

APR 24 1969  
7308/II/69-F

Bruxelles, le 9 avril 1969

COMMUNAUTES EUROPEENNES

COMITE DE POLITIQUE ECONOMIQUE A MOYEN TERME

Groupe de travail "Politique de la recherche  
scientifique et technique"

RAPPORT DU GROUPE SPECIALISE  
"METEOROLOGIE"

Document de travail

## TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
I. <u>Introduction</u> .....	1
1. Déroulement des travaux du groupe spécialisé .....	1
2. Intérêt économique d'une coopération européenne en vue d'améliorer la prévision météorologique .....	1
3. Conditions scientifiques et techniques d'une amélioration des prévisions météorologiques .....	2
4. Tendances du développement .....	3
II. <u>Recommandations pour la coopération des services       météorologiques</u> .....	4
1. Actions .....	4
2. Installations permanentes pour la promotion de la collaboration .....	5
III. <u>Estimation des coûts de la durée et de la rentabilité;       forme de la collaboration</u> .....	5
IV. <u>Notes explicatives concernant les recommandations</u> .....	7
1. Grands projets européens dans le domaine de la météorologie .....	7
a) centre européen de calcul pour l'exploitation et la recherche météorologique .....	7
b) satellites météorologiques .....	8
2. Développement d'appareils automatiques, notamment pour la couverture des abords maritimes de l'Europe .....	9
a) Bouées météorologiques .....	9
b) Stations météorologiques automatiques .....	10

.../...

	<u>Pages</u>
3. Développement de méthodes et d'appareils spéciaux avec applications, notamment aux problèmes de la sécurité aérienne et des nuisances .....	11
4. Standardisation et industrialisation en commun d'équipements météorologiques d'usage courant .....	12
5. Promotion des domaines spéciaux de la météorologie .....	13
6. Station commune de recherche dans l'Antarctique .....	14
7. Installations permanentes pour la promotion de la collaboration .....	15
 <u>Annexe I</u> : Préalables scientifiques et structurels d'une meilleure information météorologique de l'économie ...	 19
 <u>Annexe II</u> : Projet de centre européen de calcul pour l'exploitation et la recherche météorologique .....	 29
 Tableau récapitulatif des propositions .....	 35
 Addendum à l'annexe II .....	 37

## I. Introduction

### 1. Déroulement des travaux du groupe spécialisé

En vertu d'un mandat confié le 30 octobre 1967 par les Ministres de la recherche scientifique au groupe de travail "Politique de la recherche scientifique et technique", mandat qui a été renouvelé le 10 décembre 1968, un groupe spécialisé a été créé, groupe chargé, dans le cadre de la Communauté, d'étudier la possibilité de promouvoir la discipline de la météorologie par une plus étroite collaboration au niveau européen. Le but était notamment d'améliorer la prévision météorologique à court terme et à long terme.

Le groupe "Météorologie" ainsi créé a tenu plusieurs réunions au cours de l'année 1968 et a présenté un premier rapport au début du mois de février. Après l'interruption bien connue, motivée par des raisons politiques, les travaux ont pu reprendre à la date du 10 décembre 1968 à la suite d'une décision du Conseil des Ministres. Au cours de deux autres réunions tenues au mois de janvier et février, les travaux ont essentiellement porté sur le problème des coûts et de la rentabilité, ainsi que sur l'éventuelle participation des pays tiers.

### 2. Intérêt économique d'une coopération européenne en vue d'améliorer la prévision météorologique

Les prévisions météorologiques revêtent une grande importance pour de nombreux secteurs économiques. Cela est tout particulièrement vrai pour l'agriculture et la sylviculture, pour l'industrie de la construction, de la navigation maritime et aérienne, ainsi que pour la santé publique. Une série d'études permettent d'affirmer

avec toutes les réserves quant aux hypothèses de départ, que la rentabilité des services météorologiques actuels est de 10 à 20 fois supérieure aux coûts de nos services. (1)

D'après certains calculs effectués pour l'ensemble des pays membres, il apparaît que l'intérêt économique des services de prévisions météorologiques (y compris les avis particuliers, mais à l'exclusion des prévisions climatologiques) atteint à lui seul, et pour l'ensemble des pays de la Communauté, la valeur d'un demi milliard à un milliard d'unités de compte par an.

