

**C
E
R
G
A**

N° 1

Décembre 1970

**PROJET D'UN CENTRE D'ETUDES
ET DE RECHERCHES GEODYNAMIQUES
ET ASTRONOMIQUES
(C E R G A)**

LE CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES
GEODYNAMIQUES ET ASTRONOMIQUES

(CERGA)



Projet d'établissement du CERGA	p. 1
I - Programme scientifique	p. 4
II - Equipement	p. 13
III - Physionomie du CERGA à la fin du VIe Plan	p. 18
IV - Calendrier et investissements	p. 21
V - Caractères généraux de l'activité du CERGA	p. 23
Annexe I : Géodynamique	
Annexe II : La station du plateau de Calern	

PROJET D'ETABLISSEMENT
D'UN CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES
GEODYNAMIQUES ET ASTRONOMIQUES

La création d'un Centre d'études et de recherches géodynamiques et astronomiques (CERGA) est destinée à rassembler en un Etablissement unique des équipes de chercheurs travaillant dans différents domaines de l'astronomie, de la géophysique, de la géodésie et de la mécanique céleste. Le CERGA permettra d'assurer leur collaboration étroite, et d'établir dans le site le mieux adapté les moyens d'observation modernes nécessaires à ces études, tout en améliorant le rendement des moyens anciens qui y seront transportés.

Doté d'instruments puissants, le CERGA constituera le centre français appelé à participer activement à toutes les grandes opérations internationales qui, seules, permettront dans l'avenir de faire des découvertes fondamentales dans ces domaines.

Le programme scientifique du CERGA présente le caractère propre d'être délibérément fondé sur les sujets de recherche ; la technique est au service de ces recherches et doit pouvoir évoluer sans entraves.

Nous verrons qu'il n'est plus possible de séparer l'astronomie fondamentale de certains aspects de la géophysique et de la géodésie. Aux confins de ces trois disciplines s'élabore une science nouvelle qu'on pourrait définir comme l'étude dynamique et géométrique des astres du système solaire et qui s'appuie largement sur les techniques nées de la recherche spatiale et de la radioastronomie. Le caractère multidisciplinaire de cette science en fait la majeure difficulté - mais aussi l'immense intérêt.

Le domaine du CERGA englobe les activités qui se développent dans le cadre de ce qu'on dénomme maintenant la géodynamique (voir Annexe I). Il couvre également le problème général de l'acquisition des données géométriques sur les astres, qui est fondamental et auquel il convient d'apporter tout le bénéfice possible du progrès des techniques.

Le CERGA sera implanté sur le plateau de Calern au nord de Grasse et dans son voisinage immédiat (voir Annexe II). Ce choix est issu de l'analyse de la prospection astrométrique menée en France de 1966 à 1970. La proximité du centre universitaire de Nice (à 60 km) ainsi que l'attrait exercé par cette région, en expansion scientifique, doivent assurer un recrutement satisfaisant de chercheurs.

Le CERGA sera largement ouvert aux apports extérieurs. Il offrira aux chercheurs d'appartenances diverses, français ou non, la possibilité de se rassembler pour une étude commune. De tels groupes de recherches, organisés entre le CNES, le Bureau de Longitudes, l'Observatoire de Paris, ont montré leur efficacité : le CERGA leur fournira des conditions de travail meilleures et des moyens plus cohérents.

Sur le plan national, en fixant dans le Sud-Est des activités scientifiques qui sont principalement implantées dans la région parisienne et qui connaissent une forte expansion, la création du CERGA a le caractère d'une opération de décentralisation. En assurant la confrontation des techniques traditionnelles et des techniques modernes, elle provoque un assainissement dans les domaines couverts.

Par la création d'un foyer scientifique vigoureux, nous pensons montrer la voie dans le développement de la géodynamique et de l'astronomie fondamentale moderne, et placer les équipes établies en France dans une position favorable à l'égard de la compétition internationale. L'accueil chaleureux déjà réservé à ces projets par quelques-uns de nos collègues étrangers prouve que notre initiative vient à son heure et que

des liaisons fructueuses pourront être rapidement établies dès la constitution du CERGA.

x

x x

Les six membres du groupe qui a établi le présent projet s'engagent solidairement à en assurer le développement et la réalisation.

F. Barlier, B. Guinot, J. Lévy, (Observatoire de Paris) ; P. Couteau (Observatoire de Nice) ; M. Lefebvre (Département de géodésie spatiale, CNES) ; J. Kovalevsky (Bureau de Longitudes).

I - Programme scientifique

INTRODUCTION

Le domaine des recherches propres au CERGA couvre l'ensemble des études dynamiques relatives aux divers astres de l'Univers, y compris la Terre. Compte tenu des degrés de précision très divers que l'on peut atteindre dans la détermination des mouvements des corps célestes, on peut distinguer dans cet ensemble trois grands objets liés par leur assujettissement commun au problème général du système de référence, auquel ils apportent d'ailleurs des informations mutuelles.

1 - La géodynamique, qui étudie la dynamique du système Terre-Lune (chacun de ces corps n'étant pas considéré comme rigide) et des satellites artificiels en tant qu'indicateurs des forces en présence.

2 - La dynamique du système solaire, comprenant l'étude des mouvements des planètes et de leurs satellites, des petites planètes, des comètes et de la Terre en tant que planète gravitant autour du Soleil.

3 - La dynamique des systèmes stellaires, comprenant l'étude dynamique des petits systèmes stellaires ainsi que l'étude cinématique et si possible dynamique des amas et associations, de la Galaxie et des systèmes de Galaxies.

L'intérêt scientifique de chacun de ces trois grands objets dépasse de loin le simple intérêt descriptif des mouvements, encore que la découverte de mouvements insoupçonnés ou la mesure précise de mouvements jusqu'alors seulement estimés soient d'une importance scientifique de premier ordre.

Cependant, dans les autres cas, on s'efforcera surtout de mettre en évidence la cause des mouvements observés, en affinant les méthodes d'observation, et d'en déduire une meilleure connaissance des lois de la Nature. C'est dans ce domaine que l'on peut espérer obtenir les résultats les plus fondamentaux des travaux projetés.

C'est pourquoi, dans la liste des sujets de recherche qui suit, et qui définit le programme scientifique principal du CERGA, on a généralement omis les aspects descriptifs des résultats attendus, en se limitant à présenter l'apport scientifique que l'on peut raisonnablement attendre de la mesure des mouvements et de leur interprétation.

INTERET SCIENTIFIQUE DES SUJETS RETENUS.

1 - Géodynamique.

a) Terre.

Les mouvements de déformation subis par la Terre sont encore très peu ou peu connus :

- Les mouvements de marée terrestre, indicateurs de la structure de l'écorce et du manteau terrestre, sont mesurés avec une précision de 10 % seulement. Une augmentation de cette précision serait fondamentale dans l'étude de cette structure.

