Rapport du Groupe de Travail sur la Protection des Observatoires astronomiques et Géophysiques

Institut de France
Académie des Sciences

Comité des Études et Rapports

(CODER)

Grasse, le 18 novembre 1984

Table des Matières.

Première partie :
Introduction.

Deuxième partie : Rapport de Synthèse.
Introduction.
Études des principales nuisances.
Actions déjà menées.
Aspects Juridiques.
Recommandations.

Troisième partie : Étude Technique.

Lumière parasite
Sources de chaleur.
Perturbations radio-électriques.
Perturbations magnétiques.
Vibrations.
Nuisances chimiques.
Stations automatiques de géophysiques.
Nuisances introduites par les satellites.

Quatrième Partie :
Actions déjà menées et situation actuelle

Introduction.
Actions menées en France.
Actions menées à l'étranger.

Cinquième Partie : Aspects Juridiques.
Définition des moyens juridiques nécessaires.
Recensement de la réglementation existante.

4) – Seuils de brouillage des observations radioastronomiques.

5) – Protection des observatoires radioastronomie

6) – Évolution de la Pollution lumineuse à l'observatoire de Haute Provence.

7) – Projet de loi instituant des servitudes dans l'intérêt de l'observatoire de Haute Provence.

8) – Arrêté préfectoral du 10 novembre 19 81 concernant les carrières de Gourdon.

9) – Arrêté municipal de la Ville de Tucson du 5 juin 1972.

10) – Exemple de projet de loi relative à la création d'une servitude de droit public des installations scientifiques.

11) – Exemple de projet de loi relative à la création d'une servitude de droit public aux profit des stations automatiques en géophysique.

12) – Liste des documents déposés à l'Académie des Sciences.

Première Partie

INTRODUCTION

C'est un lieu commun que d'affirmer que la science moderne progresse parce qu'elle dispose d'instruments de plus en plus précis et sensible.

Qu'il s'agisse des Sciences Expérimentales ou des Sciences d'observations, le chercheurs s'efforce de recueillir des signaux de plus en plus faibles ou de reconnaître des évènements de plus rares qui sont souvent à la limite de la détectabilité.

Qu'il s'agisse de télescopes, de microscopes électroniques d'accélérateurs de particules, de magnétomètres ou de sismographes, de spectrographes de diverses natures, de microbalances, ect, tous ces appareils ont en commun une très grande sensibilité au phénomène étudié, ce qui implique aussi qu'ils sont très sensibles à leur environnement.

Ainsi ils sont facilement perturbés par des vibrations, le rayonnement radioélectriques, la lumière extérieure, le champ magnétique, ect.

Malgré les précautions prises, il est souvent impossible de les mettre à l'abris de ces nuisances.

Même si on les installe en un lieu où les perturbations sont faibles, il faut encore que le site ne soit pas progressivement pollué par de nouvelles installations industrielles, urbaines ou parfois agricoles qui y serraient implantées.

Or, alors qu'il y a en France, de nombreux décrets ou lois établissant des servitudes administratives grèvant les propriétés voisines d'un domaine public ou des

Mais il est apparu que l'Astronomie et la Géophysique, sciences d'observation très sensibles aux perturbations de l'environnement, permettaient d'illustrer dans toute leur variété les actions d'un grand nombre de nuisances de types divers tout en limitant l'extension de l'étude.

On constate d'ailleurs que les conclusions auxquelles on a abouti s'appliquent aisément aux appareils de laboratoires, si bien que les proposition de l'Académie pourraient servir de base à une législation assurant la protection de tout type d'installation ou de site d'intérêt scientifique sensible à l'environnement.

Le rapport a été établi par un groupe de travail animé par M. J. Kovalevski correspondant de l'Académie et comprenant M. Ch. Fehrenbach, membre de l'Académie, MM. Durand-Delga, P. Encrenaz et J. L. Lemouel correspondants de l'Académie, assisté de MM. F. Barlier et M. Bouquerel.

Une commission élargit comprenait, en outre MM. Blum, Boischot, Cayrel, Cornet, Gay, Mégie, Parise, Poumeyrol, Rösch, Rossignol, Rosolen, Rozelot, Sakuma, Scheinder, Thué, valdier et Waldteufel.

De plus, les organismes suivants ont envoyé des documents ou informations : Comité Consultatif International (U.A.I), California Institute of Technology, Lowel Observatory, Comité de Coordinations des Télécommunications, Institut Géographique National (I.G.N), Centre de Recherches Géodynamiques et Astronomique à Grasse (CERGA), Observatoires de Bordeaux, Besançon, Haute Provence, Nice et Paris.

Enfin, il faudrait y ajouter les consultations que les personnes désignées ci-dessus ont pu avoir dans la préparations de leurs rapports.

Le résultat de l'étude menée par le groupe de travail est décrit dans le présent rapport et comprend en plus quelques recommandations.

Le rapport est présenté en quatre parties :

- Le rapport de synthèse qui résume l'ensemble des études et des conclusions et présente les recommandations du groupe de travail.
- L'étude technique proprement dite dans laquelle on examine successivement les

Deuxième Partie

Rapport de Synthèse

1) – Introduction :

L'astronomie et la Géophysiques sont des sciences essentiellement basées sur l'observation des phénomènes naturels. Ces observations sont parfois faites *in situ;* c'est le cas dans l'étude de l'environnement terrestre ou certaines formations d'intérêt géophysique comme les volcans. Mais plus fréquemment et toujours en astronomie c'est observations se font à distance. Ceci a entraîné la création d'observatoires fixes équipé de matèreils très sensibles, en des lieux généralement choisis là ou les perturbations dues à l'environnement étaient relativement négligentes et ne nuisaient pas à la qualité de la recherche.
Les trois dernières parties ont été rédigées de manière à ne pas surcharger le texte de formules ou de détails techniques ou administratifs.
Cependant, lorsqu'on a estimé que des informations détaillées supplémentaires sont utiles soit pour éclairer le texte, soit pour présenter des exemples, elles ont été placées a la fin du rapport sous forme d'annexes.

Les Rédacteurs

J. Kovalevski et F. Barlier

Avec le temps on assiste a deux évolutions contradictoires dont l'effet est de dégrader les conditions de travail dans ces observatoires. D'une part, l'urbanisation croissante et l'augmentation des sources polluantes industrielles ou domestiques de tous types ont détérioré la qualité des sites, et par voie de conséquences, celles des mesures effectuées. Pour donner un ordre de grandeur, aux États Unies, l'énergie électrique utilisée pour l'éclairage public a été multipliée par plus de 100 ces 30 dernières années. D'autre part, les instruments se sont considérablement améliorés, devenant a la fois plus précis et plus sensibles. Ce qui implique qu'ils sont plus sensibles aux diverses nuisances.

Ce problème n'est pas récent, depuis plusieurs décennies, les observatoires existants se sont trouvés progressivement entourés d'une zone urbaine en extension et ont dû se résoudre de changer de lieu ou encore de créer des instituts spécialisés ou des observatoires dans des zones peu peuplées. Ces dans cette optique que l'ont doit replacer le transfert de l'Observatoire magnétique National à Chambon-la-Forêt, la création de l'Observatoire Radio-Astronomie à Nançais, ou, enfin, le développement de l'Observatoire du Pic du Midi. Plus récemment la création du Centre d'Étude et de Recherches Géodynamiques et Astronomiques au dessus de Grasse, la décision de placer le télescope de 3,60 à Hawaï et enfin l'installation d'un observatoire de radio-astronomie millimétrique sur le plateau de Bure prés de Gap participent au même effort pour fuir les nuisances et établir les observatoires dans les meilleurs sites.

Cependant, le transfert des instruments devient de plus en plus difficile. Les sites sur lesquels se sont établis les trois derniers établissements ont été choisis chacun après plusieurs années de recherche effectuées avec des moyens moderne. Ont peut donc affirmer que ce sont les sites les meilleurs qui existent, tout au moins en ce qui concerne la France. On ne pourra plus, dans l'avenir, trouver mieux et toute dégradation des conditions d'observation sera définitive.

Il serait vain de chercher dans l'espace la solution de ces difficultés. Certes les satellites astronomiques et géophysiques ont permis de faire des progrès considérables dans les sciences de la Terre et de l'Univers et cette contribution aux progrès de ces sciences va continuer à s'amplifier. Cependant un satellite est extrêmement coûteux et un programme spatial n'est décidé que si le travail envisagé ne peut pas être effectué depuis des observatoires terrestres. C'est pourquoi partout dans le monde, et pas seulement en France, un effort considérable est mené pour développer parallèlement l'instrumentation au sol.

Les menaces contre les conditions d'observations dans les observatoires sont nombreuses et l'Académie des Sciences a déjà saisie plusieurs fois de problèmes de protection de certains sites. Les vœux qu'elle a émis ont aidé à limiter les nuisances et les dangers sans toutefois les éliminer complètement. Mais cela s'est toujours réalisé après de longues et difficiles démarches auprès des autorités locales ou nationales. Il y a d'ailleurs aucune garantie dans l'avenir, car malheureusement, il existe en France aucune législation permettant d'assurer la protections des sites et des instruments contre la plupart des nuisances (à l'exception des recommandations du Comité Consultatif International de Radioélectricité lorsqu'elles sont suivies d'une réglementation sur le plan national, et de la loi sur les repères géodésiques).

L'objet de la présente étude est d'analyser les différents types de nuisances, d'en donner les valeurs maximales admissibles de façon à poser les bases scientifiques d'une législation qui assureraient la protections des sites scientifiques concernés.

Ils ne faudrait d'ailleurs pas se limiter strictement à la France et aux observatoires astronomiques et géophysiques. Ainsi, par exemple, certains accélérateurs de particules ou bien les microscopes électroniques sont tous aussi sensibles que les télescopes aux vibrations. Par ailleurs le problème, de la disparition des bons sites d'observations est le même dans bien des pays, notamment en Europe Occidentale

Ils seraient souhaitable que les mesures préconisées soient prises d'une façon concertée dans l'ensemble des pays voisins.

Une des difficultés que rencontrera le législateur éventuel est la diversité des causes de perturbations d'un instrument. Un télescope sera sensible à l'effet de la lumière parasite et à l'agitation atmosphérique d'une source de chaleur voisine, alors qu'un magnétomètre redoutera les champs magnétiques artificiels. L'encombrement du spectre de fréquences radio sera fatal à un radio-télescope, mais gênera aussi la réception des émissions de stations automatiques en géophysique.

Nombreux seront les instruments qui devront être protégés des vibrations sismiques d'origine industrielle, tandis que les particules en suspension dans l'air et les gaz d'origine industrielles ou domestiques fausseront les résultats d'observations aéronomiques aussi bien qu'astronomiques

Nous allons dans ce qui suit, pour chaque type de nuisance, en recencer les causes, en évaluer l'effet de façon à dégager les limites tolérables et voir qu'elles actions seraient susceptibles de les ramener à un niveau raisonnable. On verra que certains caractères communs apparaissent, caractère qui permettront de définir des moyens d'action réglementaires relativement généraux.

II – Études des Principales Nuisances :

II.I - La lumière directe et diffusée :

La lumière parasite pénétrant dans un instrument d'optique tel qu'un télescope ou un instrument étudiant la lumière produite dans la haute atmosphère perturbe l'observation, soit en diminuant le contraste des images des objets faibles, soit en augmentant de façon sélective l'intensité dans les fréquences qu'on désire étudier.

La lumière directe agit, soit en éblouissant l'observateur, soit en pénétrant dans l' instrument où par réflexions ou par diffusions successives, elle peut atteindre les détecteurs.

Pour un télescope normalement protégé, on estime que les sources ponctuelles lumineuses ne doivent pas dépasser une luminosité apparente supérieure à celle d'une lampe incandescence de 150 – 200 Watts ou d'un tube de 30 – 40 Watts situé à 1 Km.

Par ailleurs, le flux totale de la lumière directe entrant dans la coupole ne devrais pas dépasser le dixième du flux émis par le fond du ciel nocturne sans Lune.
Cela signifie que plus de 90% de la lumière produite normalement par une agglomération doit être masquée pour l'observatoire. Pour les sources proches, inférieur à 1 Km, la condition et plus sévère.

Par ailleurs, les particules en suspension dans l'atmosphère diffusent de la lumière produite sur la surface de la Terre, ce qui a pour effet d'augmenter la clarté du fond de ciel et de diminuer ainsi la détectabilité les objets faibles par les télescopes.

Certaines activités humaines peuvent augmenter considérablement le taux de poussières et de gouttelettes d'eau d'origine naturelle : fumées d'usine, traînées laissées par les avions, arrosages systématiques, résidus de combustion, ect.

Ce problème a fait de nombreuses études et en particulier, d'une publication conjointe de l'Union Astronomique Internationale (I.U.A) et de la Commission Internationale de l'Éclairage
(*Guidelines for minimizing urban sky glow near astronomical observatories. Publ. IUA –CIE 1980*).

Pour définir les normes souhaitables, l'U.A.I a posé comme principe que l'accroissement de la luminosité du ciel à une hauteur de 45°, dû a la lumière diffusée par un ciel sans nuage, ne doit pas dépasser 10% du niveau naturel le plus bas dans tout un domaine spectral recouvrant celui de la lumière visible (entre 300 et 1000 nanomètres).

Il faudra tendre vers ces conditions par les moyens suivants visant à limiter l'éclairage :

- une réglementation concernant l'éclairage public,
- le choix et le filtrage des sources de lumière,
- la mise en place d'écrans et abats-jour, de manière à éviter, l'éclairement par ailleurs inutile, dirigé vers le ciel.

La distribution spectrale de la lumière est aussi importante. Les lampes à incandescence auront tendance à modifier le fond continu du spectre d'un objet céleste d'une façon impossible à corriger, car ont ne connaît pas la répartition spectrale de l'intensité lumineuse des lampes.
Cela signifie que plus de 90% de la lumière produite normalement par une agglomération
doit être masquée pour l'observatoire. Pour les sources proches, inférieur à 1 Km, la condition et plus sévère.
Les lampes à spectre de raies perturbent les spectres célestes dans des petites régions correspondant à l'émission de ces lampes qui peuvent être connues *a priori* . Encore faut – il que c'est spectres ne soient pas trop complexes. C'est pourquoi les lampes à vapeur de mercure, et surtout, de sodium à basse pression sont – elles les moins nocives. Malheureusement elles tend à disparaître du commerce au profit des lampes haute pression.

Celles – ci ont des spectres beaucoup plus riches en raies,et par conséquent, produisent des effets beaucoup plus difficile à corriger. Elles devraient être interdite aux voisinage des observatoires.

II.2 – Sources de Chaleur :

La qualité des images astronomiques dépend de la stabilité des couches atmosphériques traversées par les rayons lumineux. Les mouvements de l'air au voisinage du sol produisent les perturbations les plus fortes. Ils sont essentiellement d'origine dynamique (vents) ou thermique. Ce sont les instabilité thermiques provoquées par les sources artificielles de chaleur qui sont à l'origine de l'essentiel de la turbulence due à l'activité humaine.

Les bons sites astronomiques sont généralement situés à une altitude telle par rapport au relief environnant, qu'il sont, la nuit, au dessus de la couche d'inversion. Cette couche, au dessus de laquelle l'air est stable, constitue la limite supérieure atteinte par la turbulence due aux différences de température au sol et l'émission thermique qui s'ensuit, si bien que l'air est bien moins agité au dessus. Les effets thermiques dangereux sont donc ceux qui en réchauffant localement l'air, font remonter cette couche limite au dessus de l'observatoire.

En général, une augmentation régulière du flux thermique bien répartie sur une grande surface du sol n'est-elle pas dangereuse. Ce n'est pas le cas d'une source de chaleur de faible surface qui produit une colonne turbulente d'air ascendant qui fait remonter et se déformer un panache turbulent au niveau de l'observatoire ou encore qui crée une zone de turbulente qui se déplacera entraînée par le vent.

Dans les deux cas il y a une forte détérioration des images dont l'importance ne peut être évaluée que dans chaque cas particulier et ont ne peut pas donner de règle général.

II.3 – Perturbations électriques :

La réception des émissions radioélectriques d'origine céleste est gravement compromise par l'encombrement du spectre des fréquences par les utilisateurs les plus divers.

Depuis 10 ans, on peu estimer à un facteur 100 l'augmentation de l'encombrement des fréquences radio et à un facteur 10 celle de la puissance des émetteurs perturbateurs. Pendant ce temps-là, la sensibilité des radiotélescopes a aussi été multiplié par 10, rendant de plus en plus aigu le problème de la protection de ces sites. Ainsi, on estime que la station de radioastronomie de Nançay perd actuellement 20% de temps d'observation, période pendant laquelle les interférences électromagnétiques atteigne un niveau inacceptable (généralement le jour).

En plus des causes naturelles de telles interférences (émission solaire, et activité ionosphérique par exemple), les principales causes de brouillage sont les divers émetteurs de radio et télévision, les équipements de télécommunications, les radars, les diverses installations à haute tension, les oscillateurs en tous genre, ainsi que de nombreuses installations électriques industrielles ou d'usage courant. Cette grande diversité des causes entraîne une grande difficulté pour trouver l'origine des perturbations constatées.

Les aspects techniques du brouillage en radioastronomie ont été beaucoup étudiés et le Comité Consultatif International des Radiocommunications (C.C.I.R) a publié un grand nombre de rapports à ce sujet. ON a ainsi des évaluations précises des seuils de brouillage pour des observations dans le spectre continu, comme dans les principales raies étudiées en radioastronomie, ce qui conduit à définir la puissance maximale admissible d'un émetteur ç diverses fréquences en fonction de sa distance.

Certaines bandes de fréquences sont affectées par l'Union International des Télécommunications, à divers « services », notamment aux observatoires radioastronomie, soit à titre primaire exclusif, soit à titre non exclusif, ce qui pose des problèmes lorsque les divers pays interprètent de façon différente, le partage entre utilisateurs, soit enfin à titre secondaire, d'autres services allocataires ayant alors la priorité (le partage de temps étant possible). Mais même lorsque les règlements existent, il faut les faire appliquer et pour cela un des principaux problèmes techniques qui se posent et la recherche de l'origine du brouillage.

De ce fait, il faut en mettre en œuvre des analyseurs de fréquences à large bande ou des équipements analogues, ce qui en France, n'est encore qu'à l'état de projet. Après leurs détections, la suppression des brouillages ne pose pas en général de problème technique majeur.

II.4 – Perturbations magnétiques :

Les mesures absolues de champ magnétique terrestre se font aujourd'hui avec une précision maximale de l'ordre de un nanotesla sur toute les fréquences allant de quelques Hertz à zéro. Les sondages magnéto-tellurique, sont, eux très sensibles aux fréquences industrielles, notamment le 50 Hertz. Il faut que le bruit magnétique produit artificiellement soit au maximum de l'ordre de 0,2 nanotesla. C'est perturbations sont produites par diverses installations industrielles, par les lignes de transport de courant ou alternatif, ect.

Si on considère les sources décrit ci-dessus, il faut éviter toute circulation de véhicules à moteur à moins de 100 mètres, isoler les courant électriques des lignes de chemin de fer et s'éloigner des lignes de haute tension de plus d'une dizaine kilomètres.

II.5 –Vibrations :

De nombreux instruments d'astronomie et de géophysique, ainsi qu'ailleurs que certains instruments de haute précision situés dans les laboratoires de physiques, sont très sensibles aux vibrations transmises par le sol. Pour certains comme les sismographes, les gravimètres, et les pendules horizontaux pour l'étude des marées terrestres, c'est vibrations perturbent le signal recherché. Dans d'autres cas, elles altèrent les réglages instrumentaux en introduisant des mouvements plus ou moins désordonnés de certaines parties du montage expérimental.

Les causes de ces vibrations sont à rechercher dans les mouvements des véhicules (trains, camions), dans les vibrations des installations industrielles (concasseurs, alternateurs,marteaux-pilons, ect) et dans les explosions provoquées (carrières, travaux publics).

Les effets ressentis sur le site des instruments dépendent à la fois de l'amplitude des émissions, de leurs fréquences, des propriétés au sol dans lequel se propagent les ondes, et de la réponse de l'instrument.

Ainsi par exemple à 1,5 Km d'une usine de concassage, on a mesuré des mouvements dont l'amplitude était de l'ordre de quelques dixièmes de micromètres. Deux fois plus loin, l'amplitude était réduite à 0,003 µm. Notons que les bruits sismiques naturel a des amplitudes de 1 à 2 µm, il est vrai à des fréquences plus basses que les fréquences de type industriel. Des mouvements de quelques centièmes de micromètre à fréquence plus élevée peuvent , encore, dans certains cas, être nocifs. L'éloignement des sources de vibrations est la seule solution pour en combattre les effets.

II.6 – Nuisances chimiques :

En plus des observations et des sondages radioélectriques, dont les perturbations ont été décrites, les recherches météorologiques et atmosphériques utilisent à grande échelle la technique de prélèvement pour l'analyse de l'air et des particules en suspension recueillies. En règle générale, c'est mesures doivent êtres poursuivies pendant un laps de temps s'étendant sur nombreuses années et être caractéristiques d'une zone aussi grande que possible. C'est pourquoi il est indispensable que les conditions d'environnement soient aussi stables que possible. Ainsi les perturbations locales dans la composition de l'air feraient perdre toute signification à l'extension des résultats à plus grande échelle.

Parmi les nuisances les plus fréquentes figurent les poussières d'origine industrielle (sources locales) ou agricole (sources étendues), les polluants d'origine industrielle (CO_2, divers hydrocarbures, et composés nitrés) ou agricole (modification de l'humidité de l'air).

La limitation de la quantité de polluants est particulièrement difficile car elle est le produit de l'activité humaine sur un territoire de trés grande surface.

II.7 – Cas particulier des stations automatiques :

L'évolution de la géophysique moderne dans de nombreuses branches, telles que la sismologie, la vulganologie, l'étude de l'atmosphère, conduit à multiplier le nombre de stations automatiques.

Relier par télémesure à une station centrale, elles comprennent un certain nombre de capteurs et d'appareils de mesure. Ces derniers sont susceptibles d'être perturbés par une ou plusieurs nuisances décrites dans les sections précédentes, en fonction de la technique utilisée. Mais, en plus il y a trois dangers propres à ce type d'installation.

1) – Les stations n'étant généralement pas gardées, les déprédations des instruments sont à craindre.

2) – Les signaux émis par chaque station automatique vers le site central peuvent être brouillés

3) – L'environnement immédiat du site peut être modifier. Ce dernier danger est surtout grave pour les sites répétitions, notamment en gravimétrie ou en magnétisme, qui sont des lieux sur lesquels ont vient périodiquement refaire certaines mesures avec un appareil transportable. Si, entre deux mesures l'environnement à été modifiée (construction métalliques,déviation de route, ect,), les résultats ne sont plus comparables.

Pour tous ces cas, il y a un problème de surveillance et d'information de la population. Les mesures à prendre dépassent le seul cas des stations géophysiques, car des problèmes analogues – notamment en ce qui concerne le vandalisme – se posent par exemple pour les sites paléontologiques, minéralogiques ou archéologiques.

II.8 –Utilisation dangereuse de satellites :

III – Actions déjà menées :

III.I Actions menées en France :

Au cours des dernières années, le nombre de conflits opposant les établissements scientifiques à des entreprises industrielles, promoteurs et services publics dont les projets avaient pour conséquences de détériorer les conditions d'observations s'est fortement accru.

L'augmentation de l'urbanisation et de l'industrialisation du pays, jointe au fait que les observatoires n'ont plus guère la possibilité de trouver de nouveaux sites plus isolées, tout en s'équipant d'instruments de plus en plus sensibles, ont été les facteurs principaux de l'instauration de cet état de choses.