1) Cf. "Economic Benefits of Meteorology" WMO Bulletin, Vol. XVII, No. 4  
Les avantages économiques des services météorologiques nationaux  
(Communication présentée à la 20e session du Comité Exécutif OMM)  
Publication Veille Météorologique Mondiale  
Rapport de Planification 27 - 1968.

Une amélioration de l'exactitude des prévisions à moyen terme, notamment, se traduirait par un avantage économique qui, pour l'ensemble de la Communauté, serait de l'ordre de grandeur de plusieurs centaines de millions d'u.c. (1)

Dans les propositions, que nous formulons ci-après, en faveur d'une étroite collaboration des pays de la Communauté, on trouve, à côté de l'intérêt économique d'une amélioration des services météorologiques, un second facteur d'intérêt qui est celui de la réduction des coûts. Si on procède à une normalisation, à des travaux communs de développement et à l'achat en commun des appareillages, on arriverait à réaliser annuellement, dans l'ensemble de la Communauté, une économie de 3 à 5 millions d'u.c.

### 3. Conditions scientifiques et techniques d'une amélioration des prévisions météorologiques

Dans l'ensemble, la météorologie doit disposer, et c'est un impératif absolu, d'une très importante masse de données, qui s'étend à la totalité de l'atmosphère terrestre. Par ailleurs, et plus particulièrement pour l'amélioration des prévisions météorologiques, de très nombreuses études numériques, basées sur des modèles atmosphériques compliqués, sont nécessaires. Il ressort de ces considérations que la météorologie peut être améliorée de deux façons :

- par la multiplication et l'amélioration des observations dans les régions à faible densité de stations (davantage de stations d'observation, davantage d'observations, progrès et innovations en matière d'appareils de mesure et de méthodes de mesure);
- par l'amélioration de nos connaissances en ce qui concerne la dynamique et la physique de l'atmosphère et en ce qui concerne les méthodes d'exploitation numériques pour les différents domaines partiels de la science météorologique.

---

1) Il ressort de certaines estimations américaines, qu'une prévision sûre, s'étendant à une période d'une semaine, se traduirait pour les Etats-Unis par une économie de plusieurs milliards de dollars par an.

Cf. "Global Weather Forecasting" de Paul G. Thomas, dans "Space Aeronautics", Octobre 1967.

#### 4. Tendances du développement

L'avènement des ordinateurs et des satellites artificiels ouvre la voie à une véritable mutation de la météorologie. Comme dans bien d'autres domaines, l'initiative ici a été prise par les Etats-Unis - et dans une certaine mesure - par l'U.R.S.S. Ce sont avant tout les Etats-Unis qui, au cours des prochains temps et indépendamment de l'attitude des autres pays, semblent devoir mettre en place un réseau d'observations et un système de dépouillement ultra-moderne, autant que possible adaptés aux besoins de ce pays. Précisons cependant que même un pays aussi puissant que les Etats-Unis hésitera devant la dépense et devra rechercher un compromis entre le souhaitable et le réalisable.

Dans le souci de mettre à profit les possibilités nouvelles dans le cadre d'une collaboration à l'échelle mondiale, et de compléter ainsi de façon optimale les efforts individuels des pays pionniers, les 130 membres de l'Organisation Météorologique Mondiale ont arrêté un plan commun, la "Veille Météorologique Mondiale" (complétée par un ample programme scientifique, le "GARP"<sup>(1)</sup>), qui prévoit en un premier temps, l'élargissement et l'amélioration du réseau actuel d'observations et des systèmes de télécommunication et de traitement des données. Vers le milieu des années 70, au plus tard, les satellites météorologiques nouvellement développés, les stations météorologiques automatiques terrestres et les bouées météorologiques marines viendront considérablement enrichir le réseau traditionnel d'observations. Des ordinateurs de grande puissance rendront possible la solution numérique de système d'équations générales pour ce qui est de la circulation générale, et permettront, à partir des données du réseau d'observation élargi, de formuler des prévisions à plus long terme et d'améliorer substantiellement les prévisions à moyen et à long terme.