- Les mouvements lents horizontaux sont seulement estimés de façon indirecte. Leur mesure s'impose pour analyser les forces qui occasionnent cette "dérive des continents" et pour reconnaître si ces mouvements sont ou non accompagnés d'une dilation de la Terre.

- Les irrégularités de la rotation de la Terre et celles du mouvement du pôle devraient être mesurées avec une précision accrue et une résolution temporelle beaucoup plus grande. C'est le seul moyen d'étudier les corrélations qui existent entre ces mouvements et les autres phénomènes géophysiques impliquant des échanges d'énergie du même ordre (tremblements de Terre ou convection atmosphérique et océanique par exemple).

- Les mouvements rapides ou lents (nutations diverses et précession) sont des indicateurs précieux de certains paramètres représentant la structure interne de la Terre. Ici encore, des gains de précision par des facteurs importants sont nécessaires pour notre connaissance de l'intérieur de la Terre et la construction de modèles adéquats.

b) Satellites artificiels.

- Le mouvement des satellites artificiels est un indicateur très sensible du champ de gravitation de la Terre et, par suite, dans une certaine mesure, de sa structure et de ses déformations. Des premiers travaux ont en effet montré qu'il est possible de déduire de ces mouvements les nombres de Love qui caractérisent la rigidité de la Terre, des variations à longue période de son ellipticité géopotentielle, le mouvement du pôle, etc. . . .

- La description détaillée du champ de gravitation, la construction d'un polyèdre terrestre de référence, l'étude de la forme des océans qui sera bientôt commencée grâce à eux, sont autant d'autres applications convergeant vers l'étude dynamique de la Terre considérée comme un corps non rigide.

c) La Lune.

- L'étude du mouvement de rotation de la Lune, actuellement très mal mesuré, devrait apporter des indications précieuses sur la structure interne de la Lune qui ne peuvent être obtenues par d'autres méthodes (pas même par l'observation du mouvement des sous-satellites de la Lune).

- La détection des déformations éventuelles de la forme de la Lune par les marées, étude qui se ramène aussi à des mesures de position, serait également capitale pour comprendre la structure de notre satellite.

- L'étude du mouvement de la Lune autour de la Terre avec des précisions accrues aura pour effet d'améliorer notre connaissance encore très fragmentaire des accélérations subies par la Lune à la suite

de l'échange d'énergie, dû au phénomène des marées, entre la Terre et la Lune.

- Si ce mécanisme est bien mis en évidence par les corrélations avec les irrégularités de la rotation de la Terre par exemple, il sera alors possible de ramener, par le calcul, le mouvement observé à un mouvement strictement gravitationnel et d'avoir ainsi accès à une horloge donnant avec une grande précision le temps gravitationnel. Ce sera un des rares moyens que nous aurons de vérifier l'identité ou la non-identité du temps atomique et du temps gravitationnel. Ce résultat serait fondamental dans la compréhension des lois universelles de la physique.

Il est à noter qu'un résultat analogue pourrait être obtenu par l'observation de satellites artificiels très denses, spécialement conçus à cet effet ; l'étude du mouvement d'un tel satellite entrerait naturellement dans le cadre du programme du CERGA.

2 - Dynamique du système solaire.

a) Planètes.

L'étude du mouvement des planètes et de la Terre (que l'on obtient en particulier en observant les positions du Soleil) peut apporter, si la précision est augmentée, des résultats théoriques de grande importance.

L'analyse des résidus par rapport à une théorie gravitationnelle newtonienne doit permettre :

- De préciser la réalité des corrections de relativité générale et de choisir entre les divers modèles proposés (par exemple la théorie tensorielle ou la théorie scalaire de Dicke).

- De déterminer, sur le mouvement des planètes intérieures, la valeur de l'aplatissement dynamique du Soleil qui serait un élément nouveau important pour l'étude astrophysique de l'intérieur de cet astre.

- De détecter éventuellement d'autres différences dont l'interprétation constituerait un fait nouveau dans la théorie de la gravitation.

- D'améliorer la valeur des principaux paramètres orbitaux des planètes, ce qui permettrait des études de leur mouvement vers le passé lointain, afin de découvrir éventuellement certains indices concernant la formation ou l'origine du système solaire ou certaines de ses particularités (problème de l'origine de Pluton par exemple).

b) Satellites.

Malgré la grande différence de précision dans les mesures qui ne permettent pas de prétendre à des résultats aussi fins que ceux fournis par les satellites artificiels de la Terre, on doit envisager d'étudier le mouvement des satellites des autres planètes afin de déterminer certains paramètres physiques qui les concernent (aplatissement dynamique, quelques termes du potentiel de gravitation) et qui donnent des indications précieuses sur leur structure interne.

On peut aussi envisager des études concernant leur mouvement sur une longue durée et essayer d'étudier ainsi l'origine de certains d'entre eux (par exemple, une éventuelle capture des satellites rétrogrades lointains des grosses planètes).

Enfin, l'étude à long terme des mouvements des satellites proches doit permettre de détecter les phénomènes de marées sur leurs planètes-mères, ce qui est un autre moyen d'approcher la structure de ces planètes.

c) Petites planètes.

L'étude dynamique approfondie de ces corps, qui n'est possible que si des observations nombreuses et précises sont obtenues, peut permettre de fixer un système de référence absolu indispensable pour définir les mouvements lents de la Terre, comme la précession.

D'autre part, le problème de l'origine des familles des petites

planètes ne trouvera de solution que si de meilleures orbites sont obtenues pour un très grand nombre de ces astres.

d) Comètes.

De nombreuses questions concernant l'origine et l'évolution de ces astres demeurent encore en suspens. Citons les pertes de masse et la pression de radiation solaire, responsables d'effets non gravitationnels dans leur mouvement, l'origine des comètes avant leur éventuelle capture par les grosses planètes, la dissolution des comètes ou leur transformation en astéroïdes. Tous ces problèmes n'avancent que si des observations nouvelles et très précises sont systématiquement effectuées.

3 - Dynamique des systèmes stellaires.

Nous ne citons ici que quelques-uns des problèmes qui se posent et pour lesquels il faut continuer les observations existantes ou développer des techniques nouvelles capables de mesurer le mouvement de ces corps lointains.

a) Etoiles doubles.

Les étoiles doubles, à condition d'être observées régulièrement pendant au moins une révolution, sont les seuls astres qui permettent de déterminer la masse des étoiles. Ce paramètre fondamental pour toute l'astrophysique n'est connu actuellement que pour des dizaines d'étoiles. Il est donc indispensable d'observer les couples déjà connus, de période relativement courte, de découvrir et d'observer des couples plus serrés dont la période - plus courte - permettra, assez rapidement, d'augmenter le nombre d'orbites et - par suite - de masses connues.

b) Distance des étoiles.

