatoire de Grenoble

Monsieur J.-G. MATHE
Conseil National de l'Information Géogr.
140, rue de Grenelle
75700 PARIS
téléphone: (1)43988312
télécopie: (1)45518149
adresse électronique:
telex:
Représente le CNIG

Monsieur M. MAYOUD
CERN
Site de Prévessin
01631 CERN CEDEX
téléphone:
télécopie:
adresse électronique:
telex:
Invité à titre personnel

Monsieur J.-C. RUEGG
Institut de Physique du Globe de Paris
4, place Jussieu
Tour 14
75252 PARIS CEDEX 05
téléphone: (1)44274893
télécopie: (1)4427.....
adresse électronique:
telex:
Représente l'IPG de Paris