Etant donné qu'il n'est guère probable que les Etats-Unis et l'U.R.S.S., qui constituent à l'heure actuelle la tête du peloton, soient disposés à communiquer indéfiniment aux autres pays, sans compensation financière, les

1) Global Atmospheric Research Program.

précieuses connaissances enregistrées à partir de systèmes modernes très coûteux, les pays de l'Europe n'ont qu'une alternative: ou bien ils consentiront à verser des redevances en renonçant à entreprendre par eux-mêmes des travaux de développement et en tombant ainsi sous l'entière dépendance de pays tiers, ou bien ils chercheront à compléter la "Veille Météorologique Mondiale" et son programme de recherche par des travaux qu'ils entreprendraient en propre.

En tout état de cause, l'accroissement actuel du coût des services météorologiques nationaux (annuellement de 6 à 12 %) loin de diminuer, ira en s'accroissant.

Le groupe spécialisé est d'avis que les pays de la Communauté européenne devraient s'efforcer d'agir par eux-mêmes, et cela non pas individuellement mais dans le cadre d'une étroite collaboration. Un supplément de coût relativement modeste permettrait alors la réalisation de projets dont la mise en oeuvre serait pratiquement impossible pour les petits pays membres et resterait certainement problématique pour les grands pays membres.

## II. Recommandations pour la coopération des services météorologiques

### 1. Actions

Le groupe spécialisé a étudié celles d'entre les actions qui, dans le domaine de la météorologie, se prêtaient particulièrement bien à des travaux en commun dans un cadre européen. A la suite de discussions approfondies, il a été retenu les projets suivants :

(1) Actions dont l'ampleur technique et le niveau du coût supposent l'existence d'une organisation et d'un financement en commun

- Grands projets européens dans le domaine de la météorologie
- centre européen de calcul pour l'exploitation et la recherche
- météorologique
- satellites météorologiques européens.

(2) Actions propres à éviter les doubles emplois des services météorologiques des pays de la Communauté, par la répartition des travaux de développement en ce qui concerne les procédés et les appareillages

- a) Développement d'équipements automatiques, notamment pour la couverture des abords maritimes de l'Europe :
  - bouées météorologiques
  - station météorologique automatique
- b) Développement de méthodes et d'appareils spéciaux avec applications notamment aux problèmes de la sécurité aérienne et des nuisances :
  - mesure de la visibilité
  - changement de direction du vent dans la couche de frottement
  - détection et mesure des précipitations (radar)
  - mesure tridimensionnelle du vent (mesure à trois composantes)
  - détermination de la base des nuages
  - bilan radiatif et téléthermométrie à l'aide d'appareils radiométriques
  - fusées-sondes atmosphériques

(3) Actions propres à permettre aux services météorologiques nationaux de diminuer leurs coûts actuels de fonctionnement

Standardisation et industrialisation en commun d'équipements météorologiques d'usage courant :

- ballons
- radio-sondes
- réseau de radio-sondes ozonométriques

(4) Actions qui prévoient le simple échange d'informations entre services météorologiques

Promotion de domaines spéciaux de la météorologie:

- météorologie agricole
- influence exercée par les mers
- méthodes de lutte contre brume et brouillard sur les aéroports

(5) Station commune de recherche dans l'Antarctique

2. Installations permanentes pour la promotion de la collaboration

Pour la poursuite de la collaboration, le groupe considère comme nécessaire la création des services suivants :

- un secrétariat permanent composé initialement de 2 ou 3 personnes
- un comité directeur composé des délégués des six Etats membres, et se réunissant à intervalles réguliers.

III. Estimation des coûts, de la durée et de la rentabilité; forme de la collaboration

1. Grands projets européens

La création d'un centre météorologique européen de calcul



pour la prévision météorologique à moyen et à long terme, est à recommander dès maintenant pour les besoins du traitement des données de mesure. Ce centre permettra, en même temps, de mieux utiliser des satellites pour les fins de la météorologie.

D'après les premières estimations, le coût de ces projets se répartit de la manière suivante :

	<u>Investissements</u>	<u>Coût de fonctionnement</u>
	(en millions d'u.c.)	
Centre européen de calcul météorologique	10 - 12 <sup>1)</sup>	0,5 - 1
Satellites météorologiques européens, y compris fusées-boosters et installations au sol	45 <sup>2)</sup>	0,5 - 1

L'un et l'autre de ces deux projets gagnent à être exécutés dans le cadre d'une organisation commune avec un financement en commun. D'après les estimations actuelles, et en procédant par étapes, le centre de calcul pourrait être créé d'ici 1975 et la mise en orbite d'un satellite météorologique expérimental européen pourrait avoir lieu en 1974 ou 1975.