La distance de toutes les étoiles et galaxies, c'est-à-dire, en définitive, l'échelle même de l'Univers, dépend indirectement des mesures de parallaxes trigonométriques. Ces mesures, portant sur un effet de mouvement relatif très petit, sont en nombre insuffisant et leur

précision laisse encore beaucoup à désirer. Ce fait est particulièrement grave en ce qui concerne certaines géantes lointaines pour lesquelles les déterminations de magnitude absolue dépendent aussi de mesures de parallaxes très petites et par conséquent déterminées avec une erreur relative qui peut parfois dépasser 50 %. Le développement de ces mesures, si possible avec des techniques permettant un accroissement de précision, est fondamental pour l'astrophysique.

c) Cinématique de la Galaxie.

- L'étude des mouvements des étoiles est à la base de l'étude dynamique de la Galaxie, branche importante de l'astronomie stellaire. Il est donc important de contribuer à l'accroissement des déterminations dans ce domaine en construisant des catalogues d'étoiles desquels on peut déduire, par comparaison avec des catalogues anciens, les mouvements propres. L'exploitation de ces données se fera en liaison avec des catalogues d'autres données relatives aux étoiles (type spectral, etc. ...).

- Ces études sont aussi d'une grande importance pour l'ensemble des observations des mouvements de la Terre (précession, nutation, rotation) et des planètes, car ces observations sont souvent faites par rapport à des étoiles dont on doit connaître les mouvements particuliers ou de groupe. Nous retrouverons ce problème dans la partie consacrée aux systèmes de référence.

- Les déterminations particulières de mouvements propres au sein des amas ou des associations sont très importantes pour l'étude de l'évolution de ces objets. De telles études peuvent conduire à une meilleure connaissance de la formation et de l'évolution de tous les systèmes stellaires.

- Enfin, l'interprétation de ces mouvements liés à une connaissance précise des distances des astres et des vitesses radiales permet d'aborder les problèmes dynamiques aussi bien pour les amas que pour la Galaxie elle-même.

4 - Systèmes de référence.

Cette énumération - qui n'a pas la prétention d'être exhaustive - des problèmes que permettraient de résoudre des mesures de mouvement des corps célestes doit encore être accompagnée par une autre liste des problèmes annexes qui devraient être résolus pour que les observations nécessitées par ces programmes d'étude soient efficaces, en ce sens que les déterminations qu'on en tire soient dépourvues, dans la mesure du possible, d'erreurs systématiques.

En effet, des mouvements ne peuvent être mesurés que par rapport à un système de référence fixe. S'il n'en est pas ainsi, l'interprétation dynamique des mouvements se verrait faussée par les accélérations d'entraînement négligées. C'est pourquoi un quatrième sujet d'étude, qui servira de support aux trois autres, s'impose : celui des systèmes de référence.

a) Référence spatiale.

Les systèmes de référence qui existent actuellement n'ont pas la précision des méthodes modernes d'observation de positions. Il est donc essentiel que la qualité des systèmes de référence suive de près l'accroissement de la qualité des mesures des mouvements.

Le système idéal de référence serait donné par un ensemble d'objets extragalactiques répartis sur l'ensemble du ciel. Un tel système n'est en fait accessible que par des techniques radioélectriques, et il est nécessaire de le représenter par des systèmes de référence accessibles aux divers instruments et caractérisés chacun par un ensemble d'astres de propriétés apparentes voisines, ayant une densité céleste appropriée. On peut distinguer ainsi, pour définir ces systèmes de référence, diverses sortes de catalogues :

- Des catalogues de référence pour les mouvements de la Terre (rotation, mouvement du pôle) et des planètes principales.

Exemple : FK4.

- Des catalogues de référence pour les mouvements des satellites et des plus grosses des petites planètes. Exemple : catalogue SAO.

- Des catalogues de référence pour les mouvements des petites planètes et comètes, possédant des étoiles de magnitude beaucoup plus faible. Ce type de catalogue n'existe pas de façon satisfaisante.

- Des catalogues intermédiaires permettant de relier ces systèmes entre eux ou avec ce qui serait considéré comme un système de référence fondamental dans l'avenir. C'est par exemple le catalogue des étoiles faibles (KSZ) qui sert d'intermédiaire au catalogue de référence basé sur des objets extragalactiques. D'autres catalogues de ce type devront être construits pour servir de passage aux catalogues de référence de radiosources.

Il est nécessaire de participer activement aux observations et à l'élaboration de ces catalogues et de ces systèmes de référence. Certains de ces travaux se confondent partiellement avec des travaux de recherche déjà cités comme l'étude cinématique de la Galaxie ou la détermination des mouvements de la Terre.

b) Référence temporelle.

La référence à une échelle de temps uniforme est, pour l'étude des mouvements rapides, au moins aussi importante que la référence spatiale. C'est évidemment pour la géodynamique et, dans une mesure moindre, en dynamique du système solaire, que cette référence doit être construite.

Ici encore, on peut être conduit à définir plusieurs références, à partir de la référence fondamentale qui doit être le "temps atomique". Ces références secondaires sont indispensables pour ramener à une même échelle les observations passées qui apportent une information essentielle pour l'étude du mouvement de la Lune et des planètes.

C'est pourquoi, en plus de la formation de la meilleure échelle

de temps atomique possible, il faudra continuer la détermination des échelles de temps utilisées dans le passé et plus particulièrement celle du "temps des Ephémérides", afin d'en assurer la meilleure jonction possible avec le temps atomique.

Ces références temporelles, ou d'autres introduites par les théories physiques modernes qui distinguent les divers temps-coordonnées, devraient être étudiées par les méthodes astronomiques adéquates.

De toute façon, la comparaison entre les diverses échelles de temps ainsi définies devrait conduire à des résultats importants pour les théories physiques de la notion de temps (en relativité générale ou autre).

II - Equipement

PREMIERE PHASE

Dans une première phase de l'édification du CERGA, on pourra installer les instruments désignés ci-après.

a) Un astrolabe photoélectrique, pour étudier la rotation terrestre (mouvement du pôle, Temps Universel), les systèmes de référence, la nutation astronomique et les mouvements de la verticale.

b) Associés à cet astrolabe pourront être placés, si la nature du terrain le permet, des pendules horizontaux et un gravimètre classique (pendule de torsion), pour l'étude des marées terrestres et des déformations locales de la croûte terrestre.

c, d, e,) Pour les études géodynamiques, un équipement d'ob-

servation des satellites artificiels comprenant une station de poursuite par laser, une station de poursuite Doppler, une chambre photographique.