En absence de toute législation spécifique nationale, les directeurs des établissements menacés ont négocié avec les autorités locales (Maires, Préfets et services départementaux) pour obtenir des mesures diminuant la pollution ou tendant à empêcher la création de nouvelles nuisances. Parfois ils ont été conduits à demander l'aide d'organismes nationaux, et a plusieurs reprises, l'Académie des Sciences est intervenue. Des campagnes de presse ont été également lancées. Ces conflits ont généralement abouti à un *modus vivendi* plus ou moins satisfaisant et, malheureusement; précaire. Rarement en effet, la conclusion aura été un texte officiel tel un arrêté préfectoral ou municipal.

Citons quelques exemples :

- A l'Observatoire de Haute Provence, la réglementation de l'éclairage dans la commune de Saint-Michel l'observatoire est discutée avec les Maires sous l'égide du

III.I - Actions menées à l'Étranger :

Il n'y a, à notre connaissance, de législation a l'échelle nationale dans aucun pays du monde. En revanche, il y a de nombreux arrêtés municipaux qui assurent parfois de façon très stricte, la protections des observatoires avoisinants.

Aux États-Unies, en particulier, les principaux observatoires abritant des grands télescopes sont ainsi protégés. Ont peut citer les mesures prisent dés 1972 par la ville de Tuscon pour les Observatoires de Kitt Peak, et les sites du Mout Hopkins et du Mout Lemmon imposant pour masqués et de filtrer les sources de lumière, interdisant toute illumination ou toute publicité lumineuse non dirigé en dessous de l'horizontale entre minuit et le lever du soleil. Plus récemment des mesures encore plus sévères ont été prises à San José pour l'Observatoire Lick et à San Diego pour l'Observatoire du Mout Palomar et le site de Laguna Mountain. En particulier, les lampes à sodium à base pression ont été adoptées par ces municipalités et plusieurs autres dans l'État de Californie. D'autres mesures ont été prises à Flagstaff, Rickland ou dans les comités d'Hawaï ou de Jefferson David au Texas.

IV – Aspects Juridiques :

La solution aux problèmes posés par la protections des sites astronomiques et géophysiques en France réside dans la création des servitudes administratives qui crèveraient les propriétés publics et privés situaient à une certaine distance des installations afin d'assuraient la protection de ces dernières et de permettre leur utilisation conformément à leur destination.

Alors que les réglementations très contraignantes existent dans les domaines publics (routier, maritime, fluvial, ferroviaire, militaire, aéronautique et des télécommunications) aucune servitude des protections des activités scientifique n'existe actuellement. Le seul cas qui s'en rapprocherait et régi par la loi du 6 juillet 1943 qui a institué une servitude du droit public relative a l'exécution des travaux géodésiques et cadastraux et a la conservation des signaux, bornes et repères.

Nous avons vu que les types de nuisances sont extrêmement variés et que les besoins en protection sont aussi très différents selon les observatoires. Ils ne paraît pas possible d'assurer toutes les protections avec un seul type de réglementation.

Nous pouvons ainsi classer les nuisances en quatre catégories.

- Catégorie 2 :

Nuisances subsistant après leur émission. Telles que les poussières ou émanations de gaz polluants.

Une zone de sauvegarde ne saurait assurer une protection efficace et on ne peut guerre envisager de l'appliquer sur une étendue considérable. Il existe déjà tout un arsenal législatif et réglementaire dans le domaine de la protection de la nature et de l'environnement. Il faut donc s'orienter vers la surveillance et le contrôle des sources polluantes afin d'imposer, dans le cadre de ces réglementations, des mesures visant à supprimer ou limiter les causes de pollution.

En ce qui concerne les installations nouvelles, la procédure obligatoire d'enquête publique et d'étude d'impact devrait être utilisée. Une législation particulière serait en effet extrêmement difficile à élaborer.

- Catégorie 3 :

Perturbations du fonctionnement des stations automatiques.

C'est une situation très spécifique qui rejoint celle de la conservation des signaux bornes et repères géodésiques. Il faudrait modifier le texte de loi du 6 juillet 1943 pour étendre l'application à la protection de ces stations.

- Catégorie 4 :

Perturbation provenant de satellites ou autres d'objets dans l'espace.

Toute action contre ce type de danger ne peut avoir qu'un caractère international. Seule une convention entre les Nations exploitant l'Espace peut éviter la réalisations de projets ayant des conséquences fâcheuse pour l'environnement.

V – Recommandations :

Les actions que le Groupe de Travail recommande d'entreprendre sont de trois types.

V.1 - Actions à caractères législatif ou politique

- Extension aux stations automatiques de géophysiques de la protection légale assurée aux signaux, bornes et repères géodésiques.

- Incitation au développement beaucoup plus systématiques des moyens de communications non rayonnants et promotion d'une politique de stricte économique dans l'utilisation du spectre radioélectrique.

De plus il est recommandé de :

- Mener auprès de la Commission Européenne de Bruxelles pour que la politique de protection des sites, lorsqu'elle sera définie, soit étendue à la Commission des Communautés Européennes.

- Demander au gouvernement de prendre l'initiative d'une négociation en vue d'interdire toute utilisation de l'Espace pouvant dégrader les conditions de la recherche scientifique au sol

V.2 – Actions à caractères conservatoires

- Demander l'attribution des bandes de fréquences réservées aux sondages et aux études de la haute atmosphère.

- Utilisation systématique, au voisinage des observatoires optiques, pour l'éclairage public, des lampes à sodium basse pression, dotées de réflecteurs renvoyant toute la lumière vers le sol.

- Octroi aux observatoires de moyens permettant la surveillance continue de la qualité du site, et la détection des causes des nuisances observées (brouillage radio, pollution de l'air, ect).

ETUDE TECHNIQUE

On étudie, dans cette partie, les divers types de perturbations qui peuvent gêner l'utilisation des instruments de mesure et d'observation et en réduire l'efficacité. Certaines des nuisances étudiées sont également nocives pour des installations scientifiques autres que les observatoires astronomiques et géophysiques et les conclusions retenues s'y appliquent également.

Pour chaque type de nuisance, on a analysé leur origine, évalué, chaque fois que c'était possible, le seuil de perturbation au-delà duquel les observations se dégradent et proposé des méthodes pour les réduire.

I— LUMIERE PARASITE

I.1 — Description et modélisation

Tous les instruments optiques utilisés en astronomie (télescopes, interféromètres) ou en géophysique (télémètres ou sondeurs à laser, spectrophotomètres) ont ceci en commun qu'ils possèdent des récepteurs extrêmement sensibles dont les performances sont en général limitées par le bruit photonique provenant du ciel. Lorsque, comme c'est très souvent le cas, les observations se font de nuit, la limitation naturelle est la lumière du ciel nocturne sans Lune. Cette lumière provient de quatre origines: la lumière des étoiles non résolues par l'instrument, la lumière zodiacale, les émissions propres de la haute atmosphère et, enfin, la lumière provenant de ces diverses sources et diffusée par l'atmosphère.

L'éclairement correspondant est compris entre 1,5 et 2,5 10^{-4} caudela m^{-2}, en fonction de l'heure de la nuit et de l'activité solaire. La quantité moyenne: 2. 10^{-4} cd. m^{-2} (équivalente à une étoile de magnitude 21,6 par seconde carrée sur le ciel) servira de référence pour évaluer les effets de la lumière parasite. Cette lumière parasite peut, en fait, agir de deux façons différentes: en illuminant directement l'instrument et en éclairant le ciel qui la rediffuse vers le sol.

L'illumination directe des instruments par des sources lumineuses ne constitue pas la source dominante de gêne subie par les instruments optiques en astronomie et géophysique. Elle peut cependant nuire aux observations, soit en éblouissant l'observateur, soit en éclairant l'intérieur de la coupole et l'intérieur du tube du télescope. Cette lumière peut, par réflexions et diffusions successives, atteindre le foyer ou même directement les parties photo-sensibles des récepteurs.

La diffusion par l'atmosphère de la lumière produite sur la surface de la Terre a pour effet une augmentation de la clarté du ciel qui, s'ajoutant à la lumière naturelle du ciel nocturne, augmente le bruit de photons et diminue ainsi la détectabilité des objets faibles par les télescopes ou, plus généralement, entraîne la diminution de l'intensité des signaux mesurés et l'augmentation des signaux parasites (télémétrie et sondages par laser, spectroscopie, photométrie).

l'air, quantité, dimension et forme des particules. De plus, les modifications de la couverture végétale (nouvelles zones agraires, diminution des forêts) et l'extension des villes et zones industrielles ainsi que les nouvelles techniques d'exploitation agricole (irrigation, arrosage intensif et quasi permanent l'été) peuvent grandement contribuer à l'apparition de nouvelles nuisances. En définitive, l'augmentation du bruit photonique parasite, la diminution du signal reçu ou la perte de puissance de pénétration d'un télescope due à la lumière parasite augmentant la clarté du fond de ciel ne peuvent être évaluées qu'avec les instruments eux-mêmes... lorsque la détérioration du site est déjà consommée.

C'est pourquoi, en l'absence de modèle précis et d'expérimentation sur le site, il faut se contenter d'une modélisation simple effectuée sur des sites connus. Malgré les tentatives peu convaincantes de modéliser la diffusion de la lumière par les poussières au moyen d'une indicatrice fortement asymétrique, les ordres de grandeur peuvent être atteints en utilisant la diffusion de Raleigh. Cette loi est correcte pour la diffusion par les gouttelettes d'eau et elle est une bonne approximation pour les poussières de moins de 1 µm. En fait, la plupart des poussières industrielles (carrières, fumées) et des aérosols ont des dimensions comprises entre quelques dixièmes de micromètre et 5 µm. Plusieurs études ont été faites. Ainsi M. F. Walker (*Public. Astron. Soc. of the Pacific*, 1977, p. 405) donne plusieurs formules qui se résument approximativement par la relation empirique suivante:

$$\log I = 3 - 2{,}5 \log R + \log P \qquad (1)$$

où P est la population de l'agglomération en unités de cent mille habitants, I est le rapport d'intensité artificielle de la luminosité du ciel à l'intensité naturelle à 45° au-dessus de l'horizon en direction de la ville. R est la distance en kilomètres de l'agglomération.

A titre d'illustration, d'après cette formule, une ville de 100 000 habitants produira une augmentation de la brillance du ciel à 45° de hauteur égale à 10% de la clarté naturelle du ciel nocturne si elle est distante de 40 kilomètres. Mais une bourgade de 3 000 habitants produira encore le même effet si elle est distante seulement de 10 kilomètres. Cette formule est déduite de mesures faites en Californie, mais Fisher et Turner (*Lighting Review*, 1977, vol. 39, n° 1) trouvent des résultats comparables autour de Canberra, l'éclairage nocturne des agglomérations étant estimé à environ 500 lumens par habitant.

On peut généraliser la formule (1) en l'exprimant en fonction non plus de la population, mais de l'émission lumineuse de l'agglomération L exprimée en lumens. On obtient ainsi la formule suivante:

$$\log I = -4{,}7 - 2{,}5 \log R + \log . L \qquad (2)$$

qui est indépendante de toute hypothèse *a priori* concernant la relation qui peut exister entre l'éclairage d'une ville et le nombre d'habitants. Ainsi, à 10 kilomètres, une agglomération accroîtra de 10% la clarté du ciel à 45° de hauteur si elle émet un flux lumineux de $1{,}5 . 10^6$ lumens.

Ces résultats supposent une concentration de poussières et d'aérosols moyenne au-dessus des régions étudiées. Il convient de se demander ce qu'il adviendrait si la proportion de poussières et d'aérosols en suspension dans l'atmosphère augmentait. Une telle étude

vraisemblable de la dimension des particules et se servant de mêmes hypothèses simplificatrices concernant le mécanisme de diffusion, on trouve la relation suivante:

$$\text{Log } I = 0{,}8 \log d - 0{,}2 \qquad (3)$$

où d est la densité de poussière exprimée en microgrammes par mètre cube.

A titre d'exemple, considérons une carrière ou une usine qui, chaque seconde, produit 4 grammes de matière restant en suspension dans l'air et supposons qu'il en soit ainsi 8 heures par jour. Ainsi, elle charge l'atmosphère de 100 kg de matière. Pour que l'intensité du ciel nocturne ne soit pas modifiée de plus de 10‰ il faut que, lorsque la nuit arrive, cette matière ait été diluée dans plus de 1000 km cube d'air, soit sur une surface de 200 à 1000 km carré selon l'importance de la turbulence verticale.

A cet effet de diffusion de la lumière parasite, s'ajoute une absorption générale de la lumière utile par ces mêmes poussières. L'aspect le plus grave n'est d'ailleurs pas la valeur absolue de la perte d'intensité lumineuse, mais sa variabilité dans le temps qui détruit la cohérence photométrique d'une série d'observations.

Indépendamment de l'aspect diffusion et extinction des signaux, les poussières d'aérosol peuvent également contribuer par leurs propriétés spectrales (variations des paramètres de diffusion avec la longueur d'onde) à la dégradation des mesures spectroscopiques. La présence de constituants atmosphériques gazeux en quantité supérieure à la normale introduit des bandes d'absorption dans le spectre qui faussent les évaluations de l'intensité des raies et les résultats de photométrie à bande étroite ou encore les mesures d'ozone par le spectrophotomètre Dobson. Les composants les plus dangereux pour ce genre de mesures sont le dioxyde de soufre (SO_2) qui présente des bandes d'absorption très structurées dans l'ultraviolet proche et la vapeur d'eau qui est particulièrement riche en bandes d'absorption dans l'infrarouge proche ou lointain.

Une autre source de perturbation pour les mesures spectro-photométriques est la présence de raies plus ou moins nombreuses dans les lampes d'éclairage dont la lumière est rediffusée vers les instruments. Mais même la lumière produite par des lampes à incandescence a pour effet de modifier la répartition de l'énergie dans le continuum des spectres stellaires et, par conséquent, perturbe les résultats de photométrie à bandes larges ou étroites.

Toutefois, ces effets chromatiques sont d'une nature si complexe et dépendent tellement de la composition chimique des sources lumineuses ou des absorbants, qu'il n'est pas possible de proposer des modèles numériques simples. L'évolution dans le temps de la brillance chromatique ou dans le fond continu du ciel nocturne est illustrée dans l'annexe 6 qui se rapporte à des mesures effectuées à l'Observatoire de Haute-Provence.

I.2 — Normes souhaitables

Le problème de la lumière diffusée a été étudié avec beaucoup de soin par l'Union Astronomique Internationale qui a publié avec la Commission Internationale de l'Eclairage un *Guide lines for minimizing Urban sky glow near Astronomical Observatories* (Publication disponible au secrétariat de l'Union Astronomique Internationale). Les normes qui suivent sont tirées de ce document ou encore de recommandations de l'U.A.I. (*Transactions of the International Astronomical Union*, vol. XVII A, part. I, pp. 218-222).

commission 50 (Protection des sites d'Observatoires existants et potentiels) de l'U.A.I.

Le principe adopté par l'Union Astronomique Internationale est que l'accroissement de la luminosité du ciel à une hauteur de 45°, dû à la lumière diffusée par un ciel sans nuage, ne doit pas dépasser 10% du niveau naturel le plus bas dans tout le spectre entre 300 et 1000 nanomètres (Recommandation 1 de l'U.A.I.). Les exemples donnés dans la première partie se rapportent précisément à cette condition. Pour avoir les limites admissibles, il faudra appliquer les formules (1) à (3) en posant:

$$\log I = -1. \qquad (4)$$

Cependant, une exception est faite en faveur des lampes à vapeur de sodium à basse pression qui émettent uniquement au voisinage du doublet D du sodium qui coïncide avec les raies d'émission de la haute atmosphère. L'intensité de cette émission étant fortement variable, une perturbation plus forte dans ces longueurs d'onde est moins gênante pour les observations astronomiques, tant qu'elle ne dépasse pas la valeur minimale de l'émission naturelle. C'est ce qui justifie la recommandation 2 de l'U.A.I. (Annexe 1).

En ce qui concerne l'absorption, la recommandation de l'U.A.I. accepte une absorption de 1% mais avec la condition qu'elle ne varie pas de plus de 0,1% en une heure (Recommandation 4, Annexe 1).

L'U.A.I. n'a pas étudié le problème de la lumière directe contre laquelle il est plus facile aux observatoires de se protéger. Cependant, une étude faite par J. Dufay en 1959 pour l'Observatoire de Haute-Provence avait évalué à un astre de magnitude de -5 la limite de l'intensité ponctuelle à partir de laquelle cette lumière directe devient gênante pour l'observateur. C'est l'équivalent d'une lampe de 200 candélas à 1 km qui ne serait pas masquée, soit la luminosité d'une lampe à incandescence de 150 à 200 watts ou encore d'un tube de 30 à 40 watts.

En revanche, la sensibilité des récepteurs s'étant considérablement améliorée depuis 25 ans, la limite proposée par J. Dufay selon laquelle la somme des éclairements directs ne doit pas dépasser l'éclairement total du ciel nocturne sans Lune doit être ramenée au niveau des 10% déjà proposés par l'U.A.I. pour la lumière diffusée.

Ces normes d'éclairement direct correspondant — du moins pour les agglomérations situées entre 5 et 15 kilomètres — à environ 10% de l'éclairage global permis pour les effets de lumière diffusée. Il faut donc qu'au moins 90% de l'éclairage nocturne des agglomérations soit masqué en direction de l'observatoire. Cette condition est encore plus sévère pour les sources proches (distance inférieure à 5 km).

I.3 — Précautions à prendre

Pour s'approcher des normes ainsi définies, des mesures très sévères doivent être prises dans le domaine de l'éclairage pour diminuer la lumière émise par les agglomérations au voisinage des observatoires. Consciente de ces problèmes, la Commission Internationale de l'Eclairage a adopté une résolution appuyant les recommandations de l'U.A.I. Le texte de cette résolution est donné en Annexe 2. Dans ce qui suit, nous nous sommes

notamment en ce qui concerne la répartition spectrale, un certain nombre de règles devraient être suivies en ce qui concerne l'éclairage public et privé. On notera en passant que certaines de ces règles concernent une meilleure utilisation de la lumière pour l'éclairage proprement dit et correspondent, si elles sont suivies, à une économie d'énergie non négligeable.

a) Intensité de l'éclairage et abats-jours

La qualité de l'éclairage public ne se mesure pas seulement par le niveau de l'illumination, mais au moins autant par son uniformité et par l'absence de réflexion par le sol. On doit éclairer la route et les trottoirs et pas les terrains environnants. Il faut rendre maximal le rapport entre la quantité de lumière reçue par la surface à éclairer et la quantité de lumière produite par le luminaire. Ceci implique des abats-jours très réfléchissants, dirigeant la lumière vers le sol et empêchant tout rayonnement vers le ciel. De plus, ils devront permettre ainsi de masquer la lampe et l'intérieur du réflecteur vers l'observatoire pour empêcher la lumière directe d'y parvenir.

De plus, les revêtements de sol devront être diffusants et non réfléchissants pour empêcher toute réflexion spéculaire de la lumière émise.

Plusieurs publications de la Commission Internationale de l'Eclairage se rapportent à ces sujets précis:

- CIE Publication n° 2/2, 1975: "Recommandations for the lighting of roads for motorized traffic".
- CIE Publication n° 30, 1976: "Circulation and measurement of luminance and illuminance in road lighting".
- CIE Publication n° 34, 1977: "Road lighting lantern and Installation data photometrics, classification and performance".

b) Types de lampes

Les principaux types de lampes actuellement employées sont:

— les lampes à incandescence, à spectre continu. Peu efficaces en ce qui concerne le rendement puissance électrique/puissance lumineuse, elles sont à déconseiller à cause de leur effet difficilement modélisable en photométrie;

— les lampes à fluorescence qui ont les mêmes inconvénients;

— les lampes à vapeur de mercure à basse pression. Elles ont une faible émission continue et quelques raies dans le visible. Mais elles ont aussi de très fortes raies dans le violet et l'ultraviolet (365,0-365,2; 404,7 et 435,8 nanomètres), qui sont très gênantes et n'apportent rien à l'éclairage proprement dit. Si ce type d'éclairage est adopté, les lampes doivent être munies de filtres coupant la partie du spectre au-delà de 450 nm.

— les lampes à vapeur de mercure ou à sodium haute pression ont un spectre très complexe dans tout le domaine visible, ce qui empêche toute tentative de corriger leurs effets. Ce sont donc les plus dangereuses et elles devraient être interdites à proximité des observatoires. Malheureusement, ce sont les lampes dont le rendement lumineux est le meilleur (surtout pour les lampes à vapeur de sodium à haute pression) et elles sont donc les plus employées.

— les lampes à vapeur de sodium à basse pression sont des lampes à émission monochromatique sur le doublet D du sodium. Elles constituent, pour les astronomes et

Malgré le léger inconvénient d'une couleur jaune assez marquée, ces lampes donnent un excellent éclairage et devraient être systématiquement conseillées dans l'environnement des observatoires, comme cela a déjà été fait dans quelques villes des Etats-Unis (voir 4e partie).

c) Réglementation et limitation de l'éclairage

Alors qu'il peut être dangereux d'arrêter l'éclairage public de nuit, il n'en est pas de même des autres éclairages, tels que les éclairages des monuments, des stades ou des vitrines, la publicité lumineuse, ou encore les éclairages intérieurs non masqués par des rideaux ou des volets. Sans imposer de couvre-feu total, il est possible d'arrêter tous ces éclairages de nuit à partir d'une certaine heure de la soirée: 22 h à 24 h selon les quartiers et l'activité nocturne qui y existe. On peut aussi imposer des volets ou des rideaux aux bureaux et autres locaux qui, pour des raisons de sécurité, doivent rester éclairés toute la nuit.

En résumé, des solutions existent pour maintenir dans des limites raisonnables la pollution des observatoires astronomiques et géophysiques par la lumière provenant de l'éclairage des agglomérations et des routes. L'action générale à prendre est d'imposer les lampes à vapeur de sodium à basse pression. Pour le reste, il s'agit de problèmes qui sont spécifiques à chaque observatoire qui devra déterminer, en fonction de son environnement, l'extension et la sévérité des mesures à prendre.

II — SOURCES DE CHALEUR

La qualité des images astronomiques dépend de la stabilité des couches atmosphériques traversées par les rayons lumineux issus de l'astre observé. Les mouvements de l'air, au voisinage du sol, donnent les effets les plus sensibles. Ils sont essentiellement d'origine dynamique et thermique.

Les instabilités dynamiques sont causées par les vents. Le régime local des vents n'est guère susceptible d'être modifié par suite de l'activité humaine, encore qu'il soit difficile d'estimer les effets de la création d'un tunnel débouchant dans les environs d'un observatoire (comme par exemple entre la Moyenne Corniche et le vallon de Malgaraccio sous l'Observatoire de Nice, dont il a été question).

Ce sont les instabilités thermiques qui provoquent l'essentiel de la turbulence due à l'activité humaine et c'est celle-ci que nous considérerons ici.

II.1 — Origine des instabilités thermiques

L'instabilité thermique provient de la variation de la masse volumique de l'air provoquée, en particulier, par le gradient de température et ses fluctuations. Ces variations de température résultent des échanges thermiques dans les couches d'air près du sol. La frontière entre la zone turbulente et la région stable qui la surmonte est la couche d'inversion. Son altitude varie beaucoup au cours de la journée.

L'agitation des images est d'autant plus forte que l'épaisseur de la région convective est grande. Or, l'urbanisation ou, plus généralement, l'existence de sources de chaleur au

Un vent réchauffé artificiellement par le passage au-dessus d'une région à forte émission thermique va avoir tendance à remonter la couche d'inversion. L'apparition d'une source de chaleur, même relativement lointaine, située dans le vent dominant, peut ainsi être à l'origine de la détérioration d'un site (1).

Les bons sites astronomiques sont généralement situés à une altitude telle que, la nuit, ils sont au-dessus de la couche d'inversion. Les effets thermiques dangereux sont ceux qui ont pour effet de faire remonter cette dernière au-dessus de l'observatoire, en particulier pendant les périodes où les observations ont lieu.