2. Développement d'équipements automatiques, notamment pour la couverture des abords maritimes de l'Europe

Le développement d'une bouée côtière et de stations météorologiques automatiques devrait se faire, de préférence, par la coordination des programmes nationaux existants et par des achats effectués en commun auprès d'un ou de plusieurs fabricants. Pour une quantité estimative de 50 bouées et de 100 stations météorologiques automatiques, l'économie réalisée grâce à la répartition des travaux de développement et à l'achat en commun auprès d'un ou de plusieurs fabricants est estimée à un montant de 3 à 5 millions d'u.c.

3. Développement de méthodes et d'appareils spéciaux avec applications notamment aux problèmes de la sécurité aérienne et des nuisances

Le développement des appareils en question s'effectuerait de préférence par le biais de la coordination des programmes nationaux et de l'achat en commun auprès d'un ou de plusieurs fabricants. Etant donné le niveau relativement faible du coût des travaux de développement en question ainsi que la brièveté des délais qui nous étaient impartis, les

- 1) Si les investissements sont répartis sur plusieurs années, ou dans l'éventualité de la location des installations, le coût du capital s'élève à env. 2 mill.d'u.c. par an. Voir à ce propos l'annexe 2.
- 2) Les coûts en question concernent un satellite doté d'un équipement très évolué. Pour un satellite doté d'un équipement simple, le montant des coûts est d'environ 17 à 20 millions d'u.c. (voir section II.I.b.).

économies susceptibles d'être réalisées par une répartition des travaux de développement entre les différents services météorologiques des pays de la Communauté, n'ont pas été chiffrées.

4) Standardisation et industrialisation en commun d'équipements météorologiques d'usage courant

Grâce à une coordination des programmes nationaux existants, on parviendrait à réaliser l'uniformisation et l'achat de ballons, de radiosondes et de sondes ozonométriques auprès d'un ou de plusieurs fabricants, avec pour conséquence une diminution du coût de fonctionnement des services météorologiques. L'économie réalisable s'élève, au total, à un montant d'environ 0,5 million d'u.c. par an.

IV. Notes explicatives concernant les recommandations

Les considérations ci-après visent à justifier les recommandations formulées dans la section précédente. L'ordre de classement des actions correspond à leur degré d'importance pour la collaboration européenne.

1) Grands projets européen dans le domaine de la météorologie

a) Centre européen de calcul pour l'exploitation et la recherche météorologique

Dans le domaine de la prévision à moyen et à long terme, la recherche travaille à partir de modèles toujours plus complexes dont la résolution numérique ne peut se faire qu'à l'aide d'ordinateurs de grande puissance<sup>1)2)</sup>. A elles seules, les observations d'ores et déjà disponibles permettraient, une fois exploitées dans le cadre de tels modèles, une notable amélioration de la prévision à moyen terme.

Des ordinateurs de la taille et des performances nécessaires n'existent pour ~~l'instant~~ qu'aux Etats-Unis. Pour permettre à l'Europe de rattraper ~~en retard~~ par rapport aux Etats-Unis, et d'améliorer la prévision à moyen et à long terme dans l'espace européen, le groupe spécialisé recommande en conséquence la création d'un centre météorologique commun de calcul qui compterait de 25 à 50 scientifiques issus des pays de la Communauté.

Le coût de ce projet est estimé à un montant annuel d'environ 2,5 à 3 millions d'u.c., l'éventuel investissement initial de 10 à

1) voir pour plus de détails l'annexe 1

2) L'étude et l'application de modèles à mesoscale en vue d'améliorer la connaissance des phénomènes régionaux et locaux demande, elle aussi, la disponibilité d'un ordinateur de grande puissance.

12 millions d'u.c. étant réparti sur plusieurs années <sup>1)</sup>. Dans le cas d'un financement en commun, les moyens financiers nécessaires pourraient être levés à partir d'une augmentation du budget annuel des différents services météorologiques nationaux des pays de la Communauté, augmentation qui s'élèverait à un pourcentage de 3-5 %. En procédant par étapes, ce projet pourrait être réalisé d'ici 1974 ou 1975.