Les observations de satellites artificiels ne sont désormais exploitables que si de nombreuses stations réparties sur le globe entier y participent. Il ne sera plus possible de faire de telles opérations avec les seuls moyens français. En revanche, la participation française à de telles mesures est indispensable pour que nos chercheurs soient partie prenante dans les découvertes que ces campagnes internationales ne manqueront pas d'apporter. On peut même s'attendre à ce que certaines de ces expériences soient effectuées à la suite de lancements de satellites français (comme le programme ISAGEX actuel, basé sur le lancement de PEOLE ou, pour l'avenir, dans le cas de GEOLE ou d'autres expériences proposées par les groupes Barlier-Lefebvre).

f) Un cercle méridien à mesures photoélectriques, en ascension droite et déclinaison, pour la détermination des positions relatives d'étoiles et de planètes.

g) Un astrographe permettant d'observer la Lune sur fond d'étoiles (type caméra Markowitz à améliorer, par exemple). Ce type d'observation apporte la connaissance des coordonnées de la Lune par rapport aux repères célestes (étoiles) alors que les observations laser ne sont pas liées à ce repère. Il s'agit d'une des études fondamentales pour la liaison entre les systèmes de référence utiles.

h) Un télémètre à laser avec une précision de 10 cm pouvant observer la Lune et les satellites stationnaires munis de réflecteurs, pour l'étude des mouvements relatifs Terre-Lune et pour la géodynamique. Ce télémètre doit travailler simultanément avec les stations étrangères de même type, mais il est indispensable, pour que les résultats géodynamiques soient entièrement obtenus par des équipes françaises, qu'un second laser analogue soit installé dans une station éloignée, de préférence en Amérique du Sud, en annexe du CERGA.

i) Un interféromètre à longue base, pour observations de satellites stationnaires, et aussi de radio-sources, en vue des études géodynamiques et de la définition du système de référence fondamental.

j) A tous ces instruments il faudra associer une station horaire, équipée d'étalons atomiques de temps, de récepteurs de signaux horaires, de LORAN-C et des impulsions de télévision, prolongée par des chronographes imprimants.

L'installation de moyens de dépouillement et de calcul puissants, dès le début de l'installation du CERGA, est une condition nécessaire au succès de l'opération. On ne peut, en effet, espérer attirer les chercheurs que s'ils y trouvent des commodités de travail supérieures à celles dont ils disposent actuellement. Il faut prévoir :

k) Un ordinateur local de moyenne capacité pour traitement préliminaire des données d'observation, servant aussi de terminal à un centre de calcul doté des moyens les plus puissants.

l) L'établissement sur place de la machine à mesurer automatique prévue au VIe Plan.

DEUXIEME PHASE

Il est hasardeux de prévoir le développement ultérieur des techniques, et l'ordre de grandeur des moyens qui seront disponibles pour une deuxième phase. Les instruments qui apparaissent dès maintenant les plus nécessaires sont :

m) Un équatorial pour les occultations et les étoiles doubles ; l'existence d'un tel instrument à l'Observatoire de Strasbourg permet d'envisager son transfert, qui pourrait alors s'inscrire dans la première phase.

n) Un astrographe à long foyer, dont le programme scientifique fait l'objet d'une documentation séparée.

o) Un astrographe très lumineux, d'un champ de quelques degrés carrés (par exemple, ayant 60 cm d'ouverture et 3 m de distance focale), pour les satellites naturels, petites planètes, comètes.

p) Un gravimètre absolu, type Sakuma, dont la précision est de l'ordre de quelques millièmes de milligals. La création d'un réseau mondial de ces appareils permettrait d'aborder l'étude des variations à courte période de la gravité, des déformations à longue période de la croûte terrestre, de la variation éventuelle de la constante de la gravitation.

RECAPITULATION

On peut classer l'équipement en tenant compte des disponibilités présentes, des problèmes techniques et financiers et de l'importance des programmes.

1 - Instruments existant déjà et qui peuvent être implantés.

Astrolabe (déjà en place)
 Station optique satellites (Antarès)
 Station laser 1ère génération
 Equatorial (Strasbourg)

2 - Instruments en construction ou dont l'amélioration nécessaire semble devoir être financée très prochainement (avant 1972-73)

Laser-Lune 2ème génération
 Astrolabe photo-électrique
 Station satellites laser 2ème génération
 Gravimètre (pendule de torsion)

Service horaire
 Station satellites Doppler
 Méridien photo-électrique

3 - Instruments non commencés, mais figurant au VIe Plan

Laser-Lune dans la station annexe
 Machine à mesurer automatique

4 - Autres instruments qu'il serait nécessaire d'acquérir avant 1975

ou de construire pour cette date.

Horloges atomiques
 Un astrographe (pour la Lune)
 Interféromètre longue base (principal et annexe)
 Petit calculateur servant d'antenne
 Pendules horizontaux (si possible)

5 - Gros instruments à faire acquérir au VIIe Plan

Astrographe lumineux à $f/3-4$
 Astrographe à long foyer
 Gravimètre absolu de haute précision

6 - Autres instruments

La liste précédente n'est pas exhaustive. Parmi les instruments dont l'intérêt scientifique est clair mais dont la définition technique n'est pas encore au point figurent : un instrument pour l'observation absolue des positions du Soleil, un astrographe à grand champ, tous instruments de réception des expériences astrométriques spatiales (telle une station de réception Géole), un radar planétaire.

III - Physionomie du CERGA à la fin du VIe Plan

1 - Infrastructure administrative et technique générale.

Les locaux affectés à ces activités devront pouvoir être étendus afin de permettre les accroissements futurs d'effectifs sans briser les services :

	<u>Personnel</u>	<u>Surface m²</u>
Administration, reprographie.....	15 agents	300
Bureau d'études, atelier.....	1 ingénieur 2 dessinateurs 3 mécaniciens	} 200
Atelier d'électronique générale.....	1 ingénieur 3 techniciens	
Service horaire et chronographes.....	4 techniciens	150
Bibliothèque, salle de lecture.....	1 bibliothécaire 1 aide	} 200
Personnel de service, garages remise de jardiniers, etc.....	10 agents	
41 agents		1 250 m ²

2 - Locaux affectés aux équipes de recherche scientifique et technique, à l'exclusion des salles d'observation. Les recherches considérées sont celles mentionnées dans le "programme scientifique". Ce sont

des recherches de bureau, sans expérimentation physique. On estime qu'il faut :

	<u>Personnel</u>	<u>Surface m²</u>
Equipes de recherche.....	30 chercheurs 30 techniciens	700
	60 agents	700 m ²

3 - La mise en oeuvre des diverses techniques d'observation de la première phase demanderait (sans les salles d'observation) :

	<u>Personnel</u>	<u>Surface m²</u>
Astrolabe.....	1 ingénieur 6 techniciens	100
Instruments de géophysique (pendules, gravimètre).....	2 techniciens	20
Observation de satellites artificiels.....	2 ingénieurs 6 techniciens	120
Cercle méridien.....	1 ingénieur 6 techniciens	100
Radio interféromètre.....	2 ingénieurs 4 techniciens	100
Laser Lune.....	1 ingénieur 3 techniciens	50
Astrographe, équatorial.....	2 ingénieurs 5 techniciens	100
Laboratoire photographique.....	2 techniciens	50
	43 agents	640 m ²