II.2 — Effets de l'échauffement

a) Considérons le cas d'une augmentation globale du flux thermique provenant du sol. La modélisation de la hauteur de la couche d'inversion a été effectuée par Tennekes (*Journal of Atmosph. Sciences*, 1973, vol. 30, p. 558-567) dans le cas simple suivant:

- les conditions sont homogènes dans le plan horizontal,
- le flux radiatif n'est pas considéré,
- le flux thermique varie linéairement avec l'altitude,
- l'air est sec.

Au-dessus de la couche d'inversion, l'atmosphère est stable avec un gradient de températures potentielles indépendant de l'altitude et du temps. Ceci constitue les conditions les meilleures pour les observations.

Cette théorie a été appliquée aux conditions d'observations astronomiques par J. Drivière et O. Leneveu (Document DS/10.565-1, Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers, 1976). On trouve, dans ce travail, les variations de l'altitude de la couche d'inversion au cours du temps pour divers flux thermiques et on en déduit la variation du temps pendant lequel l'observatoire est au-dessus de cette couche et, par conséquent, pendant lequel les conditions idéales d'observation sont réunies.

Faisons l'hypothèse que le flux thermique naturel autour d'un observatoire est de 1 W/m^2. Supposons encore, à titre d'exemple, que l'urbanisation ou encore qu'une diminution du couvert végétal fasse augmenter ce flux. Une application numérique de la théorie donne les résultats suivants, par suite de l'augmentation de l'altitude moyenne de la couche d'inversion:

- pour un flux de 3,6 W/m^2, le temps possible d'observation est réduit de 34 minutes.
- pour un flux de 5,8 W/m^2, le temps possible d'observation est réduit de 1 h 10 minutes.

On constate qu'une augmentation proportionnelle de flux thermique (allant même jusqu'à son doublement, à condition qu'elle soit bien répartie sur tout le sol) n'est pas génératrice d'une diminution sensible de la qualité d'un site. Ce sera le cas, par exemple, d'une modification générale de la couverture végétale autour d'un observatoire, telle que celle que l'on peut constater au cours des saisons.

---

(1) A contrario, les meilleurs sites astrométriques, ceux qui donnent les mesures angulaires de position les plus cohérentes, sont les observatoires soumis à un régime de vent marin n'ayant pas eu le temps de s'échauffer

ordre de grandeur ne peut pas évidemment être traité par le modèle précédent. Une colonne turbulente d'air chaud se forme et la couche d'inversion n'est plus parallèle au sol. Elle s'élève considérablement au-dessus de la source de chaleur et se prolonge dans la direction du vent.

Selon les positions relatives de la source et de l'observatoire et de la direction du vent, deux cas suivants peuvent se produire:

- remontée de la couche d'inversion au niveau de l'observatoire,
- création d'une zone turbulente dans la direction de la source et de son prolongement dans la direction du vent.

Dans le premier cas, il y a détérioration globale des images. Dans le second, cette détérioration affecte les visées dans les directions où se trouve l'air chaud. Selon la direction du vent, les deux situations peuvent alterner.

II.3 — Actions devant être menées

Toute installation produisant un gros flux de chaleur localisé (four solaire, installation industrielle impliquant un fort dégagement de chaleur) doit être modélisée et ne doit affecter ni la forme, ni l'étendue de la couche d'inversion dans toute la surface de l'observatoire et dans les cônes d'observation de chacun des instruments. Ainsi, il faut supprimer toute source locale ou la réduire à un niveau très bas et, d'autre part, établir une zone de protection autour des observatoires qui soit suffisamment vaste.

III — PERTURBATIONS RADIOELECTRIQUES

La réception des émissions radio-électriques, d'origine céleste, est rendue extrêmement difficile par l'encombrement du spectre radioélectrique par les utilisateurs les plus divers. Grosso modo, on peut dire que, en dix ans, l'encombrement des fréquences radio a été multiplié par un facteur 100, la puissance des émetteurs perturbateurs par un facteur 10, alors que la sensibilité des récepteurs en radioastronomie a augmenté également d'un facteur 10. Le problème de la protection des sites de radio-astronomie se pose donc de façon de plus en plus aiguë. On estime ainsi que, dans la station de radioastronomie de Nançay, près de 20% du temps d'observation est perdu à cause des interférences électromagnétiques. Par ailleurs, si certaines fréquences sont partiellement brouillées, d'autres sont devenues totalement interdites.

Par suite de l'importance de l'utilisation des radio fréquences dans tous les secteurs de l'activité humaine, l'Union Internationale des Télécommunications a été conduite à partager le spectre des fréquences entre divers types d'utilisateurs. La radioastronomie s'est vue affecter un certain nombre de bandes de fréquence à titre d'utilisateur primaire ou secondaire. C'est évidemment principalement dans ces domaines réservés que doit s'effectuer la protection des observatoires. En revanche, aucune protection n'est prévue pour l'étude de la haute atmosphère par sondage radio.

Le C.C.I.R. (Comité Consultatif International des Radiocommunications) a publié un grand nombre de rapports sur les problèmes de brouillage, basés sur des contributions techniques approfondies préparées et révisées régulièrement par diverses délégations nationales, avec l'aide d'un organisme de coordination scientifique, l'IUCAF (IAU, URSI

et COSPAR). Les données fournies par le présent rapport s'inspirent donc des rapports du C.C.I.R.

III.1 — Causes de brouillage

Deux types d'activité peuvent affecter les observatoires de radioastronomie et les stations de radiosondages radar.

a — L'établissement d'écrans artificiels réfléchissants ou non, mobiles ou non, masquant le ciel.

Ainsi, des avions réfléchissant des émissions lointaines peuvent-ils être la cause de brouillage (rapport 696 du C.C.I.R., paragraphe 2-4) dans toute l'étendue de leur horizon (rayon de 450 km pour un avion volant à 12 kilomètres d'altitude).

On considérera dans le chapitre VIII le cas particulier des satellites qui peuvent être à la fois des masques et des cibles réfléchissantes.

b — La production d'émission radioélectriques.

C'est le type de brouillage le plus fréquent et actuellement le plus nuisible.

Il faut d'abord noter qu'un certain nombre d'interférences électromagnétiques ont des causes naturelles qu'il n'est pas possible de réduire. Elles sont dues:

— aux émissions solaires sporadiques vues dans les lobes secondaires ou par réflexion parasite sur toute surface en regard des antennes; leur spectre est très étendu.

— aux variations ionosphériques dues à l'activité solaire ou au réchauffement local; le spectre est surtout important en dessous du gigahertz.

— aux effets atmosphériques tels que l'émission des éclairs, la variation de la propagation troposphérique ou l'absorption par la vapeur d'eau (fréquences supérieures à 5 Ghz).

Les effets des parties systématiques et modélisables de ces brouilleurs peuvent être corrigés. La partie sporadique, étant très variable, empêche parfois les observations. Mais c'est le niveau en période de calme qui doit servir de norme pour évaluer les brouillages artificiels qui ne doivent pas atteindre le seuil des brouillages naturels à leur niveau le plus bas, ceci afin de permettre d'atteindre toutes les émissions qui seraient accessibles sans brouillage artificiel.

Les interférences électromagnétiques artificielles sont essentiellement de deux types:

a — Emissions radioélectriques intentionnelles.

Le spectre de ces émetteurs est souvent composé de bandes de fréquences assez étroites, mais peut aussi prendre les formes les plus diverses. Les antennes émettrices peuvent être directrices avec des lobes secondaires plus ou moins importants, mais elles sont très souvent omnidirectionnelles.

Les puissances mises en jeu peuvent atteindre plusieurs mégawatts. Les fréquences couvrent tout le spectre radio, du quasi-continu à quelques térahertz. On y trouve:

— les émetteurs fixes de radiodiffusion en AM, FM, BLU et de télédiffusion.

— les émetteurs de communication sol-air-mer utilisés pour les liaisons fixes ou mobiles, civiles ou militaires.

— les radio "libres" souvent dépourvues de filtre à l'émission d'harmoniques

avions.

— les équipements de contremesures.

— les satellites et ballons.

— les émetteurs tels que télécommandes, alarmes,radars de police ou de surveillance privée. Etc.

Ces émissions deviennent nuisibles pour un radiotélescope lorsque le spectre (porteuse et modulation) atteint l'instrument travaillant dans une bande de fréquence en partie commune. L'importance du brouillage occasionné peut être évaluée en calculant l'affaiblissement de l'émission par les effets de propagation. L'annexe 3 donne des résultats de tels calculs.

L'émetteur peut aussi causer des interférences en rayonnant de la puissance dans les bandes harmoniques de sa bande nominale. Ces rayonnements non essentiels, inutiles au but poursuivi par l'émetteur, sont techniquement difficiles à réduire à des niveaux inférieurs de 50 à 60 db au rayonnement principal, du moins pour les premiers harmoniques.

b — Générateurs de puissance radioélectrique en principe non rayonnants.

Ces émissions non intentionnelles peuvent être classées dans la catégorie des parasites qu'il est plus ou moins difficile de supprimer. Réunies sous le sigle général de I.S.M. (Applications Industrielles, Scientifiques et Médicales), les principales sources sont:

— l'allumage des véhicules automobiles,

— les lignes de transport d'énergie à haute tension,

— les postes de soudures électriques,

— le chauffage par induction,

— l'éclairage par tubes fluorescents,

— les ordinateurs ou calculateurs avec leurs périphériques,

— les oscillateurs en tous genres,

— les intermodulations, les modulations croisées et toutes les instabilités des récepteurs,

— les fours à micro-ondes industriels,

— les équipements médicaux et plus généralement scientifiques, etc.

L'examen du spectre de ces sources, qui est variable en fonction de la distance à l'observateur, montre qu'il peut s'étendre jusqu'à quelques gigahertz du fait du caractère impulsionnel de certaines d'entre elles.

Parmi ces sources, les générateurs continus sont normalement réglés sur des bandes particulières du spectre qui leur sont réservées, de plus ils doivent être convenablement blindés pour ne pas devenir des émetteurs sur leur fondamental et leurs harmoniques. Mais la production en grande série de certains ISM, le manque d'homogénéité des réglements internationaux les concernant (beaucoup sont importés) fait que les ISM représentent un risque de brouillage. En France, une commission spéciale du Comité de Coordination des Télécommunications (C.C.T.) étudie les problèmes qu'ils posent, pour avoir les bases d'une législation plus convenable que celle qui existe.

Les autres brouillages dus à des causes variées et locales (parasites) peuvent être supprimés si du moins ils sont produits dans l'enceinte de l'observatoire. Ils ont en commun une puissance faible rayonnée par Hz de bande, mais [illegible]

Tout comme dans le cas de la lumière parasite, le seuil au-delà duquel le bruit radioélectrique devient gênant est égal à 10% du signal accessible par l'instrument, pour toutes les observations exigeant des récepteurs perfectionnés à faible bruit mettant en jeu les techniques les meilleures dont on dispose.

En radioastronomie, la formule fondamentale de la sensibilité est:

$$\Delta P = \frac{P}{\sqrt{2\,t\,\Delta f}} \qquad (5)$$

où ΔP est la puissance (ou la densité spectrale de puissance) de bruit pour une puissance (ou densité spectrale de puissance) du signal utile, Δf est la largeur de bande et t est le temps d'observation. Le coefficient de proportionnalité $1/\sqrt{2}$ est représentatif des caractéristiques moyennes des radiotélescopes et des méthodes d'observation (voir rapport C.C.I.R. 224-5, datant de 1982).

En appliquant ces formules pour diverses bandes de fréquence attribuées à la radioastronomie, on obtient les seuils de brouillage préjudiciables pour la radioastronomie. On donne ainsi, toujours d'après le rapport du C.C.I.R. 224-5 cité ci-dessus, les seuils de brouillage dans les deux cas suivants (fig. 1).

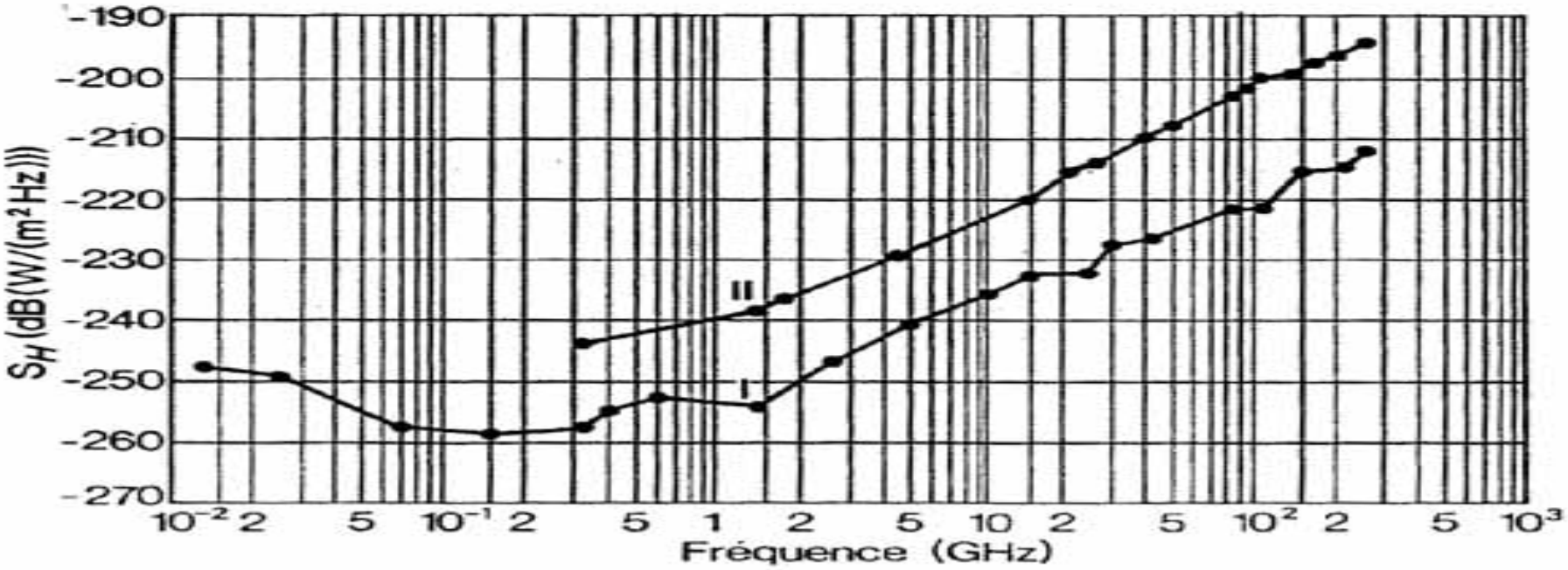


Fig. 1. — Variation des seuils de brouillage préjudiciable pour la radioastronomie en fonction de la fréquence.

I: Continuum rayonnant, observations pendant 2 000 secondes. II: Observation des raies spectrales pendant 2000 secondes. En ordonnée, les seuils de brouillage SH sont exprimés en dB (watts/m² Hz). Pour des temps d'observations de 15 minutes, 1 heure, 2 heures, 5 heures ou 10 heures, on ajoutera aux points I et II respectivement +1,7; −1,3; − 2,8; − 4,8 et 6,3 dB. Les seuils critiques sont donc donnés par la courbe II

ayant conduit aux points donnés dans la figure 1.

Une fois ce seuil déterminé, on peut calculer la puissance maximale admissible d'un émetteur à diverses fréquences, compte tenu des résultats de calcul de propagation. Une table de résultats typiques pour les principales bandes de radioastronomie est donnée dans l'annexe 5.

Un cas particulier qu'il faut examiner de façon spéciale est l'effet d'une ligne de transport de courant électrique à haute tension. En effet, il s'agit d'une installation fixe qui émet de façon continue. Il faut donc prévoir ses conséquences possibles avant son installation au voisinage d'un observatoire.

Une série de mesures a été faite par le Centre de Recherches Géophysique de Garchy, notamment pour examiner les perturbations que pourraient subir les mesures effectuées par un sondeur ionosphérique. Le seuil admissible est un bruit de −25 db.

La ligne perturbatrice était une ligne 2 × 400 kilovolts. Les niveaux de bruit trouvés dans la gamme 500 KHz-10 MHz ont un maximum entre 1 et 3 MHz. Il a encore un maximum de −20 dB à 4 kilomètres, mais il décroît très rapidement pour les fréquences plus grandes. Ainsi, pour la ligne de haute tension considérée, le seuil de brouillage pour un sondeur ionosphérique se situerait vers 5 kilomètres.

La diminution rapide au-delà de quelques Mégahertz est aussi confirmée par les mesures faites à l'observatoire radioastronomique d'Owens Valley (Californie) situé à 5 kilomètres de lignes de 400 kV continu, de 180 kV triphasé et de lignes de plus basse tension en hexaphasé. Aucune perturbation n'a été enregistrée entre 330 MHz et 230 GHz.

III.3 — Actions pouvant être menées

Les solutions pour réduire autant que faire se peut les brouillages radioélectriques doivent être recherchées simultanément dans plusieurs directions.

a) Partage des fréquences (Références: Rapport C.C.I.R. 696 et 699)

Le réglement des radiocommunications publié par l'Union Internationale des Télécommunications, après approbation des pays membres, prévoit l'affectation du spectre à plusieurs niveaux de droit, à des "services": la Radioastronomie est un tel service. L'affectation d'une bande de fréquence aux observations de radioastronomie à titre primaire exclusif est la formule la meilleure, obtenue pour quelques bandes dans le monde entier. Au niveau d'un grand pays, ce type d'affectation est encore satisfaisant. Ce n'est pas le cas en Europe où certains pays n'ont pas accepté des affectations en primaire exclusif décidées par d'autres. Lorsque l'affectation n'est pas primaire exclusive, les observatoires doivent négocier des arrangements régionaux avec les autres services affectataires. L'expérience montre que cela est effectivement possible dans certains cas. Pour illustrer ceci, on consultera le tableau de répartition des bandes de fréquences en France, document " Fasc. II-CCI 82 ", qui montre le type de solution formalisé en France, avec des prolongements dans les pays voisins (Annexe 5).

b) Partage de temps

Un partage dans le temps autorisant des émissions à un niveau normalement nuisible

exceptionnels, est en principe possible. Seule la dernière éventualité a été suivie d'application.

c) Bandes adjacentes

Un émetteur possède toujours en dehors de sa bande nominale un rayonnement non essentiel. De la même façon, un radiotélescope ne peut recevoir de l'énergie sur une bande strictement bornée. En particulier du rayonnement dans les bandes adjacentes à la bande nominale du radiotélescope peut créer un brouillage nuisible (voir rapport CCIR 697, Annexe IV, et avis 517). Le tableau d'affectation des fréquences du réglement des radiocommunications tient en partie compte de ce fait, et évite en général l'affectation de bandes à des services émettant de fortes puissances au voisinage des bandes affectées à la radioastronomie. Mais ce n'est pas toujours le cas. Là encore, des arrangements géographiques, après contact entre services, peuvent être utiles.

d) Présence dans les organismes internationaux

Parmi les différentes actions destinées à une meilleure protection des observations de radioastronomie, la participation régulière de scientifiques aux réunions nationales et internationales des organismes chargés de la répartition des fréquences (CCT, CCIR, UIT) est aussi importante

e) Surveillance des Sites

Quelles que soient les protections légales ou arrangements qui auront été pris, le problème de la surveillance de l'intensité des brouilleurs incombera obligatoirement à l'observatoire.

Assez généralement, la question que soulèvent la plupart des interférences électromagnétiques (IEM) non intentionnelles est plus la difficulté de trouver leur origine exacte que leur suppression qui ne pose pas, en général, de problème technique majeur. C'est pourquoi il est nécessaire de construire et de mettre en œuvre des équipements tels que les analyseurs de spectre à large bande susceptibles d'intervenir rapidement et efficacement dès qu'une anomalie est détectée sur un radiotélescope.

Peu de réalisations existent actuellement en France dans ce domaine. On peut néanmoins citer les études et les réalisations animées par le groupe Décamétrique de l'Observatoire de Nançay sur les spectrographes à grande dynamique et à faible distorsion lors de la réalisation d'amplificateurs H.F. et de systèmes de filtrage tout à fait d'avant-garde en 1975. Actuellement sur les radiotélescopes décimétriques et métriques, différentes conceptions sont mises en œuvre pour réduire les effets des IEM internes et externes.

Dans les grands observatoires américains, toutefois, ce problème est considéré très sérieusement et des moyens importants sont mis en œuvre. Citons deux exemples:

A la station du J.P.L. de Goldstone (Californie), une équipe de 10 personnes à temps complet dispose de crédits de plusieurs millions de francs pour étudier les problèmes liés aux IEM et, en particulier, effectue la surveillance des bandes S et X (bandes utilisées pour les liaisons avec les sondes spatiales). Plusieurs équipements fixes et mobiles de surveillance et de localisation sont utilisés. D'autres méthodes sont employées telles que les filtres supra-conducteurs ou le filtrage à grande réjection par FFT (Fast Fourier Transform).

A l'observatoire de NRAO à Green Bank, un système fixe et un autre mobile existent. Deux ingénieurs vérifient tous les équipements réalisés ou achetés dans une cage de

surveillé afin de prévenir d'éventuelles conséquences sur les observations programmées. Si une IEM nouvelle gêne les observations, elle est localisée et analysée par la station mobile. Cette organisation a permis jusqu'à présent une bonne protection du site et une excellente qualité des expériences.

Il est très souhaitable que, en France, des efforts comparables soient déployés pour protéger les observatoires de radioastronomie et de géophysique externe.

III.4 — Prospective

L'utilisation du spectre est gratuite et avant de développer sérieusement des moyens de communication non rayonnants (réseaux cablés, fibres optiques, etc.), la tendance dans beaucoup de pays est d'aller au plus facile et d'employer des liaisons radioélectriques pour des applications où des liaisons non rayonnantes sont parfaitement possibles. Mais le spectre radioélectrique est fini: le nombre, la puissance des émetteurs, la largeur de leur modulation risquent de créer une densité de puissance répartie dans presque tout le spectre rendant les observations de radioastronomie et les sondages de la haute atmosphère de plus en plus difficiles.

Aussi, une forte incitation à un développement beaucoup plus systématique des moyens de communication non rayonnants et à une politique de stricte économie dans l'utilisation du spectre radioélectrique nous semblent être d'une extrême importance pour l'avenir.

Enfin, alors que les bandes de fréquence les plus importantes pour la radioastronomie sont plus ou moins bien protégées, rien n'existe en ce sens pour la géophysique. Il faudrait obtenir une ou deux bandes de fréquence allouée spécialement aux sondages, en particulier pour les sondeurs du type «stratosphère-troposphère».

IV — PERTURBATIONS MAGNETIQUES

L'observatoire magnétique national a pour mission de mesurer à tout instant les valeurs absolues du champ géomagnétique avec la meilleure précision possible, de l'ordre du nanotesla ($nT = 10^{-9}$ tesla) et ce, dans une large gamme de fréquences, allant de quelques hertz aux variations séculaires. Ces mesures doivent être exemptes de perturbations locales d'origine artificielle.

IV.1 — Origine des perturbations

Les sources de bruit magnétique les plus fréquentes sont:

— la circulation des véhicules à moteur,

— les courants électriques continus, tels que ceux qui alimentent les locomotrices sur les lignes de chemin de fer,

— les lignes de transport de force (les champs magnétiques variables de fréquence industrielle perturbent le fonctionnement des magnétomètres à protons qui sont les appareils de mesure absolue fondamentaux des observatoires modernes et les enregistre-

est aujourd'hui très difficile de trouver sur le territoire français métropolitain un site ne soit touché par aucune des perturbations énumérées ci-dessus. L'Observatoire onal, fondé en 1883 à Saint-Maur-des-Fossés, a dû être transféré une première fois, 900, au Val-Joyeux (commune de Villepreux), à 9 km au Nord-Ouest de Versailles, en 1936, à Chambon-la-Forêt, à la suite de l'établissement de lignes de tramway rifiées.