En liaison avec le centre européen de calcul, l'élargissement du réseau d'observations à l'aide de satellites, de bouées météorologiques et de stations météorologiques automatiques se traduirait par une amélioration supplémentaire de la prévision à moyen et à long terme.

#### b) Satellites météorologiques

Il ne fait pas de doute que les Etats-Unis et l'URSS augmenteront le nombre de leurs satellites. Pour l'instant, ils communiquent, à titre gratuit, le résultat de leurs mesures (en partie seulement après traitement de l'information et par conséquent, avec un notable retard) dans le cadre de l'Organisation Météorologique Mondiale. Il est permis cependant de se demander si une telle diffusion des connaissances se trouvera assuré à long terme. D'un autre côté, les Etats européens, s'ils disposent de satellites en propre, pourraient davantage tenir compte de leurs intérêts particuliers.

C'est la raison pour laquelle le groupe spécialisé convie les gouvernements des Etats membres, ainsi que les Autorités chargées de la réorganisation des efforts européens en matière spatiale, à s'intéresser sans plus tarder à une contribution européenne commune au développement de satellites météorologiques.

Les connaissances techniques spéciales d'ores et déjà disponibles en Europe devraient être, à cet effet, développées et coordonnées. Les connaissances acquises par la France en liaison avec le projet EOLE pourraient, dans ce contexte, servir de point de départ. Dans le cas où l'Europe ne disposerait d'aucune fusée-porteuse, on pourrait songer à un recours aux fusées américaines.

---

1) Le calcul en question est basé sur la location des installations. En cas d'achat, l'investissement initial d'environ 10 millions d'u.c. est à augmenter d'un montant annuel de 0,5 à 1 million d'u.c., essentiellement pour frais de personnel. Voir annexe 2.

Le coût d'un satellite à équipement simple (photographie de la couche nuageuse et mesure de l'infrarouge), de la fusée-porteuse et des opérations de tir, s'élève à un montant estimatif de 12 ou 15 millions d'uc. Dans l'éventualité d'un équipement additionnel pour la mesure de la distribution verticale de la température et de l'humidité, le montant s'élèverait à 40 millions d'uc. Etant donné que la durée de vie moyenne d'un satellite est de 2 à 2,5 ans, les dépenses en question se répèteront périodiquement. Il faut y ajouter, dans l'un et l'autre cas, une dépense financière unique, pour les stations de poursuite et les installations de calcul, d'un montant d'environ 5 millions d'uc., ainsi qu'un coût de fonctionnement annuel de 0,5 à 1 million d'uc.

Compte tenu de la durée des travaux de développement nécessaire, la mise en orbite d'un satellite météorologique expérimental européen pourrait avoir lieu en 1974/75 .

## 2. Développement d'appareils automatiques, notamment pour la couverture des abords maritimes de l'Europe

### a) Bouées météorologiques

L'amélioration de la prévision à moyen et à long terme présuppose avant tout l'exécution d'observations supplémentaires dans la zone côtière. Les caractéristiques des bouées nécessaires à cet égard devront être arrêtées de préférence avec le concours d'océanographes et de l'Organisation Météorologique Mondiale .

Une contribution européenne au système mondial de bouées pourrait être préparée par le développement de bouées côtières. Une collaboration au niveau de la Communauté se traduirait, dès le moment présent, et de façon directe, par un double avantage : d'une part, une amélioration de la prévision à court terme, notamment en matière de tempête et de marées; d'autre part, un relatif abaissement du prix de revient de ces informations supplémentaires par le développement en commun et l'achat en commun des appareils . En estimant les besoins des pays de la Communauté à environ 50 bouées et le coût unitaire (y compris le coût de développement réparti) à environ 0,1 million d'uc., les dépenses de premier équipement s'élèvent à env. 5 mill. d'uc. Par la mise en commun des dépenses de développement et des achats, on réaliserait une économie qui peut être de 1/3, ce qui correspond à env. 2 mill. d'uc. La livraison des bouées par l'industrie devrait pouvoir se faire jusqu'aux environs de 1975.

b) Stations météorologiques automatiques

Pour l'enregistrement de données de mesure dans des régions d'accès difficile (p.ex. en haute montagne) et en raison de l'incessante aggravation de la pénurie en personnel, le développement en commun et l'achat en commun de stations météorologiques automatiques constituent une importante tâche d'avenir. Avec un prix unitaire d'environ 30 à 50.000 u.c. pour une station météorologique synoptique automatique dotée d'organes de téléinformation, il y aurait lieu de prévoir, en un premier temps (d'ici 1975/77), un équipement initial de quelque 100 stations pour l'ensemble de la Communauté; cela correspondrait pour l'industrie à un ensemble de commandes atteignant 3 à 5 millions d'u.c. L'économie réalisée à la faveur du développement commun et de l'achat en commun des stations atteindrait alors, vraisemblablement, un montant de 1 à 1,5 millions d'u.c.