4 - Dépouillement des observations

Le pré-dépouillement est fait par les équipes elles-mêmes. Il s'agit ici de centre de dépouillement d'intérêt général demandant un équipement élaboré :

	<u>Personnel</u>	<u>Surface m²</u>
Centre de mesure des clichés avec locaux d'archivage.....	1 ingénieur 6 techniciens	300
Centre de calcul et locaux d'archivage..	1 ingénieur 2 programmeurs 4 techniciens	300
14 agents		600 m ²

5 - Locaux communs

	<u>Personnel</u>	<u>Surface m²</u>
Cantine pour 200 personnes.....	5 personnes	400
Salle de réunion		100
Chambres d'observateurs (20 chambres de 2 x 2,5 + sanitaire)		150
Chambres de visiteurs (5 chambres de 3 x 3 env. + sanitaire)		70
5 agents		720 m ²

Le CERGA comprendrait donc, à la fin du VI^e Plan :

- environ 5 000 m² de locaux principaux, compte tenu d'une marge de sécurité de 5 % et de 25 % de dégagements, sanitaires, etc...

- un effectif de 163 agents se décomposant de la manière suivante :

chercheurs.....	30
ingénieurs, programmeurs bibliothécaire.....	16
techniciens.....	87
agents administratifs.....	15
personnel de service.....	15

Dans cet effectif sont comprises les personnes venues d'administrations diverses qui effectueront des travaux temporaires au CERGA. Nous avons donc défini les possibilités d'accueil mais nous ne demandons pas que la totalité des postes appartiennent au CERGA.

IV - Calendrier des opérations et investissements

Au cours de 1971 - 1972 : 1,5 MF

Observations de contrôle des qualités du site avec un astrolabe.
Enquêtes sur les terrains, servitudes, moyens d'accès, stabilité du sol, les fournitures d'eau et électricité.

Achat des terrains sur le plateau de Calern ; la superficie souhaitée est de 200 hectares au minimum. Voirie, etc...

Installation d'un "centre provisoire" au voisinage de Grasse, pour une durée de 2 ans, afin d'y placer les bureaux d'études et les premières équipes. Ce centre sera rattaché aux moyens de calculs de l'Observatoire de Nice. Superficie : 300 m². Budget annuel de fonctionnement : 25.000 F.

Installation de l'astrolabe à son site définitif. On débutera le programme d'astrolabe avec un astrolabe de Danjon.

Au cours de 1972-1973 : 3,5 MF

Première tranche des travaux sur le plateau de Calern : construction de 1 500 m² environ.

Installation du méridien et des appareils les plus urgents de poursuite des satellites artificiels, les équipes pourront travailler au "centre provisoire".

Au cours de 1973-1974 : 3,5 MF

Installation d'une administration locale définitive.

Installation des équipes présentes au CERGA.

Installation d'un terminal d'ordinateur.

Premières installations au CERGA d'équipes de chercheurs.

Liquidation du "centre provisoire".

Deuxième tranche des travaux : construction de 1 500 m².

Au cours des années suivantes

Il ne paraît pas utile de détailler la suite des opérations dont le calendrier est trop incertain et qui ne doit présenter aucune difficulté particulière après la réalisation des phases initiales.

Il est d'une extrême importance de préparer dans les observatoires existants les équipes qui devront s'installer au CERGA. Un certain nombre de groupes déjà constitués pourront se déplacer, mais cela ne peut suffire. Il faut, dès à présent, recruter et former les chercheurs et techniciens nécessaires afin qu'ils puissent rejoindre leurs postes, expressément attachés au CERGA, dans le délai qui aura été fixé, compris entre 2 et 5 ans.

V - Caractères généraux de l'activité du CERGA

Quel que soit le niveau d'équipement atteint par le CERGA lorsqu'il entrera réellement en fonction, il nous apparaît comme essentiel que les conditions suivantes soient alors réalisées.

1 - Autonomie du point de vue des principaux programmes d'observation.

Le CERGA ne doit pas être un observatoire de mission (type Haute Provence) mais ses équipes doivent effectuer l'essentiel des programmes d'observation qui sont obligatoirement à long terme. Certes, on admettra volontiers que des astronomes viennent y réaliser un programme particulier à court terme, que des missions françaises ou étrangères viennent y faire des observations à l'occasion de campagnes géodésiques ou pour résoudre un problème astronomique particulier. Mais les instruments du CERGA devront être tous servis par des équipes d'observateurs permanents du CERGA.

2 - Autonomie technique. Les instruments prévus mettront en oeuvre un certain nombre de techniques variées (électronique, radio, optique, mécanique, programmation). Il est nécessaire que des techniciens ou ingénieurs de haut niveau fassent partie du CERGA, sur place, pour assurer l'entretien, le fonctionnement technique et l'amélioration progressive des instruments. Ceci entraîne aussi l'existence de locaux techniques avec l'outillage nécessaire et les ouvriers correspondants (ateliers d'électronique, de mécanique, petit bureau d'études).

3 - Autonomie scientifique. Ce point nous paraît capital. Le travail d'observation, non accompagné d'une évaluation des résultats et de leur traitement scientifique par la même équipe ou par des collègues travaillant en liaison étroite, court le risque de se scléroser rapidement. Des équipes d'observateurs non soutenues directement par les utilisateurs des observations sont vouées - les exemples sont nombreux - à se désintéresser de leur travail et à ne pas faire tous les efforts

souhaitables pour améliorer ces observations. En conséquence, il est indispensable que des équipes de théoriciens, d'utilisateurs de ces observations, soient sur place, constituant l'encadrement scientifique des observateurs et des techniciens.

Il nous semble que l'idéal serait que tous travaillent dans les mêmes locaux. Ce n'est pas impossible, et de nombreux observatoires travaillent ainsi, loin d'un centre universitaire (Ensemble Pic-du-Midi-Bagnères, Observatoire de Lick, Mont Wilson, Burakan). La proximité d'un centre universitaire (ici Nice) est aussi désirable, mais elle n'a pas besoin d'être immédiate. La collaboration entre observateurs, techniciens et théoriciens doit être directe, pouvoir agir à chaque instant pour éviter les clans et les incompréhensions. L'apport universitaire est, en revanche, épisodique (cours, séminaires, ou conférences) et s'accommode d'une plus grande distance représentant par exemple une heure de voiture.

Une étude sur place devra montrer s'il est vraiment raisonnable de tout mettre sur le plateau de Calern. Sinon, pour qu'il ne se forme pas d'incompréhension entre les deux bases, le choix de la base scientifique devrait se faire à moins d'un quart d'heure en voiture (moins qu'entre l'Observatoire de Paris et celui de Meudon).