— Seuil admissible des nuisances et modélisation

:s ures devant être effectuées à la précision de 1 nT, il est souhaitable que les urbations soient de l'ordre de 10% de cette valeur, soit 0,1 nT. Ceci semble très cile à obtenir et des perturbations de quelques dixièmes de nanotesla sont atteintes à mbon-la-Forêt, produites par les courants de retour de la ligne de chemin de fer is-Orléans.

n ce qui concerne les sondages magnétotelluriques, les perturbations de fréquence 50 z, provenant essentiellement des lignes de transport électriques, ne doivent pas dépas- 0,2 nT.

our modéliser ces effets, on utilise le fait que l'induction magnétique B produite par ligne à haute tension dans laquelle circule un courant de I ampère et située à une ance de R mètres a, en première approximation, une valeur de :

$$B = \frac{\mu^0 F}{2\pi R} = 2 . 10^{-7} \frac{I}{R} \text{ teslas} \qquad (6)$$

Ainsi une intensité électrique de 1 000 ampères produira encore un champ magnétique 2 teslas à 10 kilomètres.

Po les lignes à haute tension transportant des courants alternatifs biphasés ou pha les champs magnétiques produits se compensent en partie. La résultante dépend la sposition relative des conducteurs, des déphasages et des inégalités d'intensité yenne.

En plus de ces perturbations à 50 hertz, des variations d'intensité liées à la consomma- n de courant en modulent l'amplitude à une fréquence beaucoup plus basse. Des sures ont été faites par le Centre de Recherches Géophysiques de Garchy pour évaluer effets dus à une ligne 2 × 400 kilovolts. Les effets mesurés sont de l'ordre de 30 nT voisinage même de la ligne. Ils sont encore de l'ordre de un nanotesla à deux omètres. Ils sont dus à la fois au 50 Hz lui-même et à ses harmoniques impairs. On nstate donc que les «résidus» magnétiques des effets d'une ligne à plusieurs phases uvent atteindre plusieurs pour cent de l'effet calculé par la formule (6) sur une ligne courant continu.

.3 — Actions à mener

Autour de chaque observatoire possédant des instruments de mesure magnétique, une ne de protection assez vaste devra être créée de manière à éviter les perturbations squ'au niveau 0,2 nT. Si on considère les sources décrites ci-dessus, on a les conditions ivantes:

— pas de circulation de véhicules à moteur à moins de 50 mètres des magnétomètres,
— isolement des circulations en énergie électrique des lignes de chemin de fer,
— éloignement des lignes à très haute tension à plus de 10 kilomètres.

En revanche, il n'est guère possible de fixer a priori la nature des perturbations magnétiques qu'une installation industrielle peut induire car cela dépendra essentiellement du type de machines présentes dans l'installation. Chaque projet devra donc être étudié du point de vue de ses effets magnétiques.

V — LES VIBRATIONS

Certains instruments d'astronomie et de géophysique — de même que certains laboratoires de physique équipés d'instruments de haute précision — sont sensibles aux vibrations transmises par le sol. Pour certains, comme les sismographes, les gravimètres et les pendules horizontaux pour l'étude des marées terrestres, ces vibrations constituent un bruit perturbant le signal recherché. Pour d'autres, ils altèrent les pointages ou les réglages instrumentaux en introduisant un mouvement plus ou moins désordonné de certaines parties du montage expérimental.

V.1 — Causes et amplitudes des vibrations

Les causes des vibrations artificielles sont à rechercher essentiellement dans le mouvement de véhicules au voisinage des instruments (passage de trains ou de camions, présence de route à grande circulation) dans les vibrations d'installations industrielles (usines de concassage, alternateurs, marteaux-pilons, etc.) et, enfin, dans les explosions provoquées (carrières).

L'ordre de grandeur des effets de ces vibrations dépend à la fois de l'amplitude de l'émission, de la transmission spectrale du terrain et de la réponse du récepteur. En règle générale, ces vibrations d'origine industrielle ont des fréquences comprises entre 5 et 50 hertz. Ceci est à comparer à la microsismicité naturelle d'origine océanique dont le spectre s'étend principalement entre 0,1 et 0,4 hertz, avec des amplitudes qui dépendent beaucoup des conditions atmosphériques régnant dans les mers les plus proches: à titre d'exemple, en région parisienne, l'amplitude de ces oscillations est en moyenne de l'ordre de 1 à 2 µm.

La propagation des vibrations dans le sol étant quasiment impossible à modéliser, nous donnons plutôt ici les résultats d'une étude expérimentale faite en 1981 par F. Cornet (Institut de Physique du Globe de Paris) qui permet d'avoir quelques ordres de grandeur.

Cette étude concernait les vibrations produites par une carrière de pierres, par une usine de concassage associée fabriquant 1 300 000 tonnes de granulats par an (commune de Roquefort-les-Pins, Alpes Maritimes) et par le trafic de camions qui en résulte. A l'aide d'un sismomètre à trois composantes orienté de façon qu'un des géophones soit vertical, on a mesuré les vibrations du sol dans une vingtaine de stations situées à des distances allant de 700 m à 16 kilomètres. On a trouvé des amplitudes significatives dans 4 domaines de fréquence relativement étroits (8 à 10 Hz, 12 Hz, 15-18 Hz et 20-22 Hz) ainsi que dans le domaine 31-39 Hz. Les tableaux 1 et 2 donnent l'analyse du bruit

TABLEAU I

Analyse du bruit à 1,5 km

Fréquences (Hz)	Bruit moyen (µm)	Fréquences (Hz)	Amplitude maximale (µm)
1-10	0,04	8-10	0,08
10-20	0,035	12	—
20-30	0,02	16-18	0,4
30-40	0,07	20-22	0,12
40-50	0,06	31-39	0,7

TABLEAU II

Analyse du bruit à 3 km

Fréquences (Hz)	Bruit moyen (µm)	Fréquences (Hz)	Amplitude maximale (µm)
1-10	0,02	8-10	0,08
10-20	0,03	12	0,04
20-30	0,03	16-18	0,15
30-40	0,015	20-22	0,08 (?)
40-50	0,03	31-39	0,03

Dans toutes les stations situées à 7 kilomètres, l'activité de la carrière n'a pas été détectée.

On a également étudié les mouvements associés à un tir de mine (535 kg de dynamite répartis en 6 charges avec des retards entre chaque charge successive de 0,005 seconde, ce qui est un tir normal dans les carrières). Les résultats montrent que les effets des tirs sont encore ressentis à 15 ou 20 kilomètres. L'essentiel de l'énergie se trouve dans la gamme de 1 à 20 Hz avec des amplitudes maximales pour les composantes de la vitesse qui peuvent approcher 20 µm par seconde. Ceci peut impliquer des déplacements de l'ordre de plusieurs micromètres pour les fréquences les plus basses. Les accélérations mises en jeu sont inférieures à 1 $mm.s^{-2}$.

V.2 — Limites acceptables des vibrations

Ces limites dépendent des instruments utilisés. En ce qui concerne les sismographes et les instruments qui sont basés sur un principe analogue, quelle qu'en soit la bande passante, le bruit artificiel se confond avec le bruit microsismique naturel.

A titre d'exemple, un gravimètre absolu de grande précision est fortement gêné par un bruit microsismique de 1 µm d'amplitude et il faut pouvoir le réduire au moins à un

l'instrument méridien, des mouvements de 0,5 µm d'amplitude (0",1 ou 0",2 pour des distances focales de 1 ou 2 mètres) ne sont pas admissibles puisque ces appareils travaillent avec précision de l'ordre de 0",05 pour une observation durant une ou deux dizaines de secondes. La limite d'amplitude à ne pas dépasser serait de l'ordre de 0,1 µm. Pour les interférences optiques, qui détectent la phase, des mouvements de l'ordre du dixième de longueur d'onde sont déjà gênants. Pour ces instruments d'une sensibilité extrême, les amplitudes des vibrations ne devraient pas excéder 0,02 µm.

V.3 — Actions à mener

Ainsi, en comparant ces conditions avec les mesures présentées ci-dessus, on peut estimer à une distance de l'ordre de 3 à 10 kilomètres l'éloignement souhaitable des très fortes sources de vibrations industrielles. Ainsi, une limite de protection doit-elle être établie pour chaque cas envers les installations industrielles, les routes à grande circulation et les carrières. Cela concerne les observatoires astronomiques, les stations gravimétriques absolues et certains sites privilégiés pour les observations sismologiques où des conditions favorables sont rassemblées: température constante, bruit microsismique très faible, exceptionnelle stabilité du terrain. C'est le cas des stations de Moulis (Ariège), de Bourg-Argental (Loire) et Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin).

VI — NUISANCES CHIMIQUES

Les mesures faites en vue de développer des recherches en météorologie et en études atmosphériques sont, soit regroupées au sein de stations spécialisées comme l'Observatoire de Haute-Provence, soit au contraire effectuées dans des stations très isolées et fonctionnant de manière automatique.

En règle générale, les mesures effectuées doivent satisfaire à deux critères:

— être poursuivies sur des très grandes durées temporelles car elles ont souvent parmi leurs objectifs celui d'étudier des évolutions à caractère décennal, voire séculaire (exemple: couche d'ozone).

— être caractéristiques d'une zone aussi grande que possible, de manière à pouvoir étudier des phénomènes globaux à grande échelle (quelques centaines de kilomètres par exemple).

Pour les stations d'observation de la pollution de fond, l'étude des processus à grande échelle implique l'absence de toute pollution d'origine locale. Dans la plupart des cas, il s'agit de stations automatiques isolées pouvant éventuellement être constituées en réseau de plus ou moins grandes dimensions: surveillance de la pollution locale, de la pollution de fond, étude des dépôts et précipitations acides, répartition à grande échelle de constituants spécifiques...

L'implantation de ces stations résulte souvent d'un compromis entre les conditions d'accessibilité et l'influence des processus météorologiques à moyenne et grande échelle; compte-tenu de la nécessité d'obtenir des séries de mesures pendant plusieurs années afin de prendre en compte les constantes de temps les plus longues de couplage entre les

présence de polluants chimiques dans l'atmosphère. Cependant, comme on l'a vu dans le chapitre I, l'accroissement de la proportion de certains constituants atmosphériques tels que la vapeur d'eau, le SO_2 constitue aussi une gêne considérable à l'étude de la haute atmosphère par des méthodes de spectro-photométrie.

VI.1 — Causes des nuisances

Parmi les nuisances, on peut retenir:

- les poussières d'origine industrielle (sources locales),
- les poussières d'origine agricole (sources étendues),
- les gaz polluants d'origine industrielle (SO_2, H_2S, CO_2, HCl),
- les gaz polluants d'origine automobile (NO_x, hydrocarbures), etc.

VI.2 — Normes

Nous donnons dans le tableau 3 les valeurs moyennes des constituants minoritaires dans la troposphère et, dans le tableau 4, les normes standard de qualité de l'air d'après l'Environmental Protection Agency aux Etats-Unis qui constituent des limites à ne pas dépasser. Ces chiffres peuvent servir de base pour les normes à faire respecter par les industriels.

TABLEAU III

Rapport de mélange en volume et concentration moyenne de différents constituants minoritaires dans la troposphère.

SO_2	:	0,5 à 5 $\mu g\ m^{-3}$
O_3	:	60 $\mu g\ m^{-3}$
NO/NO_2	:	0,2 à 1,6 $\mu g\ m^{-3}$
NH_3	:	3,8 à 12,5 $\mu g\ m^{-3}$
HCl	:	1,5 $\mu g\ m^{-3}$
NO_3^-	:	0,2 $\mu g\ m^{-3}$
NH_4^+	:	1,0 $\mu g\ m^{-3}$
H_2S	:	0,25 $\mu g\ m^{-3}$
N_2O	:	0,4 $mg\ m^{-3}$
CH_4	:	1 $mg\ m^{-3}$
CO_2	:	500 $mg\ m^{-3}$

TABLEAU IV

Normes standards de qualité de l'air.

So_2	Moyenne annuelle	80 $\mu g\ m^{-3}$
	24 h	365 $\mu g\ m^{-3}$
	3 h	1 300 $\mu g\ m^{-3}$
NO_2	Moyenne annuelle	100 $\mu g\ m^{-3}$
	1 h	500 $\mu g\ m^{-3}$
CO	8 h	10 $mg m^{-3}$
	1 h	40 $mg m^{-3}$
Oxydants (O_3)	1 h	160 $\mu g\ m^{-3}$
Hydrocarbones (non méthanés)	3 h	160 $\mu g\ m^{-3}$
Particules en suspension	Moyenne annuelle	75 $\mu g\ m^{-3}$

aux études atmosphériques. Il faudra donc déterminer les normes de filtrage et d'épuration à la source pour les gaz industriels en tenant compte de la dilution par transport éolien jusqu'au site, de façon que le résidu soit inférieur à la précision des mesures. La même concentration maximale tolérable sur le site d'observation devra être utilisée pour déterminer l'éloignement des nouvelles voies de circulation compte-tenu de leur utilisation probable.

VI.3 — Actions à mener

Il faudra imposer une norme de pollution à ne pas dépasser au voisinage des stations d'observation et établir des zones de protection.

Une concertation préalable est nécessaire avant la création de toute installation à caractère industriel. Les autorisations devront être assorties d'une obligation de filtrage d'épuration à la source des émanations nocives.

Le problème de la charge en vapeur d'eau par suite de la création d'un plan d'eau ou d'un arrosage intensif semble beaucoup plus délicat à définir et à réglementer. Ainsi, l'effet sur le climat local de la canalisation de la Durance autour de l'Observatoire de Haute-Provence, ou encore la mise en eau du lac de Saint-Cassien près de Grasse, a été très sensible, mais il ne semble pas avoir été prévu.

VII — STATIONS AUTOMATIQUES DE GEOPHYSIQUE

Une évolution de la géophysique moderne dans de nombreuses branches implique l'usage de plus en plus systématique de stations automatiques. Ces stations sont reliées par télémesure à une station centrale et comprennent un certain nombre de capteurs de types divers. Parmi ces réseaux de stations automatiques figurent les observatoires volcanologiques, les observatoires sismologiques, les stations de prélèvement et d'analyse de l'atmosphère. Ces observatoires possèdent un ou plusieurs types d'instruments tels que:

- des capteurs magnétiques, des sismographes,
- des capteurs atmosphériques,
- des clinomètres,
- des stations météorologiques.

VII.1 — Nuisances à craindre

Ce sont d'abord les perturbations propres à chacun des instruments cités ci-dessus et qui ont été décrits dans les chapitres précédents. Mais de plus, il y a trois dangers propres à ce type d'installation:

a) Le vandalisme: les stations n'étant pas gardées, les déprédations des instruments sont à craindre.

b) Le brouillage des signaux: la plupart des stations transmettent leurs données par voie hertzienne. L'encombrement du spectre radioélectrique entraîne un brouillage

Un autre type de brouillage a été mis en évidence par le CRG à Garchy: la ligne reliant un appareil de mesure — en l'occurence un sismographe — à son amplificateur peut se comporter comme un antenne et recevoir des signaux électriques qui perturbent l'information recueillie. Ainsi, une telle liaison de 35 mètres située à 2 kilomètres d'une ligne à haute tension de 400 kilovolts a fait apparaître, sur les enregistrements, des oscillations visibles à 50 hertz.

c) La modification du site: les stations automatiques doivent être situées dans un environnement immédiat stable, de telle façon que les mesures affectuées soient comparables sur un temps long. Ceci est surtout vrai pour les sites de répétition, notamment en gravimétrie et en magnétisme, pour lesquelles les mesures faites à plusieurs années d'intervalle doivent se rapporter exactement au même environnement. Ainsi, des modifications de relief constituent une modification des conditions pour les stations de clinométrie ou de gravimétrie. Les constructions métalliques ou les déviations de route perturbent l'environnement magnétique. L'installation d'une ligne électrique à haute tension est également une cause de nuisance nouvelle. Donnons un exemple.

Afin de surveiller l'évolution des éléments du champ magnétique terrestre métropolitain et la Corse, une trentaine de stations de répétition ont été implantées (15 à partir de 1948, 17 à partir de 1968). Ces stations, visitées tous les cinq ans, sont matérialisées par des bornes type IGN scellées dans un bloc de maçonnerie enfoncé dans le sol. Ces stations sont souvent soit bousculées et déplacées par les cultivateurs (volontairement ou pas), soit rendues inutilisables par la construction à leur voisinage d'un pylône électrique, d'un château d'eau, d'un transformateur, sans que le service de magnétisme de l'IPG de Paris, qui en est responsable, en soit prévenu.

VII.2 — Niveaux admissibles et précautions à prendre

Le choix des sites de ces stations automatiques est en général effectué de façon satisfaisante. Il s'agit de sites d'accès commode, promettant de bonnes liaisons radio et éloignés de lieux de passage fréquentés. Mais une fois l'installation faite, les sites retenus pour les instruments doivent être, autant que faire se peut, protégés contre les nuisances: clôtures et tuyauteries métalliques près des capteurs magnétiques, sentiers fréquentés à moins de 50 mètres d'un sismographe, émissions diverses de polluants ou de poussières, ouverture de nouvelles voies de circulation, etc. Les canaux accordés par les P.T.T. pour les transmissions doivent être protégés (contre les radioamateurs, les radios libres, etc.). Les stations doivent, par ailleurs, être situées à plusieurs kilomètres des lignes à haute tension, surtout si les enregistreurs sont reliés à leur amplificateur par des câbles assez longs.

Mais surtout, les capteurs et les divers repères distribués sur le territoire devraient être protégés contre le vandalisme.

Les bornes géodésiques sont, d'après les textes légaux, placées sous la protection de la gendarmerie. Les gendarmes surveilleraient sûrement les stations automatiques s'ils recevaient des instructions précises dans ce sens. Il faudrait:

a) mettre en garde les exploitants contre toute atteinte à ces bornes (sites frappés d'expropriation sur 1 m^2), plus systématiquement et sérieusement qu'il n'est fait aujour-

b) demander que l'on soit prévenu de toute construction envisagée dans un rayon de cent mètres; bien souvent ces dernières pourraient être déplacées de quelques dizaines de mètres sans aucun inconvénient.

Il faudrait que tous les repères et les stations d'intérêt géophysique soient protégés par une législation analogue et que les moyens soient donnés aux autorités locales pour les faire respecter.

VIII — NUISANCES PAR LES SATELLITES

Les satellites représentent un outil extraordinaire pour l'exploration de l'environnement terrestre, du système solaire et de l'Univers. Mais ils peuvent constituer aussi un danger pour ces mêmes études. Ainsi en 1962, une expérience de lancement de petits dipôles (aiguilles de cuivre) en très grande quantité autour de la terre fut effectuée pour des essais de télécommunications (projet WESTFORD). La quantité d'aiguilles lancées fut suffisamment faible pour ne pas gêner les observations radioastronomiques de l'époque; mais si la méthode avait été généralisée, les conséquences auraient été catastrophiques avec la sensibilité actuelle des radio-télescopes. Mais déjà, l'Union Astronomique Internationale et d'autres organismes avaient protesté et ont contribué à l'arrêt des lancements.

Actuellement, d'autres dangers sont à craindre. L'idée, périodiquement émise, de placer sur orbite d'immenses collecteurs d'énergie solaire qui serait renvoyée vers la Terre, modifierait de façon désastreuse les conditions actuelles d'observations de la plupart des observatoires astronomiques (P. B. Boyce, Bulletin of the American Astronomical Society, 1980, vol. 12, p. 501). L'opposition à de tels projets doit se faire à un stade très peu avancé des propositions, car il est presque impossible d'arrêter de tels projets très coûteux une fois que leur réalisation a été entreprise.

En dehors de ces projets grandioses, une autre nuisance, a priori moindre mais néanmoins gênante, existe. Il s'agit d'une utilisation non réglementaire de fréquence pouvant gêner les récepteurs à but scientifique ou encore brouiller les émissions de télémesure des satellites scientifiques. Le problème de la pollution des bandes de fréquences utilisées s'aggrave et il faut imposer l'arrêt des émissions des satellites non utilisés.

QUATRIEME PARTIE

ACTIONS DEJA MENEES ET SITUATION ACTUELLE

I — INTRODUCTION

La situation des observatoires astronomiques ou géophysiques français vis-à-vis des diverses nuisances décrites dans la troisième partie se dégrade de façon continuelle. Des projets industriels ou urbains sont établis autour des observatoires et ont donné lieu à un certain nombre de conflits entre la direction des Observatoires et les promoteurs de ces projets. Mais les actions menées par divers observatoires français pour la protection de leur site ont, par la force des choses, toujours eu un caractère local. Ne pouvant s'appuyer sur une législation spécifique, les Directeurs des Observatoires ont négocié avec les autorités locales, maires, préfets et services départementaux, pour obtenir des mesures diminuant la pollution existante ou tendant à empêcher la création de nouvelles sources polluantes. Parfois, des interventions d'autorités scientifiques nationales telles que l'Académie des Sciences ou le C.N.R.S. ont permis d'obtenir des améliorations de la situation en donnant au conflit une dimension nationale. Mais dans aucun cas, la situation ne s'est vraiment stabilisée et une très grande vigilance est de rigueur, d'autant plus qu'il n'y a plus de sites de repli en France, tant l'urbanisation et l'industrialisation se sont développées sur tout le territoire.

Nous donnons, dans ce qui suit, la description des actions qui ont été menées dans un certain nombre d'observatoires français. Un dernier chapitre donne quelques exemples de mesures prises à l'étranger.

II – ACTIONS MENEES EN FRANCE

Nous avons recueilli des documents concernant les observatoires français qui ont mené des actions plus ou moins importantes, relatives à la protection de leur environnement.

II.1 – L'observatoire de Haute-Provence

La réglementation de l'éclairage provenant de la commune de Saint-Michel-l'Observatoire est l'objet de discussions entre l'observatoire et les maires, sous l'égide du Préfet. Des solutions simples ont été proposées par le Directeur de l'Observatoire, allant dans le sens des propositions figurant dans la partie précédente.

Parmi les facteurs qui continuent à menacer de dégrader le site de l'observatoire figure une importante augmentation de la vapeur d'eau due à l'irrigation et à l'arrosage intensif, ainsi que les traînées de condensation qui résultent du passage fréquent d'avions militaires d'entraînement à basse altitude pour lesquels l'observatoire semble être une «cible» ou un repère de choix. Par ailleurs, l'intensité du ciel nocturne due à l'activité humaine s'accroît continûment. L'annexe 6 illustre ce fait pour la période 1971-1977 au cours de

devient de plus en plus gênant et une action selon les principes de l'Annexe 1 devrait être menée.

Un projet de loi pour la protection de ce site avait été élaboré par le C.N.R.S. en 1965 (voir annexe 7). Il n'a malheureusement jamais été soumis au Parlement.

II.2 — L'Observatoire de Paris

Malgré sa situation en plein milieu de Paris, des observations de bonne qualité y sont effectuées à l'aide de l'astrolabe impersonnel de Danjon.

Le problème de la protection du site s'est posé à l'occasion des projets de construction avenue Denfert-Rochereau. A la suite d'une intervention du Ministre de l'Education Nationale, une procédure d'expropriation a pu être engagée. En définitive, le terrain a été acquis par l'observatoire et des immeubles y ont été construits, ne dépassant pas en taille les autres constructions limitrophes. Il n'en demeure pas moins vrai que la seule façon que l'observatoire a de défendre son environnement est de faire appliquer la loi sur les monuments historiques qui permet de réserver une zone de protection, mais en aucune manière en faisant état d'arguments scientifiques.