Exécution des actions 1)

Les actions afférentes au centre européen de calcul, aux satellites météorologiques, aux bouées et aux stations météorologiques automatiques, constituent à long terme un complexe dont la réalisation ferait bénéficier la prévision météorologique de tous les avantages de la technique moderne. Dans l'ordre des réalisations, le centre européen de calcul devrait recevoir la priorité. Sa création est parfaitement judicieuse, aussi bien comme centre autonome que comme partie de l'ensemble du complexe. En l'absence d'un tel centre, le développement et le lancement de satellites météorologiques seraient fort peu rationnels. Pour ce qui est des bouées côtières et des stations météorologiques automatiques, elles sont, d'ores et déjà, susceptibles d'être utilement intégrées dans le réseau de mesure existant.

Les propositions afférentes au centre européen de calcul, ainsi qu'aux satellites, présupposent la mise en commun des efforts en matière d'organisation, de financement et d'exécution. En ce qui concerne le développement des satellites, il pourrait se faire par le biais d'entreprises non groupées.

---

1) cfr annexe 3

Pour ce qui est des bouées côtières et de la station météorologique automatique, il conviendrait d'arrêter en commun le programme de mesure et les normes de précision. Le développement du prototype pourrait être confié à une institution commune et/ou à des centres coopératifs nationaux, la fabrication pourrait être confiée à des entreprises non groupées. Tous les Etats membres auraient intérêt à coordonner les commandes publiques.

La participation des pays tiers aux grands projets européens, aussi bien qu'au développement des appareils automatiques, est souhaitable mais n'est pas indispensable.

Développement de méthodes et d'appareils spéciaux, avec application notamment aux problèmes de la sécurité aérienne et des nuisances

Les problèmes actuellement à résoudre, notamment dans le domaine de la sécurité aérienne et des nuisances, rendent nécessaire le développement d'une instrumentation spéciale. Pour l'amélioration de la sécurité aérienne, le groupe spécialisé recommande en conséquence, la définition en commun de spécifications et de méthodes d'exploitation en ce qui concerne les appareils de mesure de la base des nuages, de mesure de la visibilité et des changements de la direction du vent au voisinage du sol (direction des vents dans la couche de frottement du sol).

L'harmonisation des mesures, en ce qui concerne les composantes

des vents dans le sens horizontal et dans le sens vertical (mesure des vents à trois composantes) est d'une grande importance, notamment pour l'observation de la migration des particules en suspension et pour les mesures à prendre en ce qui concerne la protection des populations contre l'accumulation de substances nocives dans l'atmosphère. Enfin, il est souhaitable, pour l'amélioration des prévisions météorologiques, de disposer de connaissances plus précises en ce qui concerne le bilan thermique global de la planète, en procédant à cet effet au sondage de l'atmosphère à l'aide de fusées et en créant des instruments radiométriques pour la télémessure de la température.

Dans la plupart des cas en question, le principe des méthodes de mesure est parfaitement connu. Dans la pratique cependant, des instruments suffisamment fiables et utilisables font défaut. Il faut souligner

à cet égard que le développement des fusées autodestructrices qui sont nécessaires dans le cadre du réseau des fusées sondes, n'est pas à proprement parler la tâche des météorologistes, mais bien de l'industrie spatiale européenne.

#### Exécution

Des groupes de travail communs définiraient les caractéristiques souhaitables des appareils. De plus, dans la plupart des cas, on procéderait au développement de modèles de laboratoire, développement confié à une institution commune et/ou à des centres nationaux ou coopératifs. Le résultat de ces travaux serait disponible avant la fin de 1972, le coût des travaux serait modeste.

En un second temps, on déciderait de la réalisation au niveau de l'industrie des modèles les plus utilisables.