Les exigences d'autonomie qui précèdent, et qui sont strictes, sont formulées sans considération de la structure administrative, qui reste à définir, et sans préjudice des liaisons qui devront être établies pour que le CERGA remplisse pleinement sa mission :

1 - Liaisons avec les organismes (CNES, IGN, SAO, etc...) concernés par les programmes établis en commun avec le CERGA, comme il apparaît dans les développements qui ont précédé, (rappel pour mémoire).

2 - Liaison avec l'Observatoire de Nice : d'une part sous la forme d'une aide qui sera mutuelle dans l'avenir, et qui, initialement, prendra la forme d'un accès du CERGA aux moyens généraux de l'Observatoire, notamment à son centre de calcul ; d'autre part, relativement au département d'astrométrie de Nice, par une association scientifique et technique.

3 - Liaisons avec l'Université de Nice. Le domaine scientifique couvert par le CERGA est trop large pour qu'il puisse faire l'objet d'un enseignement local complet. Mais certains de ses thèmes ne peuvent manquer d'être retenus par l'Université, qui trouvera au CERGA leur illustration par les recherches et les techniques les plus avancées.

4 - Liaisons avec les observatoires français. Personne ne peut prétendre à l'exclusivité dans aucune branche de la recherche. Il est clair cependant que, du moins pour ce qui concerne les déterminations de la position des astres et l'exploitation pratique et théorique de ces déterminations, seul le CERGA se verra attribuer les moyens d'équipement.

En revanche, il incombe au CERGA de coopérer avec les centres locaux pour ce qui est de leur domaine propre, notamment en fournissant des applications importantes à leurs thèmes d'activité, en faisant appel à eux dans le cadre de ses recherches, en favorisant leur activité d'enseignement par les débouchés que les chercheurs trouveront chez lui. A titre d'exemple, citons le cas du Centre de données stellaires de Strasbourg : le CERGA apportera le concours de son potentiel expérimental pour l'exécution des programmes dont l'intérêt aura été dégagé par le Centre de Strasbourg.

5 - Liaisons avec les observatoires étrangers. Il apparaît déjà que certains observatoires et instituts de recherche étrangers sont intéressés par l'ambiance scientifique qui doit s'établir au CERGA ou par les possibilités que son site offre aux observations. Les conditions d'accueil devront être les plus larges possibles.

ANNEXE I

GEODYNAMIQUE ⁽¹⁾

1 - Définitions.

La meilleure définition peut être empruntée au rapport final du meeting réuni (à Williamstown) sur l'initiative de la NASA en Août 1969, pour faire le point sur la question : "The terrestrial environment- Solid Earth and Ocean Physics - Application of Space and Astronomic Techniques". Le titre est déjà significatif ; plus précisément il s'agit d'étudier les aspects de la géophysique qui dépendent de mesures précises de position, de vitesse et d'accélération, sur des objets extérieurs à la Terre.

Ce champ de recherches concerne essentiellement la physique de la Terre, considérée en tant que solide, et les parties de l'océanographie liées aux grands mouvements et à la forme des masses océaniques.

Le programme correspondant est englobé, à la NASA, sous l'appellation "Earth Physics". La traduction littérale pouvant prêter à confusion, nous préférons utiliser le terme "Géodynamique" emprunté par le Professeur Melchior à Love et qui concerne le système Terre-Lune dans son ensemble.

2 - Aspect pluri-disciplinaire. Originalité propre.

Il est bien évident que, pris à la lettre, l'objet est vaste, qu'il fait appel à plusieurs branches de la science : mécanique céleste, astronomie, géophysique interne, géodésie et gravimétrie, et que de nombreux laboratoires ou équipes de recherche existent dans tous ces domaines.

L'originalité propre de la recherche que nous proposons est de traduire, en termes de métrologie spatiale, les besoins dans ces différentes disciplines, de faire développer les moyens techniques nécessaires, de

recueillir les données correspondantes, d'en faire une analyse préliminaire en association étroite avec les équipes de recherche existantes, de participer à la synthèse des diverses données recueillies en utilisant des moyens de calcul modernes et en développant des méthodes d'analyse numérique appropriées.

3 - Objectifs.

Les termes à courte période concernent notamment : précession, nutation, mouvements du pôle, rotation de la Terre, marées terrestres, variations temporelles du potentiel terrestre ;

Pour les termes à longue période, on peut citer :

- mouvements relatifs des plaques tectoniques
- étude des causes de ces mouvements
- rhéologie du manteau
- détermination fine du champ de gravité et implications sur la constitution interne de la Terre
- mouvement des calottes glaciaires
- collecte de données géophysiques.

Les interactions avec d'autres disciplines dans le domaine des applications sont évidentes et nombreuses.

Citons :

- cartographie et géodésie terrestre
- météorologie
- ressources terrestres
- calcul des trajectoires
- et surtout, navigation.

4 - Moyens techniques.

Plusieurs projets et différentes techniques doivent être développés pour atteindre tous ces objectifs. Plusieurs aspects doivent être étudiés en même temps :

- équipement au sol
- équipement embarqué
- cadence et précision d'observation
- dépouillement des données
- aspect temps réel
- modèles nouveaux
- effort de théorie

4 - 1. Laser.

Une place très importante doit être faite à cette technique, qui est arrivée à maturité ; la preuve en est que 15 ou 16 stations vont participer à l'expérience ISAGEX, et que plusieurs pays - en Europe de l'Ouest notamment - sont en train de faire l'acquisition d'une station.

Dans l'état actuel des choses, les stations ont un bruit compris entre 0.5 et 1.5 m et une erreur systématique comprise entre 0.5 et 1 mètre, encore qu'il soit très difficile de prouver que cette précision est effectivement atteinte.

Le tir de jour programmé sur éphémérides précises se généralise.

Dans les 3 à 5 ans à venir, des stations dites de 2ème génération permettront d'obtenir des précisions de 20 cm sur les satellites à défilement, puis jusqu'aux satellites stationnaires.

4 - 2. VLBI longue base interférométrie.

Cette technique consiste à mesurer les différences de phase entre signaux reçus de la même source et enregistrés en deux stations très éloignées. A la différence des interféromètres classiques où les phases reçues sont directement comparées, on enregistre dans chaque station les signaux reçus dans l'échelle de temps de la station, échelle obtenue à l'aide d'horloges très précises

4 - 3. Altimétrie.

Le niveau moyen des mers, surface équipotentielle, est très proche du géoïde. Les écarts entre les deux sont d'un intérêt primordial pour l'océanographie. Une détermination très fine du géoïde, sur 60 % de sa surface, revêt évidemment une très grande importance.

La détermination très fine du niveau moyen des mers peut se faire à l'aide de mesures effectuées par un altimètre embarqué avec réflexion sur la surface de la mer. La précision escomptée est de 5 mètres pour les premiers modèles, de 20 cm plus tard.