Actuellement le plan d'occupation des sols de la Ville de Paris mentionne, pour l'Observatoire de Paris, un faisceau de protection de 85 mètres de part et d'autre du méridien.

II.3 — L'Observatoire de Nice

Le site de l'Observatoire de Nice avait été menacé, en 1975, par un projet important d'urbanisation du Mont Vinaigrier dont l'effet principal aurait été l'accroissement du débit de chaleur au niveau du sol. Il a fallu cinq années de discussions, d'études techniques et d'interventions diverses (dont celle de l'Académie des Sciences) pour obtenir une modification du plan d'occupation des sols: en particulier, des études approfondies concernant les effets du chauffage du sol sur l'évolution de la couche d'inversion ont été effectuées. La modification du POS a été décidée le 6 mars 1980 par le Conseil Municipal de Nice. Cependant, aucun document officiel n'existe permettant d'éviter le renouvellement de menaces du même type.

II.4 — Le C.E.R.G.A.

C'est en 1978 que la menace d'installation à 7 kilomètres au Sud-Est de l'Observatoire du Centre d'Etudes et de Recherches Géodynamique et Astronomique (C.E.R.G.A., sur le plateau de Calern à 15 kilomètres au Nord de Grasse), au vent dominant, d'une carrière et d'une usine de concassage s'est précisée. Le projet prévoyait une exploitation intensive de la carrière de Gourdon à concurrence de 1 300 000 tonnes par an et le traitement de ce matériau par une usine de concassage située sur le site même.

En novembre 1978, le C.E.R.G.A. établissait un premier rapport dans lequel on décrivait les risques que courait le site astronomique du Calern, en fonction de diverses hypothèses sur la production de poussières — hypothèses qui se sont avérées par la suite

action nationale était entreprise en alertant diverses instances scientifiques ou politiques et la presse. Le soutien obtenu auprès de ces instances (dont l'Académie des Sciences) a permis de faire prendre ce problème au sérieux. Un «arbitre», M. P. Habib, professeur à l'Ecole Polytechnique, était nommé par le Ministère des Universités et celui de l'Industrie et se voyait affecter des moyens pour faire une étude qui comprenait les points suivants:

— production de poussières et granulométrie,
— transport des poussières dans l'atmosphère,
— effets des déflagrations.

A la suite de ces travaux, un ensemble de mesures de sauvegarde étaient discutées entre le C.E.R.G.A. et le Service des Mines. Ces mesures figurent dans l'arrêté préfectoral du 10 novembre 1981, autorisant l'ouverture de la carrière et l'installation d'une usine de criblage et de concassage de pierres avec une capacité moitié moindre de la capacité initialement prévue. Un groupe de travail était créé pour assurer le contrôle de la pollution et faire appliquer les dispositions prises. On trouvera en annexe 8 le texte de cet arrêté. En pratique, par suite des difficultés économiques dans le département, le démarrage de ce projet s'est fait, jusqu'à ce jour, de manière lente, mais cette réalisation est en passe d'aboutir et l'on peut se demander si les garanties données par cet arrêté seront suffisantes en cas de constatation d'une augmentation de la pollution pour obliger l'exploitant à prendre des mesures. Notons que tout projet de construction dans un périmètre de 3 kilomètres, en visibilité directe depuis le télescope de Schmidt, est soumis à l'avis du Directeur avant l'octroi du permis de construire. Mais des projets immobiliers importants et nouveaux, tant à Caussols qu'à Gréolières, laissent planer des ombres sur le site du C.E.R.G.A., de même que le projet d'implantation d'une ligne à haute tension au Nord du plateau. A cela il faut hélas ajouter encore l'installation récente de couloirs aériens de détournement pour la sécurité, juste au-dessus du site... Tout cela est infiniment préoccupant.

II.5 — L'Observatoire du Pic du Midi

L'Observatoire du Pic du Midi a été, dans une certaine mesure, privilégié quant aux nuisances, d'une part du fait de sa situation géographique, d'autre part grâce à une attitude *a priori* favorable des autorités et des milieux locaux et régionaux.

Le site de l'Observatoire est remarquable par la fréquence d'un ciel pur, permettant l'observation de la couronne solaire à l'aide du coronographe. Le premier problème de nuisance a été celui de la construction, au début des années trente, d'une route touristique qui, partant du Col du Tourmalet, atteignait le Plateau de Laquets, à 250 m en contrebas de l'Observatoire, à l'époque même où Bernard Lyot, venu au Pic du Midi pour y trouver une atmosphère peu diffusante, obtenait ses premiers et spectaculaires résultats sur la couronne solaire. Charles Fabry intervenait alors et faisait émettre par l'Académie des Sciences le voeu extrêmement ferme de voir la route se terminer aux Laquets, de façon à éviter à l'Observatoire les nuages de poussière que soulèverait jusqu'au sommet la circulation automobile. Cela a été fait, mais la route a eu pour effet d'accroître considérablement le nombre des touristes montant ensuite à pied, de juillet à septembre, par un sentier muletier de 1 500 mètres et soulevant, à leur descente, une poussière moins

circulation des piétons et a donc amélioré la situation.

Une autre nuisance est celle qu'apportent les traînées d'avions à réaction lorsque les conditions météorologiques sont telles qu'elles s'étalent et envahissent le ciel. Des contacts ont été pris, à une certaine époque, avec le Service de la Navigation Aérienne (qui a d'ailleurs un relais de liaison au Pic du Midi) pour essayer d'obtenir que les routes des aéronefs, pour la plupart Nord-Est Sud-Ouest, passent à une cinquantaine de kilomètres du Pic du Midi, ce qui garantirait au moins les observations de la couronne solaire dans la première partie de la journée. Aucune suite n'a cependant été donnée à ces démarches.

La nuit, des négociations avec la mairie de la Mongie ont permis de supprimer une partie des lampadaires en service et tout l'éclairage dirigé vers le haut.

En ce qui concerne les perturbations d'origine radioélectrique, l'Observatoire n'a pas pu empêcher l'installation de l'émetteur de télévision, d'autant plus que la Direction de l'Enseignement Supérieur se déclarait très favorable à ce projet. L'Observatoire se trouve en dehors des rayonnements pour le télescope de 2 mètres qui, implanté sur l'arête ouest pour des raisons atmosphériques, est beaucoup plus proche du champ de rayonnement du pylône, ce qui impose une protection de l'instrumentation auxiliaire. Une perturbation supplémentaire non prévue à l'avance est apparue lors de la mise en service du système d'appel « Euro-Signal ».

En fait, la nuisance principale due au bâtiment interministériel occupé par T.D.F. est qu'il est une importante source de chaleur qui dissipe plusieurs centaines de kilowatts. Il vient naturellement à l'esprit de chercher à calfeutrer les bâtiments et à récupérer pour la climatisation dans les locaux le maximum de l'air chaud produit par les installations techniques. Le problème a été abordé mais sa solution n'est pas si simple, ni immédiate: elle ne pourra s'obtenir que par une concertation suivie entre l'observatoire et T.D.F. La seule sauvegarde actuelle réside dans le fait que l'implantation du télescope de 2 mètres sur l'arête ouest est telle que les vents dominants en éloignent l'air chaud produit par le bâtiment interministériel et le maintiennent dans le sillage s'étendant vers l'Est.

II.6 — Observatoire magnétique de Chambon-la-Forêt

Par deux fois (en 1900 et en 1936) l'observatoire magnétique national a dû être transféré, d'abord au Val Joyeux, puis à Chambon-la-Forêt. Les perturbations principales dans ce dernier site sont causées par les courants de retour de la ligne de chemin de fer Paris-Orléans. Les perturbations étaient encore de l'ordre d'une dizaine de nanotesla en 1967. A la suite de diverses interventions ayant abouti à un meilleur isolement des courants de retour, ces perturbations ont été réduites à quelques dixièmes de nT.

II.7 — Observatoire de Bordeaux

Situé à Floirac, dans l'agglomération bordelaise, l'observatoire continue néanmoins des programmes d'observations optiques ou radioastronomiques dans la gamme des ondes millimétriques. Trois dossiers ont été récemment traités, l'observatoire étant intervenu dans chacun d'entre eux.

— Installation à 2,4 kilomètres de l'observatoire d'une usine d'incinération des déchets

— Etude du plan d'occupation des sols dans le quartier de l'observatoire.

II.8 — Centre de Recherches Géophysiques de Garchy

Créé par le C.N.R.S. en 1953, le C.R.G. se consacre à l'étude de nombreux domaines de la géophysique, notamment les courants telluriques, la sismologie, la prospection géophysique et le haute atmosphère. Le choix du site, dans la Nièvre, était justifié très particulièrement par le fait que les courants telluriques et le champ magnétique étaient peu perturbés par l'activité humaine de cette zone principalement agricole et éloignée tant des grandes villes que de l'Océan.

Le projet d'installation d'une ligne de transport d'électricité à $2 \times 400\,000$ volts à 2 kilomètres de la bordure du Centre risque de porter atteinte de façon grave aux qualités de ce site. Plusieurs études sur les effets possibles en magnétotellurie et en études de haute atmosphère ont été effectuées (voir partie III) et les négociations sont en cours pour éloigner la ligne d'au moins 5 kilomètres.

II.9 — Observations radioastronomiques

La protection des bandes de fréquence pour la radioastronomie est basée sur les décisions de l'Union Internationale des Télécommunications (U.I.T.) et approuvées par les pays membres. Ces décisions prévoient l'affectation du spectre à plusieurs niveaux de droit à des « services », parmi lesquels la radioastronomie. Ces décisions sont prises après des études effectuées par le C.C.I.R. (Comité Consultatif International des Radiocommunications) qui publie de plus des rapports et avis techniques concernant l'application de ces décisions.

En France, l'application des décisions de l'U.I.T. est assurée par le Comité de Coordination des Télécommunications (C.C.T.) rattaché au Premier Ministre. L'annexe 5 donne le texte de la réglementation du C.C.T. concernant la radioastronomie (C.C.T., Documentation méthodique, fasc. II, section VII, Annexe A2), où l'on trouve l'application au territoire français des décisions d'affectation des bandes de fréquences à la radioastronomie. On y trouvera en particulier la liste de ces fréquences.

Notons qu'aucune bande de fréquences n'est affectée aux sondages de la haute atmosphère, même à titre secondaire.

III — ACTIONS MENEES A L'ETRANGER

Il n'existe pas, à notre connaissance, de législation à l'échelle nationale permettant de protéger les sites astronomiques ou géophysiques. Quelques pays cependant ont pris des mesures pour sauvegarder le site d'un de leurs observatoires. C'est le cas de la Tchécoslovaquie où une loi protège l'Observatoire d'Ondrejov sur un rayon de 15 kilomètres et autorise l'observatoire à faire éteindre l'éclairage public du village voisin pendant les observations photométriques et spectroscopiques. L'Espagne s'est engagée par accord intergouvernemental à maintenir la qualité des deux sites astronomiques des îles Canaries.

Plus généralement, ce sont des décisions des autorités locales qui permettent d'améliorer la situation ou parfois d'assurer une protection valable, malheureusement encore dans des cas assez rares. Les efforts les plus grands — et souvent payants — ont été déployés par nos collègues américains. Citons les principaux résultats obtenus.

Dès 1972, la ville de Tucson (Arizona) adoptait une réglementation concernant l'éclairage extérieur dont nous donnons le texte en annexe 9. Ce règlement, bien qu'incomplet en ce qui concerne la distribution spectrale, peut servir d'exemple à d'autres actions de ce type. Mais leur application est parfois difficile: on estime que seulement 60% des 8 000 lampes éclairant Tucson sont conformes au règlement.

A Flagstaff, site de trois observatoires (Lowell, U.S. Naval Observatory et Observatoire de l'Université de l'Arizona du Nord) les premières mesures ont été prises dès 1958. La dernière ordonnance municipale prohibe toute illumination vers le haut, assure le contrôle de la distribution spectrale et exige que toutes les enseignes lumineuses soient éteintes à 23 heures, sauf pour les établissements encore ouverts. Des mesures analogues ont été prises dans d'autres comtés environnant Tucson ou Flagstaff.

Le problème de la protection de l'observatoire du Mount Palomar mérite d'être exposé. Malgré la demande faite par les astronomes concernant l'éclairage de la région de San Diego en juin 1983, le conseil municipal émettait un vote en faveur de l'éclairage à vapeur de sodium à haute pression. Une intense campagne d'information et de sensibilisation de la population fut alors déclenchée, si bien qu'en février 1984, la décision fut annulée en faveur des lampes à sodium à basse pression.

Un certain nombre d'autres villes de la Californie du Sud ont également adopté ce type d'éclairage.

Notons encore l'existence d'arrêtés pris dans divers comtés pour protéger l'observatoire de Mauna Kea, site du 3 m 60 C.F.H. (Canada-France-Hawaï), celui de McDonald (Texas), etc.

Enfin, il s'est constitué aux Etats-Unis au sein de l'American Astronomical Society un Comité de la pollution lumineuse et des interférences radio, présidé par D. Crawford qui a été très actif ces dernières années, organisant des réunions de travail avec des représentants des municipalités, des ingénieurs éclairagistes et des industriels. Une réelle prise de conscience de ces problèmes semble apparaître dans la population vivant à proximité des observatoires et chez leurs représentants élus. Il reste néanmoins encore énormément à faire aux Etats-Unis comme ailleurs pour protéger ce qu'il faut bien appeler les derniers sites astronomiques existant dans les pays industrialisés.

CINQUIEME PARTIE

ASPECTS JURIDIQUES

Les problèmes juridiques posés par la protection des sites astronomiques et géophysiques doivent être examinés sous quatre angles différents:

1 — la définition des moyens juridiques nécessaires;

2 — le recensement de la réglementation existante;

3 — la classification des nuisances;

les actions à entreprendre pour assurer la protection des installations scientifiques.

I — DEFINITIONS DES MOYENS JURIDIQUES NECESSAIRES

La solution aux problèmes posés par la protection des sites astronomiques et géophysiques réside dans la création de servitudes administratives qui grèvent les propriétés privées situées en bordure des installations afin d'assurer la protection ou de permettre l'utilisation de ces installations conformément à leur destination.

Elles peuvent comporter des obligations de ne pas faire, qui ont pour effet d'interdire à l'assujetti d'accomplir sur son fonds certains actes déterminés, ou encore de subordonner l'accomplissement de ces actes à la délivrance d'une autoristion administrative.

D'autres servitudes obligent l'assujetti à laisser faire sur son fonds des actes qu'il n'était pas tenu de supporter.

Il existe, enfin, des servitudes qui imposent à l'assujetti des obligations de faire.

Les servitudes administratives ne peuvent résulter que d'un acte unilatéral de l'autorité p[illegible]ue. Il s'agit d'une loi ou d'un acte administratif particulier pris en application de la loi. Cela découle de l'article 650 du Code Civil qui précise que le régime des servitudes «établies pour l'utilité publique» est fixé «par des lois et réglements particuliers».

Indépendamment des règlements qui interviennent éventuellement pour préciser les modalités d'application de la loi, la question se pose de savoir si l'autorité réglementaire a qualité pour créer une servitude administrative. Avant la constitution de 1958 et nonobstant l'article 650 du Code Civil qui prévoyait l'intervention des «lois ou règlements particuliers», la jurisprudence estimait que l'institution des servitudes administratives relevait de la compétence exclusive du législateur.

A l'heure actuelle, on peut estimer que ces servitudes n'entrent pas dans les matières réservées à la loi par l'article 34 de la Constitution de 1958. La preuve en est que certaines servitudes créées avant 1958 par des lois ont été modifiées, au cours de ces dernières années, par des décrets (D N° 61.614 du 12 juin 1961 modifiant les servitudes militaires défensives instituées autour des places fortifiées par la loi du 10 juillet 1851).

En dépit de cette analyse, il faut souligner que toutes les nouvelles servitudes administratives qui ont vu le jour depuis 1958 sont d'origine législative.

Mais à la différence des principes admis en droit privé, aucune servitude administrative ne peut être établie par voie de convention passée avec l'Administration. Une telle convention n'est pas nécessairement illicite, mais il s'agit là d'un contrat de droit privé qui échappe au régime juridique des servitudes administratives.

II — RECENSEMENT DE LA REGLEMENTATION EXISTANTE

Les principales servitudes administratives grévant les propriétés voisines du domaine public ou des installations à protéger se rencontrent dans différents domaines et plus particulièrement au profit:

a) du domaine public routier

— servitudes de réservation de terrain (décret n° 581316 du 23 décembre 1958),

— servitudes de visibilité (décret — loi du 30 octobre 1953),

— servitudes relatives aux plantations (loi du 9 ventôse an XIII et décret du 16 décembre 1811 pour les routes nationales),

— servitudes de fouilles, de rejets des fossés, d'écoulement des eaux, d'essartage, etc.

b) du domaine public maritime

— terrains réservés en bordure du rivage (loi du 28 novembre 1963, articles 4 et 5),

— servitudes de passage au profit des piétons (loi n° 76-1285 du 31 décembre 1976, article 52).

c) du domaine public fluvial

— servitudes de halage et de marchepied (article 15 du code du domaine public fluvial),

— servitude de passage instituée par l'article 424 du Code rural au profit des pêcheurs (loi n° 65-409 du 28 mai 1965),

— servitudes de dépôt des bois ou instituées en vue de la défense contre les inondations.

d) du domaine public ferroviaire (loi du 15 juillet 1845)

— servitudes de la voirie routière applicables au domaine public ferroviaire,

— servitudes spéciales au domaine public ferroviaire:

- servitude non aedificandi,
- interdiction de pratiquer des excavations,
- interdiction de dépt de matières inflammables,
- autorisation préalable pour le dépt d'objets non inflammables,
- etc.

e) du domaine public militaire

— servitudes défensives autour des places fortes et des postes militaires (loi du 10 juillet 1851 et décret d'application du 10 août 1853),

— servitudes aux abords des champs de tir (loi du 8 avril 1895). Conservation, à la manipulation ou à la fabrication des poudres, munitions, artifices ou explosifs (loi du 8 août 1957).

f) du domaine public aéronautique

— servitude de dégagement,

— servitude de balisage.

g) du domaine public des télécommunications

— servitudes relatives à l'établissement des lignes télégraphiques et téléphoniques (article 48 du code des P. et T.).

ou contrôlés par l'Etat:

- protection contre les obstacles (article L 54 à L 56 et R 21 à R 26 du Code des P. et T.),
- protection contre les perturbations électromagnétiques (articles L 54 à L 62 et R 27 à R 29 du Code des P. et T.).

h) travaux géodésiques

Enfin, la loi n° 374 du 6 juillet 1943 a institué une servitude du droit public relative à l'exécution des travaux géodésiques et cadastraux et à la conservation des signaux, bornes et repères.

III — CLASSIFICATION DES NUISANCES

Si l'on essaie de classer les nuisances énumérées dans la partie technique du présent document en fonction de leurs particularités propres, on aboutit grosso modo à trois catégories.

La première catégorie correspond à des nuisances qui sont en corrélation permanente avec une source de production. Elles présentent deux particularités:

— elles disparaissent immédiatement lorsque la source de production est supprimée;

— elles ne deviennent jamais autonomes après leur émission et restent toujours liées à la source de production.

Ces caractéristiques permettent d'intervenir sur la cause de production pour modifier le degré de force ou de puissance de la perturbation.

Dans cette catégorie, on peut ranger:

— les perturbations radioélectriques,
— la lumière directe,
— la lumière diffusée,
— les effets thermiques,
— les perturbations magnétiques,
— les vibrations.

La protection contre ces nuisances consiste à interdire l'implantation de sources polluantes sur les propriétés situées dans une zone à définir autour des installations à sauvegarder.

Il existe *une deuxième catégorie* de nuisances qui, à l'inverse des précédentes, présentent la particularité de persister après leurs émissions par rapport à la source de production dès qu'elles ont été émises. On ne dispose d'aucun moyen technique valable pour les contrôler ou les maîtriser.

Il s'agit essentiellement des émissions de poussières ou de gaz polluants qui peuvent perturber les observations astronomiques ou les études atmosphériques. Les nuages de poussières ou de gaz se dispersent dans l'atmosphère de manière incontrôlée sous l'influence des vents dominants.

Dans ces conditions, la zone de sauvegarde dont il vient d'être parlé ne saurait assurer une protection efficace, à moins de lui donner une surface très importante autour

cas précédent. Faute de pouvoir agir sur les nuisances elles-mêmes, il faut s'orienter vers la surveillance des sources polluantes de manière à supprimer ou diminuer les causes de la pollution.

Le fonctionnement des stations automatiques en géophysique subit également des perturbations qui proviennent essentiellement d'actes de vandalisme et des modifications de l'environnement immédiat. Il s'agit là d'une situation très spécifique qui rejoint celle de l'exécution des travaux géodésiques et cadastraux ainsi que la conservation des signaux, bornes et repères. Nous appellerons ceci nuisances de *troisième catégorie*.

Enfin, la *quatrième catégorie* correspond aux nuisances existantes ou potentielles dues aux satellites déjà lancés ou projetés. Seules des actions dans le cadre international peuvent contribuer à résoudre ce type de problème.

IV — ACTIONS A ENTREPRENDRE POUR ASSURER LA PROTECTION DES INSTALLATIONS SCIENTIFIQUES

Au vu de la classification des nuisances qui vient d'être élaborée, il ne peut y avoir de solution uniforme aux problèmes posés par la protection des sites astronomiques et géophysiques. La servitude administrative à créer dépendra, dans chaque cas, de la nature des obligations à imposer aux propriétés privées situées dans un certain périmètre autour des installations à protéger.

Pour déterminer les actions à entreprendre, il convient de comparer la liste des servitudes de droit public en vigueur avec les servitudes nécessaires à la protection des installations scientifiques. Cette comparaison, qui va être faite par catégorie de nuisances, doit permettre de faire ressortir les lacunes de la réglementation.

IV.1 — Nuisances de première catégorie

Ainsi qu'il a été indiqué, la protection contre ces nuisances consiste à interdire l'implantation de sources polluantes sur les propriétés situées dans une zone à définir autour des installations à sauvegarder. Ces servitudes, qui sont matérialisées par un périmètre de protection, *dont il faut définir l'étendue*, sont comparables à celles qui ont été instituées:

— au profit du domaine public des télécommunications (servitudes de protection contre les perturbations électromagnétiques),

— au profit du domaine public militaire (servitudes défensives autour des places fortes et des postes militaires, servitudes autour des magasins et des établissements servant à la conservation, à la manipulation ou à la fabrication des poudres, munitions, artifices ou explosifs),

— au profit du domaine public aéronautique (servitude de dégagement).

En considérant la liste des nuisances rangées dans cette catégorie, il apparaît que la servitude de protection contre les perturbations électromagnétiques instituée par les articles L 54 à L 62, R 27 à R 29 du Code des Postes et Télécommunications semble convenir parfaitement à la protection des installations scientifiques contre les perturbations radioélectriques. Cette réglementation n'est pas particulière aux Postes et Télécommunications: elle peut être étendue par décret à d'autres ministères intéressés par

magnétiques, vibrations) n'ont pas fait l'objet de réglementation particulière à ce jour. C'est sur ce point que l'action la plus importante est à mener, car il faut élaborer une législation nouvelle ayant pour objet la création de servitudes publiques de protection des installations scientifiques. Cette réglementation pourra s'inspirer de celle qui existe au profit du domaine public militaire et du domaine public aéronautique pour obtenir la création d'une «zone de sauvegarde» autour des installations à protéger.

Avant de faire un choix sur la procédure réglementaire à envisager pour la création de ces servitudes, il est opportun de comparer les textes applicables au domaine public militaire et au domaine public aéronautique.

Les servitudes défensives autour des places fortes et des postes militaires s'exercent sur les propriétés comprises dans trois zones concentriques commençant toutes aux fortifications et s'étendant respectivement aux distances de 250 m, 487 m et 974 m pour les places fortifiées. La troisième zone ne s'étend que jusqu'à 584 m pour les postes militaires. Les zones de servitude sont délimitées à la suite d'une opération de bornage.