Une coordination des commandes publiques assurerait alors les meilleures conditions d'approvisionnement.

Là encore, la participation de pays tiers serait souhaitable sans pour autant être indispensable.

#### 4. Standardisation et industrialisation en commun d'équipements météorologiques d'usage courant

L'exploitation des observations afférentes à d'importantes grandeurs météorologiques de la libre atmosphère se trouve handicapée par le fait que l'Europe est dépourvue d'un réseau de radio-sondes homogène. Les sondes sont fixées à des ballons, qui proviennent de six pays différents. Par ailleurs, les ballons européens sont inutilisables pour un travail de jour et de nuit. En ce qui concerne l'ozonométrie (fort importante pour l'amélioration de notre connaissance de l'influence de la haute atmosphère sur le temps, et pour la régulation ou la navigation aérienne aux vitesses supersoniques), elle est effectuée en Europe par différents pays; cependant une sonde normalisée fait entièrement défaut. Le groupe spécialisé recommande que l'on définisse les caractéristiques souhaitables des ballons et que l'on fasse, en commun, les appels d'offre auprès de l'industrie. Le fait de rassembler les commandes en un seul ensemble constituerait l'aiguillon nécessaire pour la modernisation de la production européenne. Il convient d'agir

de même en ce qui concerne les radio-sondes. En admettant que le prix du ballon est de 10 u.c. et le prix de la sonde d'environ 50 u.c., que l'achat en commun se traduit par une économie de 20 % et que le besoin annuel de la Communauté est de 30.000 pour chacun des appareils, la rentabilité économique globale serait d'environ 0,5 million d'u.c. par an. Comparées à ce chiffre, les dépenses afférentes aux réunions et aux modèles de laboratoire seraient pratiquement négligeables.

En ce qui concerne les radio-sondes pour la mesure de l'ozone, le groupe spécialisé recommande l'étude d'une sonde-standard et l'élargissement à plusieurs pays du réseau actuel de mesures.

En ce qui concerne l'exécution de ces actions, elle pourrait être confiée à des centres nationaux, officiels ou coopératifs, Il y aurait lieu de procéder à la coordination des programmes et commandes de caractère national. Ces différentes propositions devraient pouvoir être réalisées au cours des 2 ou 4 années à venir.

La participation de pays tiers est souhaitable. Elle se traduirait très vraisemblablement par une réduction supplémentaire du coût des appareils standards nécessaires.

##### 5. Promotion des domaines spéciaux de la météorologie

Le groupe spécialisé se prononce par ailleurs en faveur de deux actions, limitées pour l'essentiel à la recherche et à l'information. En l'occurrence, il s'agit, d'une part, de l'amélioration et d'une plus large utilisation de nos connaissances dans le domaine de la météorologie agricole. D'ores et déjà, les pays membres de la Communauté européenne réalisent chaque année plusieurs centaines de millions d'u.c. d'économie grâce aux services de renseignements pour l'agriculture. L'économie en question est le fruit d'une meilleure structuration des programmes d'aménagement, d'une meilleure utilisation, par exemple, des moyens de lutte contre les parasites, et d'une rationalisation du planning des travaux. En tout état de cause, il y a de bonnes raisons de croire que la productivité pourrait connaître une nouvelle amélioration, atteignant plusieurs pourcents, grâce à une meilleure utilisation des services météorologiques d'ores et déjà existants.



La seconde action a trait à une meilleure connaissance des phénomènes, d'une si grande importance pour la prévision météorologique à court terme, qui se déroulent à l'interface de l'eau et de l'air, ainsi qu'à une meilleure connaissance de l'influence exercée par les mers sur les phénomènes atmosphériques en Europe et sur le climat.

Les propositions sont les suivantes :

- dans le domaine de la météorologie agricole : élaboration en commun d'un programme d'amélioration des connaissances et de leur meilleure diffusion et utilisation, séminaires en commun ;
- en ce qui concerne l'influence des mers sur le temps : échange de connaissances et organisation de séminaires en commun avec les experts océanographes.

Les frais afférents à ces travaux n'auraient trait qu'à l'organisation des réunions et à l'établissement éventuelle de rapports d'experts.

La participation des pays tiers est souhaitable, mais n'est pas absolument nécessaire.