(1) Le fascicule CERGA n°2 est consacré à la géodynamique ; la présente annexe n'a pour but que de donner une idée du sujet.

ANNEXE II

LA STATION DU PLATEAU DE CALERN (1)

1 - Choix de la station.

La prospection astrométrique, menée depuis 1965, a permis d'étudier la qualité astrométrique en différents points du territoire français, choisis dans des régions de nébulosité relativement faible. Elle a été effectuée à l'aide de deux astrolabes Danjon.

Les observations astrométriques sont troublées par les différentes fluctuations de la position des images ; la plus nuisible, la fluctuation à longue période, ne dépend pas de l'ouverture de l'instrument. La précision des séries d'observation à l'astrolabe est directement affectée par ces phénomènes, dont elle constitue un test sensible. Associée au nombre des nuits utilisables, cette précision conduit à définir le "rendement" du site : la valeur numérique de ce rendement n'est valable que pour l'astrolabe, mais elle permet d'établir un classement relatif de la valeur astrométrique des sites, classement qui a une validité générale.

Les résultats obtenus dans les stations de Cerdagne, de la région de Montpellier, de Vendée, des Hautes-Alpes, de Nice, des Préalpes de Grasse (plateau de Calern), ainsi que dans les stations fixes de Paris, Saint-Michel et Besançon, ont fait l'objet d'une analyse détaillée à laquelle nous renvoyons (F. LACLARE, Contributions à la recherche d'un site d'observatoire astrométrique : I - Bilan météorologique, 1-134 ; II - Observations astronomiques, 1-67 ; imprimé à l'Observatoire de Paris, décembre 1969). La conclusion de cette analyse est en faveur de la station du Calern, et d'une façon assez nette pour qu'une décision à son profit ait pu être prise sans plus attendre.

(1) Document établi avec le concours de M. Francis Laclare, chef de mission de la station.

L'emplacement de cette station, la dernière en date des stations expérimentales, a été défini en 1968 sur la base de l'expérience déjà acquise, conduisant notamment à conjuguer faible nébulosité et climat maritime, et à se tenir à distance des courants de vents violents. Le plateau de Calern constitue, sur le littoral méditerranéen, la plus orientale (donc la moins affectée par les séquelles de mistral) des zones ayant à la fois un relief modéré et un éloignement suffisant des centres habités.

2 - Situation géographique (voir figures 1 et 2).

Le "Plateau de Calern" a une altitude moyenne de 1200 m ; il est orienté E-W sur environ 6 km et N-S sur 2 km. Il se présente comme un plan à une inclinaison faible vers le nord, les sommets se situant en bordure de la commune de Caussols (sommet : Signal de Calern, 1456 m).

Ceinturé au nord et à l'est par la vallée et les gorges du Loup, à l'ouest par les gorges de Canaux et au sud par la plaine de Caussols, le plateau de Calern se trouve dégagé du relief alpin : la chaîne du Cheiron (altitude moyenne 1800 m) au NE, et la chaîne de Thorenc (altitude moyenne 1600 m) au NW, se trouvent respectivement à environ 8 km et 10 km. Dans le sud, le littoral (Cannes et vers Fréjus) est masqué par la crête du Haut-Montet (1300 m), à 6 km ; le relief présente une échancrure dans le SE, vers Gourdon.

Les terrains du plateau de Calern appartiennent essentiellement à la commune de Cipières, petite localité située dans le NW, d'accès difficile en hiver par les gorges du Loup.

L'accès de la piste que nous avons tracée depuis la commune de Caussols est actuellement praticable par des véhicules en bon état et peut être amélioré.

En venant de Grasse, Caussols est accessible soit par Gourdon,

Pour vos excursions
utilisez le guide Michelin "CÔTE D'AZUR"

8

Voir pli 19

9

Voir pli

de Nice à St. Mer
à Digne

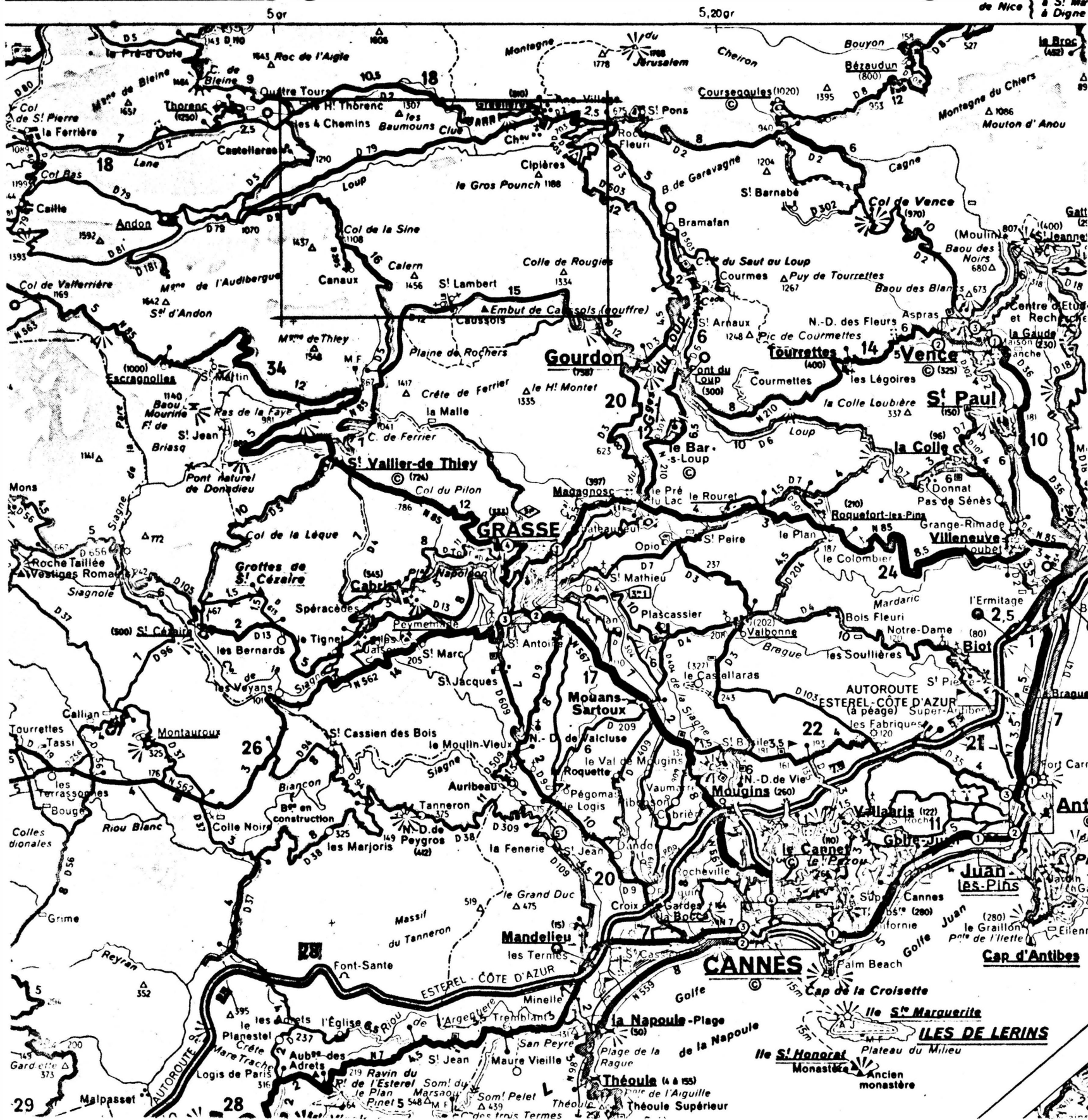


Fig. 1. Extrait de la carte Michelin n° 84 au 1/200 000. La zone encadrée est reproduite fig. 2.