Dans ce cas, l'étendue des zones de sauvegarde est définie a priori de manière précise en fonction des protections à assurer.

Les servitudes de dégagement relatives au domaine public aéronautique procèdent d'une autre démarche. Elles comportent l'interdiction de créer ou l'obligation de supprimer sur les propriétés privées situées autour des aérodromes, les obstacles susceptibles de constituer un danger pour la circulation aérienne ou de gêner le fonctionnement des dispositifs de sécurité établis dans l'intérêt de cette circulation. Les zones frappées de servitudes sont définies pour chaque aérodrome et installation intéressant la navigation aérienne par un «plan de dégagement». Ce plan fait l'objet d'une enquête publique dans les formes prévues par le décret n° 59-701 du 6 juin 1959 relatif à la procédure d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique.

Il est approuvé et rendu exécutoire par décret du Conseil d'Etat. Mais si les conclusions du rapport d'enquête, les avis des services et des collectivités intéressées sont favorables, l'approbation est donnée par arrêté ministériel.

Après son approbation, le plan est publié. Une copie du plan est déposée à la mairie des communes sur le territoire desquelles sont assises les servitudes et avis de ce dépôt est donné au public.

A compter de la publication de ce plan, le permis de construire ne peut être délivré dans les zones grevées des servitudes que si les constructions projetées sont conformes aux dispositions du plan ou aux mesures provisoires de sauvegarde.

Cette procédure permet de déterminer, cas par cas, l'étendue de la zone de protection ainsi que les contraintes à imposer aux propriétés situées à l'intérieur de cette zone.

Entre les deux méthodes, le choix est facile à opérer si l'on considère la complexité des problèmes posés par ces catégories de nuisances. La définition a priori de l'étendue de la «zone de sauvegarde» ainsi que le contenu des servitudes à imposer aux propriétés situées à l'intérieur de cette zone est pratiquement impossible.

D'autre part, cela introduirait un facteur de rigidité dans l'avenir, car il faudrait recourir à une modification de la législation pour prendre en compte de nouvelles causes de nuisances ou de nouvelles contraintes scientifiques.

Dans ces conditions, il faut s'orienter vers une législation qui permettrait d'instituer

contraintes à imposer seraient fixées cas par cas au moment de la réalisation de chaque installation scientifique. Un exemple de texte pouvant instituer une telle procédure est donné en annexe 10.

IV.2 — Nuisances de deuxième catégorie (poussières et gaz polluants)

En raison des difficultés présentées par la lutte contre ces nuisances, il a été expliqué qu'une réglementation particulière dans ce domaine aurait peu de chance d'aboutir.

L'action à entreprendre ne peut être que limitée à la surveillance de l'activité des sources polluantes situées autour des installations scientifiques et de veiller à ce que la réglementation existante dans ce domaine soit strictement appliquée pour limiter ou supprimer les causes de pollution.

A cet effet, il existe tout un arsenal législatif et réglementaire dans le domaine de la protection de la nature et de l'environnement qui est constitué par les textes fondamentaux ci-après:

— loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature,

— décret n° 77-1141 du 12 octobre 1977 pris pour l'application de la loi du 10 juillet 1976,

— loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement,

— décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour l'application de la loi du 19 juillet 1976,

— décret n° 79-1108 du 20 décembre 1979 relatif aux autorisations de mise en exploitation des carrières, à leur renouvellement, à leur retrait et aux renonciations à celles — ci,

— loi n° 83-630 du 12 juillet 1983 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement.

Les dispositions prévues par ces textes ont pour objet de soumettre la construction d'ouvrages ou d'installations classées à une procédure particulière qui comporte généralement une étude d'impact et une enquête publique dans le but d'assurer la protection de la nature et de l'environnement. L'étude d'impact doit présenter, notamment, «une analyse des effets sur l'environnement, et, en particulier, ... sur la commodité du voisinage (bruits, vibrations, odeurs, émissions lumineuses) ».

L'enquête publique, dont le dossier doit comporter l'étude d'impact lorsque celle-ci est obligatoire, permet à toute personne physique ou morale de faire connaître ses observations à l'autorité administrative compétente pour délivrer les autorisations.

La réglementation particulière à l'exploitation des carrières permet aussi d'assurer la protection de l'environnement dans des conditions rigoureuses.

Ainsi, il ne paraît pas nécessaire d'entreprendre la promulgation d'une législation spécifique, qui par ailleurs, ne serait pas facile à élaborer et rencontrerait très certainement de sérieuses résistances.

IV.3 — Nuisances de troisième catégorie

La protection des stations automatiques en géophysique contre le vandalisme rejoint

géodésiques ainsi que la conservation des signaux, bornes et repères. Pour cela, une réglementation particulière a été mise en place par la loi n° 374 du 6 juillet 1943 au bénéfice de cet établissement.

Ce cadre réglementaire paraît suffisant pour assurer la protection des stations automatiques en géophysique, mais à la condition de procéder à une modification du texte pour qu'il devienne applicable à la protection de ces stations (voir annexe 11).

IV.4 – Nuisances de quatrième catégorie

Le problème des nuisances introduites par les satellites artificiels est typiquement un problème à résoudre par un accord international. En effet, un satellite lancé par une certaine puissance peut avoir des effets sur de nombreux autres pays.

S'il appartient aux instances scientifiques nationales et internationales d'instruire les dossiers avec rigueur et de sensibiliser l'opinion publique, ce sont les gouvernements seuls qui ont le pouvoir de passer des accords internationaux et de les faire appliquer. Il serait souhaitable que la France prenne l'initiative d'une négociation en vue d'interdire toute utilisation de l'Espace pouvant modifier l'environnement terrestre au point de dégrader (entre autres) les conditions de la recherche scientifique au sol.

ANNEXES

ANNEXE I

RAPPORT ET RECOMMANDATIONS DE LA COMMISSION 50 DE L'UAI (1977)

IDENTIFICATION ET PROTECTION DES SITES D'OBSERVATOIRES EXISTANTS OU POTENTIELS

I — INTRODUCTION

Modern astronomy is increasingly concerned with observations of very faint objects, witch can only be achieved by the use of large telescopes on the best possible observatory sites. The 1976 Report of Commission 50 shows that the number of suitable observatory sites in use, or possibly available for use, is very limited; furthermore, the Report shows that the rapid growth of artificial light which is now experienced at many existing optical observatories already interferes very seriously with sensitive observations. Accordingly, the IAU adopted the following Resolution at the 1976 General Assembly: The IAU notes with alarm the increasing levels of interference with astronomical observations resulting from artificial illumination of the night sky, radio emission, atmospheric pollution and the operation of aircraft above observatory sites. The IAU therefore urgently requests that the responsible civil authorities take action to preserve existing and planed observatories from such interference. To this end, the IAU undertakes to provide through Commission 50 information on acceptable levels of interference and possible means of control.

This report reaffirms the serious nature of the threat to modern astronomy from the various forms of interference at existing and potential observatory sites, and recommends acceptable levels of interference which should not be exceeded if the best possible sensitivity is to be achieved. The main source of interference is artificial light, but serious interference may also be experienced from aircraft, from radio transmitters and from atmospheric pollution. This report therefore also states the conditions under which these two other sources of interference are known to be harmful, and recommends that observatory sites should be protected accordingly.

2.1 Artificial lighting illuminates the sky both in continuum (white) light and in spectral lines, which are generated in various types of metal vapour lamps. This light is scattered back from the sky, forming a background against which an astronomical source must be detected. A natural background already exists, both in continuum light from starlight, zodiacal light and atmospheric «airglow», and in spectral lines from the airglow.

2.2 Continuum (white) light

The limit to sensitivity due to the white light background deteriorates in proportion to the total of the natural and artificial contributions. A contribution of 10 per cent of the natural level, which therefore worsens the basic sensitivity of a telescope by the same proportion, is generally agreed to be the maximum tolerable limit under ideal circumstances, except for the study of the airglow itself, which may require more stringent conditions. This level of sky brightness due to artificial light is specified for 45° elevation above the horizon, and for wavelenghts throughout the optical spectrum from 300 to 1 000 nanometers (nm). These considerations lead to Recommandation 1.

2.3 Spectral line radiation

Similar considerations to those applying to white light apply also to artificial light concentrated in spectral lines, as occurs in sodium, mercury vapour, or metal halide lamps. Some of the spectral lines in radiation from certain types of these lamps occur naturally in the airglow, and the criteria for harmful interference must then be related to the strength of the airglow. Other spectral lines will generally be more harmful.

In the optical region, light from low-pressure sodium lamps is mainly confined to a close pair of spectral lines, the sodium D-lines, which coincide with strong airglow lines. Since the airglow lines are both strong and variable, it is unlikely that the sensitivity of astronomical observations will be seriously affected if the total skylight from the sodium D-lines of artificial light does not exceed the minimum natural airglow. This criterion is taken to apply in a bandwidth of 1 nanometer containing the two D-lines. These considerations lead to Recommandation 2.

III — THE ACCEPTABLE LEVELS OF RADIO FREQUENCY INTERFERENCE

Experience in existing optical observatories shows that radio signals from nearby transmitters, and electrical discharges from overhead power lines, can cause serious interference to modern electronic apparatus, such as photo-electronic detectors and on-line computers. It is important to keep the level of radiated power from these sources below a level known from experience to be harmful; furthermore, some allowance must be made for future increases in sensitivity of electronic apparatus, which may make it more vulnerable to the effects of interference. This level should be assessed without taking account of the screening characteristics of the observatory buildings. These considerations lead to Recommandation 3.

IV — ABSORPTION DUE TO ATMOSPHERIC POLLUTION

Smoke and dust from industrial processes may absorb starlight and disturb photometric

of heat in an industrial process may disrupt the inversion layer locally. The most damaging aspect of absoption is its variability on a time scale of about 1 hour, during which time comparative observations are commonly made between a series of stars. These considerations lead to Recommandation 4.

V — INTERFERENCE FROM AIRCRAFT

Condensation trails from aircraft and the cloud build-up which results from them have very serious effects on atmospheric transparency. Aircraft lights may interfere directly with astronomical observations. It is essential that regular air routes, and where possible individual aircraft, should avoid the sky visible from observatory sites, except at elevation close to the horizon. Even at low elevations aircraft should avoid the immediate vicinity of observatory sites, since exhaust products and heat may affect conditions for astronomical observations. These considerations lead to Recommandation 5.

VI — RECOMMENDATIONS

6.1 Recommendation 1

The increase in sky brightness at 45° elevation due to artificial light scattered from clear sky should not exceed 10 per cent of the lowest natural level in any part of the spectrum between wavelengths 300 and 1 000 nm except for the spectral line emission from low pressure sodium lamps as set out Recommendation 2. (Near wavelength 550 nm the natural level of continuum radiation of the dark sky at the zenith, as observed at a good observatory site, is approximately 10 Raleigh per nm, equal to 2×10^{-8} stilb or 2×10^{-4} cd m^{-2} over the visible range. This level corresponds to one 21.6 mag. star in a square arc second. These figures may be derived from the mean sky brightness quoted by C. W. Allen, Astrophysical Quantities, 3rd ed., p. 134, Athlone Press 1973. The brightness at 45° elevation is approximately 5 per cent greater than at the zenith. The application of this recommendation is discussed in section 7.1.

6.2 Recommendation 2

The increase in sky brightness at 45° elevation due to artificial light from low pressure sodium lamps, taken as the total intensity within the wavelength band 588.8 to 589.8 nm, should not exceed the total minimum level of natural radiation over the same band. (The minimum level at a good observatory site may be taken for the purpose of this recommendation as 30 Raleigh; Allen, op. cit., p. 135). The application of this recommendation is discussed in section 7.2.

6.3 Recommendation 3

The flux of radio frequency power from transmitters located close to an optical observatory should be restricted so that the free space flux, calculated from the radiated power of the transmitters and the directional characteristics of its antenna, but not including the local effects of terrain or buildings, will be less than 2×10^{-6} wm^{-2} at any part of the observatory, its buildings and other apparatus. The application of this

6.4 Recommendation 4

Atmospheric absorption of starlight due to industrial or other forms of pollution should not exceed 1 per cent of light at any wavelength in the range 350 to 1 000 nanometers, as measured at elevation angles greater than 30° above the horizon. In addition, this absorption should not vary by more than 0.1 per cent during any period of one hour.

6.5 Recommendation 5

Aircraft should not be allowed in the sky more than 10° above horizon, as viewed from the observatory site, nor within 5 km horizontal distance from the site.

VII — PRACTICAL APPLICATION OF THE RECOMMENDATIONS

7.1 Continuum lighting

The brightness of scattered artificial light in the visible part of the spectrum (approximately 450 to 650 nm) has been related to the light output of large cities in practical studies, notably by Walker (Lick Observatory, Bulletin N° 760). Walker's studies included a range of distances and a range of size of city in California. As an example, the city of Salinas has the following characteristics:

Population	68 000
Light output of street lighting system	4.2×10^7 lumens

The effect of this city on the night sky brightness, which also includes an unknown extra contribution from other sources of outdoor illumination, was found to be an increase of 0.8 times the dark sky at an elevation of 45° and at a distance of 16 km. This measurement referred to the integrated brightness over visible wavelengths. Further, the brightness at other distances, and the brightness due to towns with different populations, was found to follow the law:

Sky brightness proportional to (Population) × (distance)$^{-2.5}$.

From this example, and bearing in mind the extra unknown contribution from other sources of outdoor illumination, the following guideline may be deduced:

A town 16 km (10 miles) from an observatory will not cause interference from white light in the visible range if the street lighting is restricted to below 5×10^6 lumens.

It must be emphasised that further measurements may lead to revision of this guideline.

7.2 Acceptable forms of street lamps

Apart from incandescent lamps, the only form of street lighting wich can, under properly controlled conditions, provide both useful illumination in streets and no serious effects on observing conditions is the low-pressure sodium lamp. (The use of other types of lamp may be considered in circumstances which depart somewhat from the ideal as in section 7.3 below). The effet of the sodim D-lines must, according to Recommendation

found for observatories at higher latitudes, and at different times of year). This is approximately three times the brightness of the dark sky, averaged over the same bandwidth of 1 nm.

Since the effective visible bandwidth of white light is approximately 100 nm, and since Recommendation 2 allows the brightness of the sky to be doubled in the 1 nm band, the allowable light output (in lumens) from low pressure sodium lamps is approximately one-third that of incandescent lamps.

7.3 The use of other types of metal vapour lamps

Mercury vapour lamps, high pressure sodium lamps, and metal halide lamps are in use in many communities. Such lamps may already be seriously affecting the sky brightness at existing observatories. Where the present levels of sky brightness due to these types of lamp do not already exceed the level recommended for white light, as in Recommendation 1, every effort should be made to restrict their further use. This question will be the subject of further discussion by Commission 50, along the following lines. It is often found in existing observatories that mercury spectral lines from artificial lighting are already so strong that they preclude any possibility of sensitive observations at the wavelengths of those lines. It may then be expedient to allow further sky illumination in the mercury spectral lines, provided that the light is confined to narrow lines, as in clear mercury vapour lamps. The few narrow lines of clear mercury vapour lamps are in these circumstances less harmful than the broad bands emitted by colour corrected mercury vapour and high pressure sodium lamps and the much larger number of emission lines and bands emitted by metal halide lamps (see, for example, Osterbrock, Walker and Koski, *Publ. Astron. Soc. Pacific.*, 88, 349, 1976).

In all situation the use of colour corrected mercury, high pressure sodium and metal halide lamps should be avoided, on account of the very complex and confusing spectrum of light which they produce.

7.4 Filtering and Shielding of Lights

Most light sources have emissions both inside and outside the visual range. The emissions outside the visual range are of no value for street lighting and are harmful to the work of the astronomer, who works in all regions of the spectrum. Light at shorter wavelengths is scattered more strongly by the atmosphere, and therefore affects observations more severely. Filters are available which will filter out the emissions at wavelengths shorter than 440 nm, all of which are out of the visual range, with little effect on the visual range itself. This filtering is needed with mercury vapour, metal halide and fluorescent light sources, but is not required for incandescent, low pressure sodium lamps, or high pressure sodium lamps. The efficiency of all types of lamp used in street lighting is improved by the use of shields and reflectors which direct the light downward, where it is needed, and not upward, where it can only illuminate the sky. Street lighting in the cities referred to by Walker (see section 7.1) uses a variety of lamp types and housings, including both shielded and unshielded types. Where the total light output of a community is approaching the interfering limit set out in the Recommenda-

7.5 Radiofrequency interference

The quoted level of 2×10^{-6} wm^{-2} corresponds to the maximum radiated power from a transmitter power of 1 Kw, using a dipole antenna at a distance of 8 km. At other distances a simple inverse square law applies, e.g. at 20 km the transmitter power, using a dipole antenna, should be restricted to 6 Kw. (In pratical cases the actual radiation characteristics of the antenna and the propagation characteristics of the local terrain must be taken into account).

ANNEXE 2

RESOLUTION DE LA COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE SUR LA PROTECTION DES SITES ASTRONOMIQUES

At its June 1978 meeting it was brought to the attention of the Action Committee that the International Astronomical Union is very concerned about the interference of outdoor lighting upon astronomical observation. Accordingly the following statement was prepared by the Action Committee and approved by the Board of Administration for publication in the CIE Bulletin. It also is suggested that the National Committee may wish to publish it in appropriate journals in their countries.

1) Modern astronomy is increasingly concerned with observations of very faint objects, which can only be achieved by the use of large telescopes on the best possible observatory

"THE IAU NOTES WITH ALARM THE INCREASING LEVELS OF INTERFERENCE WITH ASTRONOMICAL OBSERVATIONS RESULTING FROM ARTIFICIAL ILLUMINATION OF THE NIGHT SKY, RADIO EMISSION, ATMOSPHERIC POLLUTION AND THE OPERATION OF AIRCRAFT ABOVE OBSERVATORY SITES.

THE IAU THEREFORE URGENTLY REQUESTS THAT THE RESPONSIBLE CIVIL AUTHORITIES TAKE ACTION TO PRESERVE EXISTING AND PLANNED OBSERVATORIES FROM SUCH INTERFERENCE..."

2) Because a major source of interference is artificial light and because much astronomy is on an international basis, a liaison has been established between the IAU and the CIE. Direct contacts have been made between representatives of IAU and Committee TC-4.6 (Road lighting) of the CIE.

3) As a result of these contacts the CIE acknowledges that only a limited number of sites exist which meet all the conditions necessary for modern astronomy including the

géodésiques ainsi que la conservation des signaux, bornes et repères. Pour cela, une réglementation particulière a été mise en place par la loi n° 374 du 6 juillet 1943 au bénéfice de cet établissement.

Ce cadre réglementaire paraît suffisant pour assurer la protection des stations automatiques en géophysique, mais à la condition de procéder à une modification du texte pour qu'il devienne applicable à la protection de ces stations (voir annexe 11).

IV.4 — Nuisances de quatrième catégorie

Le problème des nuisances introduites par les satellites artificiels est typiquement un problème à résoudre par un accord international. En effet, un satellite lancé par une certaine puissance peut avoir des effets sur de nombreux autres pays.

ANNEXE 3

BROUILLAGE PAR UN EMETTEUR AYANT UNE BANDE DE FREQUENCE COMMUNE

En prenant la limite de puissance admissible au niveau du radiotélescope, on déduit facilement la puissance maximale de l'émetteur ne risquant pas de causer des brouillages nuisibles. Des résultats typiques sont donnés dans le tableau ci-dessous (ref. Rapports CCIR 238 et 696) qui précise les caractéristiques des émetteurs et les résultats de calcul de propagation effectués.

Fréquence (MHz)	Émetteur brouilleur supposé				Récepteur de radioastronomie supposé		Paramètres du trajet de propagation		
	P_t (dBW)	G_t (dB)	p.i.r.e. (dBW)	B_t (MHz)	P_r (dBW)	B_r (MHz)	L_b (dB)	$d(1°)$ (km)	$d(4°)$ (km)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
13			10	0,01	−178	0,05		} >4 000 (2)	} >4 000 (2)
25			10	0,01	−188	0,12			
38	13	3	16	0,02	−190	0,50	213	1 000	790
80	15	10	25	0,03	−195	1,6	223	1 000	775
408	14	4	18	0,025	−203	3,9	232	860	660
608	–	–	40	6,0	−202	6,0	242	950	765
	–	–	50		−202		252	1 090	915
	–	–	60		−202		262	1 220	1 055
1 400	27	0	27	0,50	−220 (1)	0,02	233	590	410
1 665	7	38	45	3,5	−220 (1)	0,02	242	700	500
	7	0	7		−220		204	260	175
4 975	10	44	54	40	−207	10	255	715	600
	10	0	10		−207		211	200	120
10 650	7	44	52	100	−205	100	257	625	510
	7	0	7		−205		212	150	115
22 235	0	0	0	20	−210 (1)	0,25	191	100	< 100
	0	50	50		−210 (1)		241	340	230

(1) Observation de raies spectrales.

ANNEXE 4

SEUILS DE BROUILLAGE DES OBSERVATIONS RADIO-ASTRONOMIQUES

Les tableaux qui suivent donnent les seuils de brouillage des observations à large bande (continuum) et les observations de raies spectrales. Ces seuils sont atteints lorsque l'erreur induite sur la mesure atteint 10% de la mesure.

Pour certains types d'observations, les seuils de brouillage admissibles peuvent être un peu plus élevés (réf. Rapport CCIR 224).

I — OBSERVATIONS A LARGE BANDE

Explication des en-têtes des colonnes du tableau I:

Colonne

(1) Fréquence nominale servant habituellement à désigner une bande du service de radioastronomie.

(2) Fréquence centrale de la bande attribuée au service de radioastronomie.

(3) Largeur de bande adoptée par hypothèse, égale à la largeur de bande attribuée au service de radioastronomie.

(4) La température de bruit minimale de l'antenne qui se compose du bruit ionosphérique, du bruit atmosphérique (au voisinage de la Terre) et du rayonnement de la Terre.

(5) La température du bruit du récepteur représentative d'un système radiométrique de bonne qualité, destiné à des observations radioastronomiques de grande sensibilité.

(6) Sensibilité totale du système en millikelvin, qu'on a calculé d'après une formule qui tient compte des températures de bruit combinées de l'antenne et du récepteur et de la largeur de bande attribuée, pour un temps d'intégration de 2000 s.

(7) Comme pour (6) mais exprimée en densité spectrale de puissance de bruit à l'aide de la relation $\Delta P = k\ \Delta T$ avec $k = 1.38 \times 10^{-23}$ (J/K) (constante de Boltzmann). Les

Sensibilités et seuils du brouillage préjudiciable dans les observations du continuum, en radioastronomie, avec un temps d'intégration de 2000 s.