Fig. 2. Extrait de la carte IGN "Roquesteron" au 1/50 000. L'emplacement de la station expérimentale est encadré.

soit par Saint-Vallier. Les services des Ponts et Chaussées déneigent les routes qui desservent la plaine de Caussols.

Distance de Caussols à la mer	environ 25 km
à Nice	60 km
à Grasse	24 km
à Saint-Vallier	11 km

Les terrains, constitués de calcaire en plaquettes ou de marnes calcaires, recouverts d'une végétation maigre, servent de pâturages à moutons. Une enquête auprès des géologues est en cours, notamment en ce qui concerne la stabilité des sols : des phénomènes de dissolution des gypses ne sont pas exclus.

Il ressort d'un entretien avec le Commandant Grinda, chef du service de séismologie du Musée océanographique de Monaco, que les Préalpes de Grasse n'ont jamais été le siège d'un foyer sismique. Les séismes méditerranéens se répercutent sur la Côte d'Azur d'une façon atténuée : parmi les récents, le plus important, en 1963, avait à Nice et Menton une intensité de l'ordre de 6,5 (dans l'échelle Mercalli, qui va de 1 à 12). Les tempêtes en Méditerranée entraînent des vibrations du sol de courte période (ordre de la seconde) et d'amplitude généralement très faible (ordre du micron, mais exceptionnellement du millimètre).

3 - Conditions locales.

a - Cadastre.

Le plateau de Calern se situe presque entièrement sur le territoire de la commune de Cipières ; seule la zone SW des hauts de Calern appartient à la commune de Caussols.

Les relevés des matrices cadastrales révèlent un grand morcellement des terrains, qui ne sont généralement pas communaux. A titre indicatif, pour la région SE où la station expérimentale est installée, on

trouve 77 parcelles, détenues par une vingtaine de propriétaires, pour une zone ayant sensiblement une largeur EW de 2 km et une profondeur NS de 1 km, soit environ 200 hectares.

b - Servitudes existantes.

En ce qui concerne d'éventuels projets d'implantation dans la région qui nous intéresse, il n'existe à l'heure actuelle aucune option officielle, ni de la part de particuliers, ni de la part d'administrations (notamment de l'Aviation civile).

Quelques espaces sont soumis au régime forestier (Ministère de l'agriculture; Administration des eaux et forêts). Ces zones, très limitées en superficie, sont situées dans l'est du plateau, vers la vallée du Loup et dans le NW du plateau. Elles ne concernent pas la région que nous envisageons.

A environ 5 km dans le nord de la limite communale Caussols-Cipières il existe un transport d'énergie électrique à T. H. T. (200 000 V) orienté EW. En projet, une ligne de transport (60 000 V) est tracée entre la Haute-Combe et la Crous pour relier Nice-Lingostière au département du Var.

Les communes de Caussols et Cipières ne sont pas tenues d'avoir un plan d'urbanisme directeur.

c - Création de servitudes.

Il serait bon d'obtenir le plus tôt possible une déclaration d'utilité publique pour notre projet. Bien que l'acquisition des terrains puisse très vraisemblablement se faire à l'amiable, cette déclaration, qui affirme l'intérêt public, facilite les opérations.

Sur les terrains adjacents, il y a lieu de faire imposer les servitudes convenables à notre activité ; les mesures que nous demanderons ne sont d'ailleurs pas de nature à gêner les propriétaires existants, pour lesquels elles constitueront plutôt une garantie de conservation du site.

A la Direction départementale de l'équipement, le chef du service "Groupe d'études et de programmation", M. Imbert, a déjà noté l'éventualité de notre projet. Il convient de le tenir au courant de tous les détails de son évolution.

4 - Quelques éléments du fonctionnement.

Le problème de l'alimentation en eau est à l'étude.

Les liaisons électriques ont fait l'objet d'un premier devis, se montant à 35 000 F pour la fourniture d'une puissance de 100 kw par une ligne de moyenne tension. Mais il paraît préférable de procéder directement à l'installation définitive, par une ligne à haute tension et un transformateur en cabine ; le devis est en cours d'obtention.

La liaison avec l'ordinateur de Nice par un système de transmission off-line pourrait se faire par un appareillage comprenant un Data Recorder à chaque extrémité, et deux Modems ; le prix total HT de la location mensuelle, y compris la ligne téléphonique, serait de 6 500 F.

5 - La station expérimentale.

Au 1er janvier 1971, le personnel de la station comprend : M. F. Laclare, ingénieur, chef de mission ; M. G. Vigouroux, technicien supérieur, adjoint au chef de mission ; M.M. C. Attard et G. Guallino, techniciens.

Les bureaux sont situés à Saint-Vallier-de-Thiery (Alpes Maritimes), place de l'Eglise (tél. : 15.93.36.70.57), dans un appartement loué sur le compte d'une "action spécifique" INAG.

La station dispose d'une Land-Rover, d'une fourgonnette 3 CV (et d'une 2 CV pratiquement hors service). Un petit tracteur Lamborghini, avec remorque, permet d'effectuer les transports de petit matériel pendant les périodes d'enneigement.

Un astrolabe Danjon et une lunette polaire sont en service sur le plateau. La station horaire est maintenant dotée d'une horloge à quartz et d'une baie Secasi ; elle est abritée dans une caravane.

Une autre caravane sert de logement pour les observateurs. L'énergie est fournie par deux groupes électrogènes (2 KVA et 6 KVA) placés dans un abri et alimentés à partir d'une cuve à mazout de 3 000 l. Le local de la station horaire est chauffé en permanence grâce à une installation de propane qui sert également à l'éclairage de secours. Parmi les autres équipements de la station, citons une station météo de moyenne importance.

Sauf la lunette polaire et le tracteur, qui appartiennent au CNRS, matériel et véhicules sont fournis par l'Observatoire de Paris.

Les observations à l'astrolabe sont l'objet d'un programme permanent depuis le mois d'octobre ; la lunette polaire est opérationnelle depuis décembre.