Fréquence nominale f_i (MHz)	Fréquence centrale (*) f_i (MHz)	Largeur de bande supposée Δf_i (MHz)	Température de bruit minimale de l'antenne T_i (K)	Température de bruit du récepteur T_k (K)	Sensibilité du système (fluctuation du bruit)		Seuils du brouillage préjudiciable		
					Température ΔT (mK)	Densité spectrale de puissance par Hz ΔP (dB(W/Hz))	Puissance reçue à l'entrée ΔP_H (dBW)	Puissance surfacique $S_H \Delta f_i$ ($dB(W/m^2)$)	Densité spectrale de puissance surfacique S_H (dB(W/(m² Hz)))
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
13	13,385	0,05	60000	100	4250	−222	−185	−201	−248
25	25,610	0,120	20000	100	917	−229	−188	−199	−249
74	73,8	1,6	1000	100	14	−247	−195	−196	−258
150	151,525	2,95	200	100	2,76	−254	−199	−194	−259
327	325,3	6,6	40	100	0,86	−259	−201	−189	−258
408	408,05	3,9	25	100	1,00	−259	−203	−189	−255
610	611	6,0	15	100	0,74	−260	−202	−185	−253
1420	1413,3	27	10	20	0,091	−269	−205	−180	−255
2700	2695	10	10	20	0,15	−267	−207	−177	−247
5000	4995	10	10	20	0,15	−267	−207	−171	−241
10600	10650	100	12	20	0,05	−272	−202	−160	−240
15400	15375	50	15	30	0,10	−269	−202	−156	−233
24000	23800	400	15	50	0,051	−271	−195	−147	−233
31000	31550	500	18	100	0,083	−269	−192	−141	−228
42000	43000	1000	25	100	0,063	−271	−191	−137	−227
90000	89000	6000	30	150	0,037	−273	−185	−125	−222
110000	110500	11000	40	150	0,029	−274	−184	−121	−222
166000	166000	4000	40	150	0,048	−272	−186	−120	−216
220000	224000	14000	40	200	0,032	−274	−182	−114	−215
270000	270000	10000	40	200	0,038	−273	−183	−113	−213

(*) Le calcul des seuils du brouillage préjudiciable est fondé sur la fréquence centrale indiquée dans cette colonne, bien que toutes les régions n'aient pas prévu la même attribution.

(1) Selon que l'on utilise un temps d'intégration de 15 mn, 1 h, 2 h, 5 h ou 10 h, ajouter aux valeurs correspondantes du tableau

observations de grande sensibilité (ΔP_H). Il s'agit du seuil de brouillage qui introduit une erreur au plus égale à 10% dans la mesure de ΔP. $\Delta P_H = 0.1\ \Delta P\ \Delta f_A$. Les nombres inscrits dans cette colonne sont les logarithmes de ΔP_H.

(9) Densité de puissance surfacique dans la bande attribuée qui est nécessaire pour donner une puissance ΔP_H dans un système de réception équipé d'une antenne de réception isotrope. Les nombres inscrits dans cette colonne sont les logarithmes de $S_H\ \Delta f_A$.

(10) Densité spectrale de la puissance surfacique dans la bande attribuée qui est nécessaire pour donner une puissance ΔP_H dans un système de réception équipé d'une antenne de réception isotrope. Les nombres inscrits dans cette colonne sont les logarithmes de S_H.

II — OBSERVATIONS A BANDE ETROITE

Explication des en-têtes des colonnes du tableau II.

Colonne :

(1) Fréquence nominale de la raie spectrale.

(2) Largeur de voie de réception pour la raie spectrale observée. Les largeurs de voie considérées représentent des valeurs typiques pour l'observation de raies spectrales.

(3) La température de bruit minimale de l'antenne se compose du bruit ionosphérique, du bruit atmosphérique et du rayonnement de la Terre.

(4) Température de bruit du récepteur représentative d'un système radiométrique de bonne qualité, destiné à des observations radioastronomiques de grande sensibilité.

(5) Sensibilité totale du système, en millikelvin, qu'on a calculée d'après une formule qui tient compte des températures de bruit combinées de l'antenne et du récepteur, de la valeur supposée de la largeur de voie et d'un temps d'intégration de 2000 s.

(6) Comme pour (5), mais exprimée en densité spectrale de puissance de bruit à l'aide de la relation $\Delta P = k\ \Delta T$ avec $k = 1.38 \times 10^{-23}$ (J/K) (constante de Bolzmann). Les nombres inscrits dans cette colonne sont les valeurs logarithmiques de P.

(7) Puissance à l'entrée du récepteur que l'on considère comme préjudiciable pour des observations de grande sensibilité (ΔP_H). Il s'agit du seuil de brouillage qui introduit une erreur au plus égale à 10% dans la mesure de ΔP. $\Delta P_H = 0.1\ \Delta P\ \Delta f_c$. Les nombres inscrits dans cette colonne sont les logarithmes de ΔP_H.

(8) Densité de puissance surfacique dans la voie de la raie spectrale, qui est nécessaire pour donner une puissance ΔP_H dans un système de réception équipé d'une antenne de réception isotrope. Les nombres inscrits dans cette colonne sont les logarithmes de $S_H\ \Delta f_c$.

TABLEAU II

Sensibilités et seuils du brouillage préjudiciable dans les observations de raies spectrales, en radioastronomie (*), avec un temps d'intégration de 2 000 s.

Fréquence f (MHz)	Largeur supposée de la voie pour la raie spectrale Δf_i (kHz)	Température de bruit minimale de l'antenne T_i (K)	Température de bruit du récepteur T_R (K)	Sensibilité du système (fluctuation du bruit)		Seuils du brouillage préjudiciable		
				Température ΔT (mK)	Densité spectrale de puissance par Hz ΔP (dB(W/Hz))	Puissance reçue à l'entrée ΔP_H (dBW)	Puissance surfacique $S_H \Delta f_i$ (dB(W/m²))	Densité spectrale de puissance surfacique S_H (dB(W/(m² Hz)))
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
327	10	40	100	22,1	−245	−215	−204	−244
1 420	20	10	20	3,35	−253	−220	−196	−239
1 665	20	10	20	3,35	−253	−220	−194	−237
4 830	50	10	20	2,12	−255	−218	−183	−230
14 500	150	15	30	1,84	−256	−214	−169	−221
22 200	250	40	50	2,85	−254	−210	−162	−216
23 700	250	40	50	2,85	−254	−210	−161	−215
43 000	500	25	100	2,80	−254	−207	−153	−210
48 000	500	30	100	2,91	−254	−207	−152	−209
88 600	1 000	30	150	2,85	−254	−204	−144	−204
98 000	1 000	40	150	3,00	−254	−204	−143	−203
115 000	1 000	50	150	3,16	−254	−204	−141	−201
140 000	1 500	40	150	2,45	−255	−203	−139	−200
178 000	1 500	40	150	2,45	−255	−203	−136	−198
220 000	2 500	40	200	2,40	−255	−201	−133	−197
265 000	2 500	40	200	2,40	−255	−201	−131	−195

(*) Le présent tableau ne vise pas à donner la liste complète des bandes/raies spectrales. Il ne contient que des exemples représentatifs pris dans le spectre.

(1) Selon qu'on utilise un temps d'intégration de 15 mn, 1 h, 2 h, 5 h ou 10 h, ajouter aux valeurs correspondantes du tableau respectivement :

ANNEXE 5

PROTECTION DES OBSERVATIONS DE RADIOASTRONOMIE

Référence: « Tableau de répartition des bandes de fréquences », Documentation méthodique, fascicule II, section VII, annexe A 2, publié par le Comité de Coordination de Télécommunication

I — France métropolitaine

Le service de Radioastronomie dispose de quelques bandes exclusives (ou en partage avec des services passifs) et de plusieurs bandes partagées avec d'autres services actifs.

Il se caractérise par:

a) la sensibilité exceptionnellement élevée des stations;

b) la nécessité de longues périodes d'observation exempte de brouillages préjudiciables.

Compte tenu du petit nombre de stations de radioastronomie et de la connaissance de leur emplacement, il est possible d'accorder une attention particulière à la manière d'éviter les brouillages dans les bandes partagées.

Pour assurer la protection du service de radioastronomie contre de tels brouillages, à titre permanent ou temporaire, les administrations peuvent utiliser, selon le cas, des moyens tels que la séparation géographique, l'effet écran du terrain, la directivité de l'antenne et la plus faible puissance d'émission pratiquement réalisable.

Cependant, le plus facile à mettre en oeuvre est le partage géographique.

La protection du terrain autour de l'Observatoire (généralement protégé) à laquelle s'ajoute la protection que procure la courbure de la Terre (sauf dans les bandes 13360-13410 kHz et 25550-25670 kHz où la propagation ionosphérique rend le partage impossible), permet le partage avec des émetteurs de Terre à condition que la puissance émise soit faible et que la séparation géographique soit suffisante. Toutefois, les sytèmes qu'utilisent les astronomes étant très sensibles, de grandes séparations sont en général nécessaires.

Depuis le territoire métropolitain, on doit envisager à l'heure actuelle la protection des Observatoires de Nançay (Cher), de Bordeaux Floirac (Gironde), du Plateau de Bures (Hautes Alpes), de Cambridge (Royaume-Uni) et de Bonn-Effelsberg (République Fédé-

puissance surfacique au-dessus desquels le service de radioastronomie subit un brouillage préjudiciable.

Ces valeurs proviennent du Rapport 224-4 du CCIR, auquel on a appliqué une légère correction destinée à tenir compte des performances réelles des systèmes actuellement en service dans les différents Observatoires ci-dessus. Néanmoins, pour certaines bandes, les seuils indiqués sont nettement supérieurs aux valeurs données par le CCIR.

Pour les fréquences supérieures à 40 GHz, il faut se reporter aux documents du CCIR, principalement au Rapport 224-4.

On admet que le pourcentage de temps pendant lequel ces seuils de brouillage préjudiciable peuvent être dépassés sans entraîner de sérieuses perturbations pour le fonctionnement du service est de 10%, bien que, pour certains types d'observations, un pourcentage d'échec de 10% impose de graves limitations en radioastronomie (occultations lunaires, interférométrie à très longue base).

L'attention des administrations est attirée sur le fait que ces limitations peuvent être dépassées par des rayonnements non essentiels, particulièrement les rayonnements créés par les services utilisant les bandes adjacentes ou sous-harmoniques.

Dans le cas de visibilité directe, les protections du terrain et la courbure de la Terre n'existent plus, ce qui rend le service de radioastronomie extrêmement sensible aux brouillages causés par les émissions provenant des stations spatiales ou d'aéronefs.

Nota. — Les coordonnées géographiques des Observatoires à protéger à partir du territoire métropolitain sont données dans le tableau suivant:

PLATEAU DE BURES	44°38'N	05°55'E
BORDEAUX-FLOIRAC	44°50'N	00°02'W
NANCAY	47°23'N	02°12'E
BONN-EFFELSBERG	50°40'N	07°06'E
CAMBRIDGE	52°10'N	00°09'E

II — Département et Territoire d'Outre—mer

Les dispositions ci-dessus sont applicables aux départements et territoires d'Outre-Mer.

Le seul Observatoire dont on doit envisager la protection à l'heure actuelle est celui d'Arecibo (Porto Rico, coordonnées géographiques: 66°45'W et 18°21'N) qui fonctionne dans les bandes suivantes:

73 - 74,6 MHz
322 - 328,5 MHz
406,1 - 410 MHz
608 - 614 MHz
1330 - 1427 MHz
1610,6 - 1613,8 MHz
1660 - 1670 MHz

dans les bandes où celui-ci bénéficie du statut primaire.

Fréquences (MHz)	Largeur de bande (MHz)	Observatoires concernés	Puissance surfacique maximale dans la bande indiquée en colonne 2 et au niveau de l'Observatoire [dB(W/m²)].	
			Valeur souhaitée	Valeur à respecter impérativement
150,05 - 151	0,95	Nançay, Cambridge	—173	
163 - 164,8	1,8	Nançay		—195
326 - 328	2	Nançay	—172	
407 - 409	2	Nançay, Cambridge, Bonn		—150
1 660 - 1 660,5	0,02	Nançay, Cambridge, Bonn	—193	
1 660,5 - 1 668,4	0,02 (*)	Nançay, Cambridge, Bonn		—193
1 668,4 - 1 670	0,02 (*)	Nançay, Cambridge, Bonn	—193	
10 600 - 10 680	80	Nançay, Bonn	—156	
			Pas de réception à Nançay pour le moment, cette valeur est donnée à titre indicatif	
22 210 - 22 500	0,25 (*)	Bures, Bordeaux, Bonn	—155	

(*) Observations sur les raies spectrales.

TABLEAU II

Puissance surfacique maximale ne causant pas de brouillage préjudiciable au service de Radioastronomie, donnée à titre d'information, dans les bandes où la radioastronomie est secondaire ou introduite par une Note.

Fréquences (MHz)	Largeur de bande (MHz)	Observatoires concernés	Puissance surfacique maximale dans la bande indiquée en colonne 2 et au niveau de l'Observatoire en dB (W/m²)
37,50 - 38,25	0,75	Nançay, Cambridge	—197
1 370 - 1 400	0,02 (*)	Nançay, Cambridge, Bonn	—195 De plus, dans la bande 1 390-1 400 MHz, les services fixe et mobile ne seront pas utilisés dans un rayon de 30 km autour de l'Observatoire de Nançay
6 610,6 - 1 613,8	0,02 (*)	Nançay, Cambridge, Bonn	—193
1 718,8 - 1 722,2	0,02 (*)	Nançay, Cambridge, Bonn	—193
2 655 - 2 690	10	Information pour Bonn seulement	—172
4 800 - 5 000	10	Information pour Bonn et Cambridge seulement	—170
14 470 - 14 500	0,17 (*)	Information pour Bonn seulement	—167
22 010 - 22 210	0,25 (*)	Bures, Bordeaux, Bonn	—155
31 200 - 31 300	100	Bures, Bordeaux, Bonn	—142

ANNEXE 6

EVOLUTION DE LA POLLUTION LUMINEUSE A L'OBSERVATOIRE DE HAUTE-PROVENCE

Depuis de nombreuses années, des mesures photométriques sont faites systématiquement par le groupe « Luminescence Atmosphérique » de l'Observatoire de Haute-Provence. Ainsi, G. Weil et J. Christophe ont-ils pu établir dès 1973 que l'intensité absolue Q du maximum à 435,8 nm caractérisant la pollution par les lampes à vapeur de mercure est proportionnelle à la population P d'une ville et à la puissance −2,13 de sa distance (Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences, tome 277, p. 439).

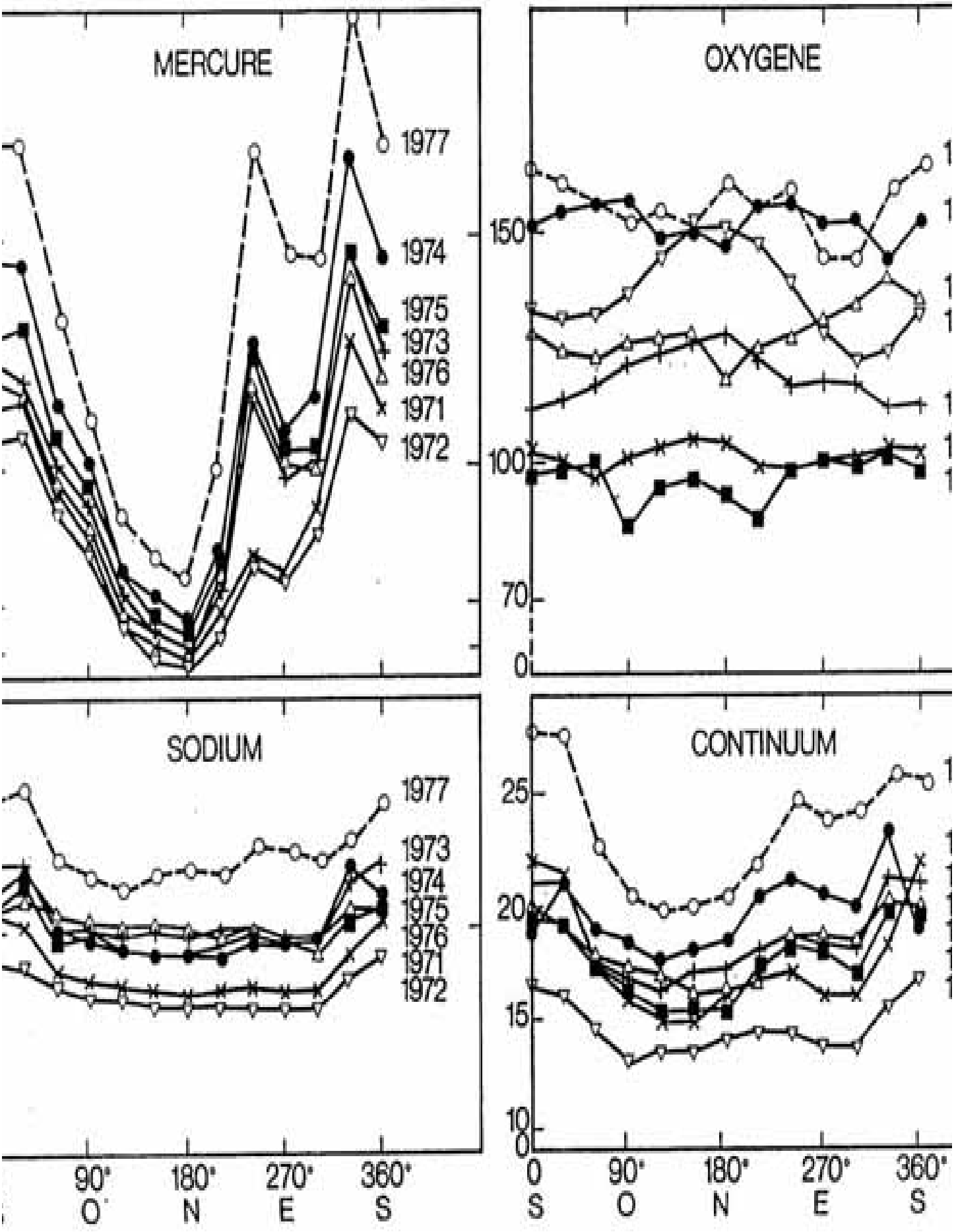
Un dépouillement systématique des mesures faites entre 1971 et 1977 a été effectué par J. Christophe et H. M. Asrari. Les quatre filtres utilisés sont les suivants:

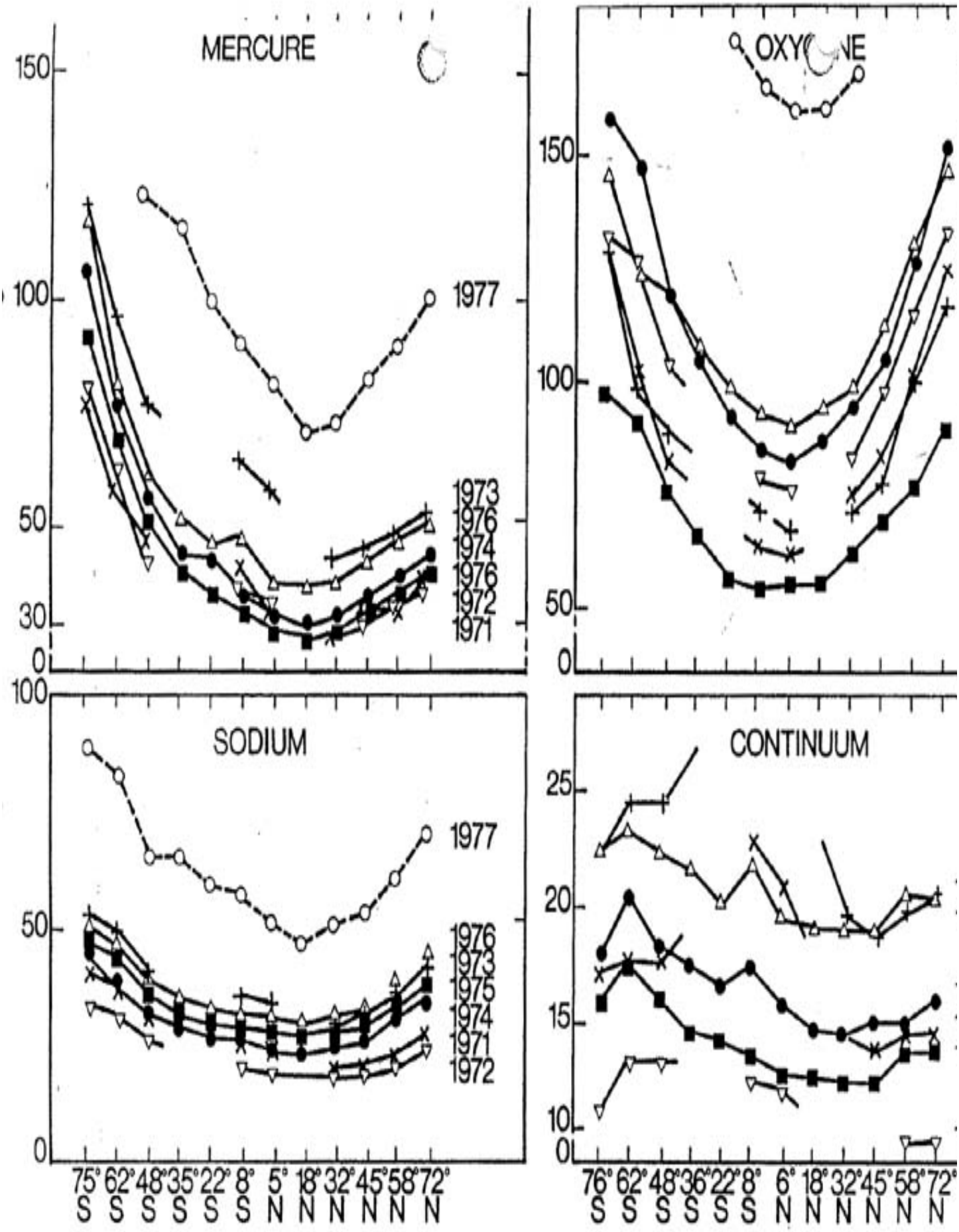
« Mercure »	Longueur	d'onde	435 nm,	bande	passante	4 nm
« Sodium »	"	"	589 nm,	"	"	3 nm
« Oxygène »	"	"	558 nm,	"	"	3 nm
« Fond continu »	"	"	431 nm,	"	"	3 nm

Les mesures ont été, à chaque fois, effectuées le long d'un almucantar à 15° au-dessus de l'horizon et le long du méridien. Les moyennes ont été faites sur chacune des 3 années à partir des résultats recueillis au cours d'une dizaine de nuits entre mai et septembre. Les résultats sont donnés dans les tableaux des deux pages suivantes. Les intensités sont données en unités arbitraires.

On remarque de fortes variations pour l'oxygène, qui peuvent s'interpréter par des effets d'activité solaire. Sur les autres voies, il y a une évolution lente, fonction de l'azimut, ce qui doit être imputé à la lumière des villes. Son intensité a cru de façon très nette entre 1971 et 1973.

(D'après le rapport de stage de H. M. Asrari, « Analyse d'enregistrements obtenus à l'O.H.P. et étude de l'évolution de la pollution optique par les villes entre 1970 et 1977 »,


MERCURE
1977
1974
1975
1973
1976
1971
1972
OXYGENE
150
100
70
0
SODIUM
1977
1973
1974
1975
1976
1971
1972
CONTINUUM
25
20
15
10
0
90°
180°
270°
360°
O
N
E
S
0
S
90°
O
180°
N
270°
E
360°
S


MERCURE
150
100
50
30
0
1977
1973
1976
1974
1976
1972
1971
OXYGENE
150
100
50
0
100
SODIUM
50
0
1977
1976
1973
1975
1974
1971
1972
CONTINUUM
25
20
15
10
0
75° S
62° S
48° S
35° S
22° S
8° S
5° N
18° N
32° N
45° N
58° N
72° N
76° S
62° S
48° S
36° S
22° S
8° S
6° N
18° N
32° N
45° N
58° N
72° N

PROJET DE LOI INSTITUANT DES SERVITUDES DANS L'INTERET DE L'OBSERVATOIRE DE HAUTE-PROVENCE, PREPARE AU CNRS EN 1965

ARTICLE PREMIER. — Afin de permettre la poursuite des recherches menées à l'Observatoire de Haute-Provence situé à Saint-Michel-l'Observatoire (Basses Alpes), il peut être institué certaines servitudes publiques dans l'intérêt de la recherche scientifique.

ART. 2. — Il peut être créé autour de l'Observatoire de Haute-Provence deux zones de protection respectivement appelées: zone primaire de protection et zone secondaire de protection.

Dans la zone primaire de protection, le plan d'établissement des servitudes peut imposer la modification ou la suppression d'installations quelconques présentant des caractéristiques techniques définies par ce plan. Il peut également disposer qu'aucune installation présentant ces caractéristiques ne pourra être construite. Afin d'assurer le respect de ces conditions, il peut prévoir notamment qu'aucun permis de construire prévu par l'article 84 du Code de l'Urbanisme ne pourra être délivré dans cette zone sans l'avis conforme du Ministre de l'Education Nationale.

Dans la zone secondaire de protection, le plan d'établissement des servitudes peut prévoir qu'aucune installation présentant des caractéristiques techniques déterminées ne pourra être construite sans qu'ait été recueilli l'avis du Directeur du Centre National de la Recherche Scientifique.

ART. 3. — Le plan d'établissement des servitudes définira la zone primaire de protection de telle façon qu'elle ne s'étende en aucun point à plus de 10 km de l'Observatoire de Haute-Provence et que la zone secondaire ne s'étende en aucun point à plus de 40 km du même lieu.

Ces dispositions, ainsi que celle de l'article précédent, ne font pas obstacle à l'application de l'article 6 de la présente loi.

ART. 4. — Les zones qui sont soumises à servitudes, ainsi que la nature de ces servitudes, sont fixées par un plan d'établissement des servitudes après une enquête publique. La préparation du dossier d'enquête publique s'effectue comme suit: sur demande du Ministre de l'Education Nationale, à laquelle est joint un projet de plan, le Préfet désigne par arrêté les communes sur le territoire desquelles les agents qualifiés

Après achèvement de cette enquête, le plan de servitudes qui en résulte est approuvé par décret pris sous le contre-seing du Ministre de l'Education Nationale et du Ministre de l'Intérieur. Si l'accord entre ces ministres n'intervient pas, ou si le plan oblige à modifier ou à supprimer des ouvrages publics ou d'intérêt public, il est statué par décret pris en forme de règlement d'administration publique; la même procédure doit être suivie si le plan prévoit la possibilité d'agir en vertu de l'article 6.

Les servitudes portées au plan sont instituées à compter du jour de la publication du décret. Elles sont supprimées ou modifiées selon la même procédure.

ART. 5. — Les servitudes instituées en application de la présente loi donnent droit à l'indemnité s'il en résulte une modification à l'état antérieur des lieux déterminant un dommage direct, matériel et actuel. A défaut d'accord amiable, cette indemnité est fixée par les tribunaux judiciaires.

ART. 6. — Le plan d'établissement des servitudes peut prévoir que tout propriétaire ou usager d'une installation située en un point quelconque du territoire, hors même des zones de protection, et produisant des perturbations préjudiciables aux travaux de recherche scientifique, sera tenu de se conformer aux dispositions qui lui seront indiquées en vue de faire cesser le trouble, par le Ministre de l'Education Nationale. Les frais engagés pour satisfaire les injonctions ainsi prononcées sont à la charge de l'administration. Dans le cas où les obligations ainsi créées causent un dommage direct, matériel et actuel aux propriétaires ou usagers il est fait application de l'article 5.

ART. 7. — Les infractions aux obligations créées en application de la présente loi sont passibles d'une amende de 100 F à 10 000 F sur réquisition du ministère public agissant à la demande du Ministre de l'Education Nationale. Le tribunal saisi de la poursuite impartit aux personnes qui contreviennent à ces obligations un délai pour régulariser la situation sous peine d'une astreinte de 5 F à 50 F par jour de retard. Dans le cas où le délai n'est pas observé, l'astreinte prononcée court à partir de l'expiration dudit délai jusqu'au jour où la situation est effectivement régularisée.

Si cette régularisation n'est pas intervenue dans l'année de l'expiration du délai, le tribunal peut, sur réquisition du ministère public agissant dans les mêmes conditions, relever à une ou plusieurs reprises le montant de l'astreinte, même au-delà du maximum prévu ci-dessus.

Le tribunal peut autoriser le reversement d'une partie des astreintes lorsque la situation aura été régularisée et que le redevable établir qu'il a été empêché d'observer le délai qui lui avait été imparti par une circonstance indépendante de sa volonté.

En outre, si, à l'expiration du délai fixé par le jugement, la situation n'a pas été régularisée, l'administration peut faire effectuer les travaux d'office aux frais et risques des personnes civilement responsables.

Les astreintes sont recouvrées par les comptables du Trésor sur réquisition du ministre intéressé ou de son délégué.

Les personnes qui ont été condamnées par application du présent article et qui, dans les trois années qui suivent, commettent une nouvelle infraction aux dispositions de la présente loi, sont punies d'une amende de 200 F à 20 000 F et d'un emprisonnement de

ANNEXE 8

ARRETE PREFECTORAL DU 10 NOVEMBRE 1981 CONCERNANT LES CARRIERES DE GOURDON

Le Préfet des Alpes Maritimes

Vu la loi...

(divers attendus)

ARRETE:

ARTICLE PREMIER. — La Société Anonyme Entreprise Jean SPADA est autorisée à exploiter sur le territoire des communes de GOURDON et BAR-sur-LOUP, au lieu dit «LA SARREE», une installation de broyage et criblage de matériaux de carrière d'une capacité annuelle de production maximale de 600000 tonnes. La mise en service de l'installation est subordonnée à la réalisation préalable des travaux routiers ci-après, selon les termes d'une convention passée entre le Département des ALPES-MARITIMES et la S.A. Entreprise Jean SPADA:

1.1/ L'aménagement du C.D. 3 entre la Sarrée et Pré du Lac avec renforcement de la chaussée, stabilisation de la zone de glissement et aménagement du carrefour de Pré du Lac,

1.2/ La réalisation d'une bretelle assurant la sortie de l'autoroute à l'Ouest de CAGNES-sur-MER vers le C.D. 2.

3.1/ Mesures de prévention

3.1.1. Les bâtiments de fabrication (concassage primaire, installations secondaires et tertiaires) seront entièrement bardés. Ils seront équipés de dispositifs de dépoussiérage tels que l'air rejeté dans l'atmosphère contienne moins de 30 mg de poussière par mètre cube et que le flux de poussière soit inférieur à 20 Kgs/jour.

3.1.2. Le stock de matériaux pré-concassés sera couvert, de même que les transporteurs à bandes extérieures aux bâtiments.

3.1.3. Les trémies de livraison des granulats seront équipées de manches en caoutchouc et d'appareillages de pulvérisation d'eau.

3.1.4. Les voies de circulation définitives empruntées par les véhicules à roues, seront revêtues, régulièrement balayées et si nécessaire arrosées.

3.1.5. Les voies de circulation d'implantation provisoire, seront arrosées afin de les maintenir en permanence humides et éviter l'envol des poussières.

3.1.6. Une rampe de pulvérisation d'eau sera installée à la sortie de l'établissement pour permettre l'arrosage systématique du chargement des véhicules de livraison.

3.1.7. Les moteurs des véhicules à combustion interne, seront réglés ou entretenus de façon à réduire au maximum les émissions de fumée qui devront être conformes aux dispositions de l'arrêté du 12 novembre 1963.

3.2/ Suivi de l'empoussièrement

3.1.1. Avant la mise en activité de l'installation de concassage le point zéro de l'empoussièrement du site sera établi par un expert indépendant reconnu par l'administration.

Ce point zéro comportera les opérations suivantes:

1 — Prélèvement par avion et par ballon captifs des poussières au-dessus du site et évaluation qualitative et quantitative de ces poussières,

2 — Mesure optique par laser, de l'état de référence du ciel (concentration de poussières dans l'atmosphère au-dessus du site, sur la base de quelques centaines de mètres),

3 — Mesure de l'état de référence du ciel par photométrie laser et photographie du ciel étoilé.

3.2.2. L'exploitant assurera l'auto-surveillance de l'empoussièrement du site. A cet effet:

a) un dispositif de mesure en continu des poussières sera disposé en aval des installations de dépoussiérages,

b) une station météorologique sera implantée sur place et exploitée en vue de suivre la vitesse et la direction du vent.

L'exploitant assurera l'auto-surveillance de l'empoussièrement par des mesures du même type que celles effectuées pour l'établissement du point zéro visé au paragraphe

3.2.3. L'exploitant tiendra un registre sur lequel seront consignés les résultats des mesures d'empoussièrement et des mesures météorologiques locales ainsi que l'activité des différents postes de travail.

Ce registre sera tenu à la disposition de l'Inspecteur des Installations Classées et pourra être consulté par M. Le Directeur du Cerga et MM. Les Maires de GOURDON et de BAR-sur-LOUP.

3.2.4. L'exploitant adressera à l'Inspecteur des Installations Classées, dans le premier trimestre de chaque année, un rapport portant sur le suivi de l'empoussièrement au cours de l'année écoulée. Ce rapport fera l'objet d'un compte rendu de l'Inspecteur des Installations Classées au Conseil Départemental d'Hygiène.

3.2.5. Un groupe de travail, chargé d'examiner périodiquement les résultats des mesures prescrites au présent article, et composé de représentants du Directeur Interdépartemental de l'Industrie, du CERGA et de l'exploitant, est constitué.

3.2.6. En cas de risque d'empoussièrement de nature à perturber l'activité de l'observatoire du CERGA, des mesures seront effectuées sans délai. Si les résultats de ces mesures confirment ce risque et si l'installation en est la cause, celle-ci sera partiellement ou totalement arrêtée.

3.2.7. Toutes dispositions complémentaires pourront être prises dans le cadre de l'article 18 du décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977.

ART. 4. — Prévention des bruits et vibrations

4.1/ Les machines susceptibles d'incommoder par des trépidations ou vibrations, le Centre d'Etudes et de Recherches Géodynamiques et Astronomiques — CERGA — seront isolées par des dispositifs efficaces contre les vibrations. Ces vibrations, mesurées sur le site du CERGA, resteront inférieures à 0,01 µm.

4.2/ Les installations seront équipées, exploitées et entretenues de telle sorte que leur fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits ou vibrations susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage ou constituer une gêne pour sa tranquillité.

Les prescriptions de l'instruction ministérielle du 21 juin 1976 relatives au bruit des installations relevant de la loi sur les établissements dangereux, insalubres ou incommodes, lui sont applicables.

4.3/ Les véhicules et engins de chantier utilisés devront être conformes à la réglementation en vigueur; les engins de chantier seront conformes à un type homologué au titre du décret du 18 avril 1969.

Limite des parcelles sur lesquelles l'exploitant a un droit de propriété ou de fortage	Prédominance d'activités industrielles	65 DB (A)	60 DB (A)	55 DB (A)

ART. 5. — Prévention de la pollution des eaux

5.1/ Le lavage des matériaux concassés est interdit.

5.2/ Le lavage des camions et engins n'est autorisé que sur une aire bétonnée prévue à cet effet, équipée d'un système adapté de collecte décantation et déshuilage des eaux.

5.3/ Les aires de stationnement de tous véhicules et engins seront bitumées. Les eaux de ruissellement de ces aires, seront collectées et transiteront dans un décanteur deshuileur adapté, avant rejet dans le milieu naturel.

5.4/ Les eaux résiduaires seront évacuées conformément à l'instruction ministérielle du 6 juin 1953 (J.O. du 20 juin 1953) relative à l'évacuation des eaux résiduaires des installations classées. En particulier, elles devront respecter les prescriptions suivantes:

— pH compris entre 5,5 et 8,5

— température inférieure à 30° centigrade.

En outre, ces eaux résiduaires avant leur rejet dans le milieu naturel devront répondre aux concentrations et caractéristiques suivantes: M.E.S. inférieures à 30 millig/litre, hydrocarbures inférieurs à 20 millig/litre (norme NF/NT 90203).

ART. 6. — Atelier d'entretien

6.1/ L'atelier d'entretien et de réparation des véhicules et engins sera bétonné. Les produits de vidange seront récupérés et stockés dans un réservoir étanche disposé dans une cuvette de rétention avant d'être remis à une entreprise agréée pour sa collecte.

6.2/ Les produits de nettoyage souillés (solvants, ...) seront conservés dans les mêmes conditions que les huiles de vidange, et remis à un centre agréé pour leur destruction.

6.3/ Les eaux résiduaires issues de cet atelier, transiteront par un déshuileur, avant rejet.

ART. 7. — Dépôts de liquides inflammables, poste de distribution de carburant

Les dépôts de liquides inflammables (fuel-oil domestique, gas-oil) seront établis selon les prescriptions de l'arrêté type y afférent; il en sera de même en ce qui concerne le poste de distribution de gas-oil.

ART. 8. — Prévention des incendies

8.1/ L'établissement disposera au moins des moyens de secours suivants:

— un extincteur à poudre de 50 Kgs. sur roues, à proximité de l'aire de stationnement des camions,

— un poteau d'incendie normalisé, facilement accessible, alimenté par une citerne d'une capacité minimale de 60 m3.

8.2/ Une consigne «incendie» sera affichée aux postes de travail, au bureau, au réfectoire, aux vestiaires. Cette consigne indiquera les mesures d'urgence à prendre, les personnes à prévenir, le numéro de téléphone des secours les plus proches.

ART. 9. — Installations électriques

Les rapports de contrôles périodiques des installations électriques effectuées par un technicien ou un organisme compétent, seront tenus à la disposition de l'Inspecteur des Installations Classées.

ART. 10. — Contrôles

L'inspection des installations classées pourra prescrire des contrôles et des études portant sur:

— la situation acoustique,

— les vibrations,

— les poussières émises,

— la qualité des eaux.

Ces contrôles et études seront effectués par un organisme reconnu par l'Administration. Ils seront à la charge de l'exploitant.

ART. 11. — Dispositions diverses

11.1/ Les installations seront masquées au mieux, à la vue des usagers du C.D. n° 3, par des plantations d'arbres appropriés.

11.2/ La présente autorisation cesserait de produire effet si l'exploitation de l'établissement venait à être interrompue durant deux années consécutives, sauf en cas de force majeure.

11.3/ Cette installation ne pourra être utilisée que pour traiter les produits bruts extraits de la seule carrière du « Bois de Gourdon ».

11.4/ L'exploitant d'une installation soumise à autorisation ou à déclaration est tenu de déclarer sans délai à l'inspection des installations classées les accidents ou incidents survenus du fait du fonctionnement de cette installation qui sont de nature à porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article premier de la loi du 19 juillet 1976.

11.5/ L'inspecteur des installations classées présentera chaque année au Préfet (Service des Installations Classées) un rapport sur l'ensemble des résultats de mesures obtenues, et sur le respect des prescriptions imposées à cette installation.

ORDINANCE NO. 3840, ADOPTED BY THE MAYOR AND COUNCIL OF THE CITY OF TUCSON, ARIZONA, USA, 5 JUNE 1972

RELATING TO OUTDOOR LIGHTING; AMENDING CHAPTER 3 OF THE TUCSON CODE BY ADDING ARTICLE VI, OUTDOOR LIGHT FIXTURES.

BE IT ORDAINED BY THE MAYOR AND COUNCIL OF THE CITY OF TUCSON, ARIZONA, AS FOLLOWS:

SECTION 1. That Chapter 3 of the Tucson Code be amended by adding thereto a new Article VI entitled Outdoor Light Fixtures as follows:

Sec. 3-194. Outdoor Light Fixtures

Sec. 3-194 (1). Definitions.

(a) Outdoor light fixtures shall include but are not limited to lighting for billboards, street lights, shopping center parking area lights, externally or internally illuminated on-site or business advertising signs and area-type lighting.

(b) Individual shall mean any private individual, tenant, lessee, owner or any commercial entity including but not limited to companies, partnerships, joint ventures or coporations.

Sec. 3-194 (2). General requirements.

(*a*) Shielding: All outdoor lighting, installed on or after ninety (90) days from the enactment shall be shielded from above in such a manner that the edge of the shield shall be level with or below the center of the light source.

(*b*) Filtration: All outdoor lights installed on or after ninety (90) days from the enactment of this ordonance having more than fifteen percent of the total emergent flux lying in the spectral region below forty-four hundred (4400) Angströms units shall be filtered with a filter whose transmission is less than ten percent at any wavelength less than forty-four hundred (4400) Angströms. This includes, but is not limited to, mercury vapor fluorescent-type lamps.

Sec. 3-194 (3). Prohibitions.

(*a*) Searchlights: The operation of searchlights for advertising purposes within the city limits is prohibited between midnight and sunrise.

(*b*) No outdoor public recreational facility shall be illuminated after midnight which would normally be expected to cease by midnight unless a specific recreational activity is already in progress.

(*c*) Outside building illumination: The outside illumination for aesthetic purposes of any building, public or private, by flood light projected above the horizontal is prohibited between midnight and sunrise.

(*d*) Advertising signs: The illumination of outdoor signs which, by special design consideration, requires flood lighting projected above the horizontal is prohibited between midnight and sunrise.

Sec. 3-194 (4). Exemptions.

(*a*) Any individual as defined herein may submit a written request to the Chief Inspector, Inspection Division, for a temporary exemption to the requirements of this ordinance. The request for exemption shall contain as a minimum the following listed information:

(1) Type and use of outdoor light involved.

(2) Specific exemption requested.

(3) Physical size of outdoor light.

(4) Type of illumination.

the request for exemption.

(*b*) The Chief Inspector, Inspection Division, shall have five days from the receipt of the request for exemption in which to reject in writing the request. If rejected, the individual making the request shall have the right of appeal to the Board of Appeals for review of the decision of the Chief Inspector.

Sec. 3-194 (5). Exclusions.

(*a*) Outdoor lighting of all types within the City limits of Tucson existing prior to June 5, 1972.

(*b*) Private residential incandescent outdoor illumination.

(*c*) Light produced directly by the combustion of natural gas or other fuels.

(*d*) Outdoor on-site or business advertising signs in which light is produced by glass tubing filled with neon, argon and/or krypton.

(*e*) Outdoor on-site or business advertising signs of the type constructed of translucent materials and wholly illuminated from within which are in compliance with Sec. 3-194 (2) (*b*).

(*f*) Outdoor advertising illumination subject to the provisions of Sec. 3-194 (3) (*d*).

(*g*) Public recreational lighting subject to the provisions of Sec. 3-194 (3) (*b*).

(*h*) Outdoor building illumination subject to the provisions of Sec.3-194 (2) (*b*).

(*i*) Fluorescent type lamps having not more than twenty percent (20%) of the total emergent flux lying in the spectral region below four thousand nine hundred (4900) Angström units.

Sec. 3-194 (6). Conflicts with other ordinances.

Where a provision of Tucson City Code, the Arizona revised Statutes, or the United States Code requires for the purposes of health, welfare or public safety a lighting requirement contra to the provision of this ordinance, said provision shall prevail over any or all requirements of this ordinance.

SECTION 2. That the various city officers and employees be, and they hereby are, authorized and directed to perform all acts necessary or desirable to give effect to this ordinance.

SECTION 3. WHEREAS, it is necessary for the preservation of the peace, health and safety of the city of Tucson that this ordinance become immediately effective, an emergency is hereby declared to exist, and this ordinance shall be effective immediately upon its passage and adoption.

EXEMPLE DE PROJET DE LOI
relative à la création de servitudes de protection des installations scientifiques

ARTICLE PREMIER :

Afin d'empêcher que des ouvrages ou installations ne perturbent le fonctionnement des établissements de recherche scientifique exploités ou contrôlés par les différents départements ministériels, il est institué des servitudes spéciales dites « servitudes scientifiques ».

Ces servitudes comportent l'interdiction de créer ou l'obligation de supprimer les ouvrages ou installations, situés à l'intérieur d'une zone déterminée par un plan, et qui sont nuisibles au fonctionnement des établissements de recherches scientifiques.

ART. 2:

Les dispositions de la présente loi sont applicables:

a — aux observatoires astronomiques,

b — aux observatoires et instituts de physique du globe,

c — aux laboratoires de recherche fondamentale et appliquée du secteur public.

ART. 3:

Pour chaque installation visée à l'article 2, un « plan de sauvegarde » est établi par décret après enquête publique et avis d'une commission centrale de contrôle constituée à cet effet.

Les servitudes définies par le plan grèvent les fonds intéressés du jour de la publication de ce décret.

Le plan de sauvegarde est modifié selon la même procédure. Toutefois, l'enquête publique n'est pas nécessaire lorsque la modification a pour objet de supprimer ou d'atténuer les servitudes prévues au plan.

ART. 4:

En cas d'urgence, des mesures provisoires de sauvegarde peuvent être prises par arrêté ministériel après enquête publique et avis de la commission mentionnée à l'article précédent.

ART. 5:

Lorsque ces servitudes entraînent la suppression ou la modification de bâtiments constituant des immeubles par nature en application des articles 518 et 519 du code civil, et à défaut d'accord amiable, l'expropriation de ces immeubles a lieu conformément aux dispositions du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique.

Après suppression ou modification des bâtiments ainsi acquis et lorsque les lieux ont été mis en conformité avec les exigences de la présente loi, l'administration peut procéder à la revente des immeubles expropriés, sous garantie d'un droit de préemtion aux propriétaires dépossédés et sous réserve du respect par l'acquéreur de ces servitudes.

ART 6:

Dans les autres cas, ces servitudes ouvrent droit à l'indemnité s'il en résulte une modification à l'état antérieur des lieux déterminant un dommage direct, matériel et actuel. A défaut d'accord amiable, cette indemnité est fixée par le tribunal administratif.

La demande d'indemnité doit, à peine de forclusion, parvenir au ministère intéressé dans le délai d'un an à compter de la notification faite aux intéressés des mesures qui leur sont imposées.

ART. 7:

Tout propriétaire ou usager d'une installation située en un point quelconque du territoire, même hors des zones de servitudes et produisant ou propageant des perturbations gênant les travaux de recherches scientifiques est tenu de se conformer aux dispositions qui lui seront indiquées en vue de faire cesser le trouble, par le ministre intéressé; il doit notamment se prêter aux investigations autorisées par un arrêté préfectoral et réaliser les modifications prescrites.

Les frais engagés pour satisfaire les injonctions ainsi prononcées sont à la charge de l'administration.

Dans le cas où les obligations précitées causent un dommage direct, matériel et actuel aux propriétaires ou usagers, il est fait application de l'article 6 ci-dessus.

ART. 8:

Les infractions aux dispositions de la présente loi et des règlements pris pour son application sont passibles d'une amende (à fixer).

Sur réquisition du ministère public agissant à la demande du ministre intéressé, le tribunal saisi de la poursuite impartit aux personnes qui contreviennent aux dispositions de la présente loi, sous peine d'une astreinte de X... Francs par jour de retard, un délai pour régulariser la situation.

Dans le cas où ce délai n'est pas observé, l'astreinte prononcée court à partir de l'expiration dudit délai jusqu'au jour où la situation est effectivement régularisée.

Si cette régularisation n'est pas intervenue dans l'année de l'expiration du délai, le

Le tribunal peut autoriser le reversement d'une partie des astreintes lorsque la situation aura été régularisée et que le redevable établira qu'il a été empêché d'observer, par une circonstance indépendante de sa volonté, le délai qui lui avait été imparti.

En outre, si à l'expiration du délai fixé par le jugement, la situation n'a pas été régularisée, l'administration peut faire effectuer les travaux d'office aux frais et risques des personnes civilement responsables.

Les personnes qui ont été condamnées par application du présent article et qui, dans les trois années qui suivent, commettent une nouvelle infraction aux dispositions du présent article, sont punies d'une amende de X... Francs et d'un emprisonnement de X... jours ou de l'une de ces deux peines seulement.

Les infractions aux dispositions de la présente loi peuvent être constatées par des procès-verbaux dressés par les officiers de police judiciaire, les gendarmes et les fonctionnaires assermentés de l'administration. Ces procès-verbaux font foi jusqu'à preuve du contraire.

ANNEXE 11

Exemple de projet de loi relative à la création d'une servitude de droit public au profit des stations automatiques en géophysique