#### 6. Station commune de recherche dans l'Antarctique

Pour l'étude de la circulation générale de l'atmosphère (condition de toute prévision météorologique à long terme), il faut également disposer de connaissances dans le domaine géographique de l'Antarctique. Ceux d'entre les pays d'Europe occidentale qui sont, ou qui ont été, à l'oeuvre dans l'Antarctique sont les suivants : Belgique, France, Grande-Bretagne, Norvège et Pays-Bas ; les pays est-européens et extra-européens sont les suivants : Argentine, Australie, Chili, Etats-Unis, Japon, Nouvelle-Zélande, Pologne, Tchécoslovaquie et URSS.

L'année géophysique internationale, a vu fonctionner 40 stations d'observation. Les stations actuellement en service pourraient être judicieusement complétées par une station européenne comportant, en permanence, 20 à 30 personnes.

A l'occasion de l'année géophysique internationale de 1957/1958, la Belgique a pris l'initiative de trois expéditions qui comptaient à chaque fois de 15 à 20 personnes. Le coût de ces expéditions a été approximativement le suivant :

<u>Expédition</u>	<u>Coût en FB</u>	<u>en UC</u>
1958	40 Mio	0,8 Mio
1959	25 Mio	0,5 Mio
1960	35 Mio	0,7 Mio

La quote-part des frais généraux d'une expédition étant assez élevée, on a procédé non seulement à des observations météorologiques, mais à l'étude du magnétisme terrestre et de l'ionosphère.

La création d'une station météorologique européenne dans l'Antarctique est à confier de préférence à une organisation commune dans le cadre d'un financement commun.

#### 7. Installations permanentes pour la promotion de la collaboration

Le groupe s'est penché sur la question de savoir comment la collaboration des services météorologiques et européens pourrait être poursuivie et encouragée. Elle en est venue à la conclusion que les installations permanentes ci-après devraient être créées :

- a) un comité directeur réunissant les délégués responsables des six pays;
- b) un secrétariat permanent composé, en un premier temps, de deux ou de trois personnes, notamment d'un météorologiste.

Le comité directeur devrait se réunir plusieurs fois par an. Ses tâches seraient les suivantes :

- à intervalles réguliers, faire le point des travaux courants et des programmes nationaux à court et à long terme;
- étudier, recommander ou établir des programmes (notamment coordination des programmes nationaux, suggestion de programmes communs, uniformisation des instruments de mesure et des méthodes d'observation, développement des réseaux d'observation, organisation de séminaires);
- préparer des mesures afférentes à l'exécution de ces projets et programmes;
- promouvoir l'échange des scientifiques.

Le secrétariat permanent aurait les tâches suivantes :

- préparation des réunions du Comité directeur et des rencontres des scientifiques, etc.;
- harmonisation des commandes d'instruments;
- préparation des appels d'offre pour la réalisation industrielle des instruments, étude des réponses et élaboration du rapport adressé au comité directeur;
- relation avec les organes des pays de la Communauté, qui sont compétents pour les problèmes d'industrialisation.
- exécution d'autres tâches qui lui seront confiées par le comité directeur.

Le groupe spécialisé espère que les autorités compétentes aboutiront rapidement à une décision, de manière à ce que la coopération dans le domaine de la météorologie, puisse être entreprise le plus tôt possible dans l'intérêt de toute l'Europe.

Addendum au rapport

---

Au cours de sa réunion du 26 février 1969 le groupe spécialisé "Météorologie" a suggéré quelques modifications concernant le texte.

La plupart de celles-ci ont été incorporées dans le présent rapport.

Restent à ajouter les éléments suivants:

Page 2: Avant le 1er paragraphe actuel :

"Les services météorologiques des différents pays examinent le degré de fiabilité des prévisions selon des méthodes différentes. Des indications chiffrées marquent de sens si elles ne sont pas accompagnées d'éclaircissements détaillés concernant la méthode d'examen utilisée. Toutes les méthodes indiquent, cependant, une diminution sensible de la qualité pour des prévisions à moyenne échéance, c'est à dire au-delà de 3 jours."

Page 8: L'avant dernier paragraphe se termine comme suit:

"Une telle contribution s'insérerait très bien dans les plans de l'Organisation Météorologique Mondiale qui prévoit, dans le cadre du GARP, l'essai d'un système assez important de satellites vers la moitié des années 70."

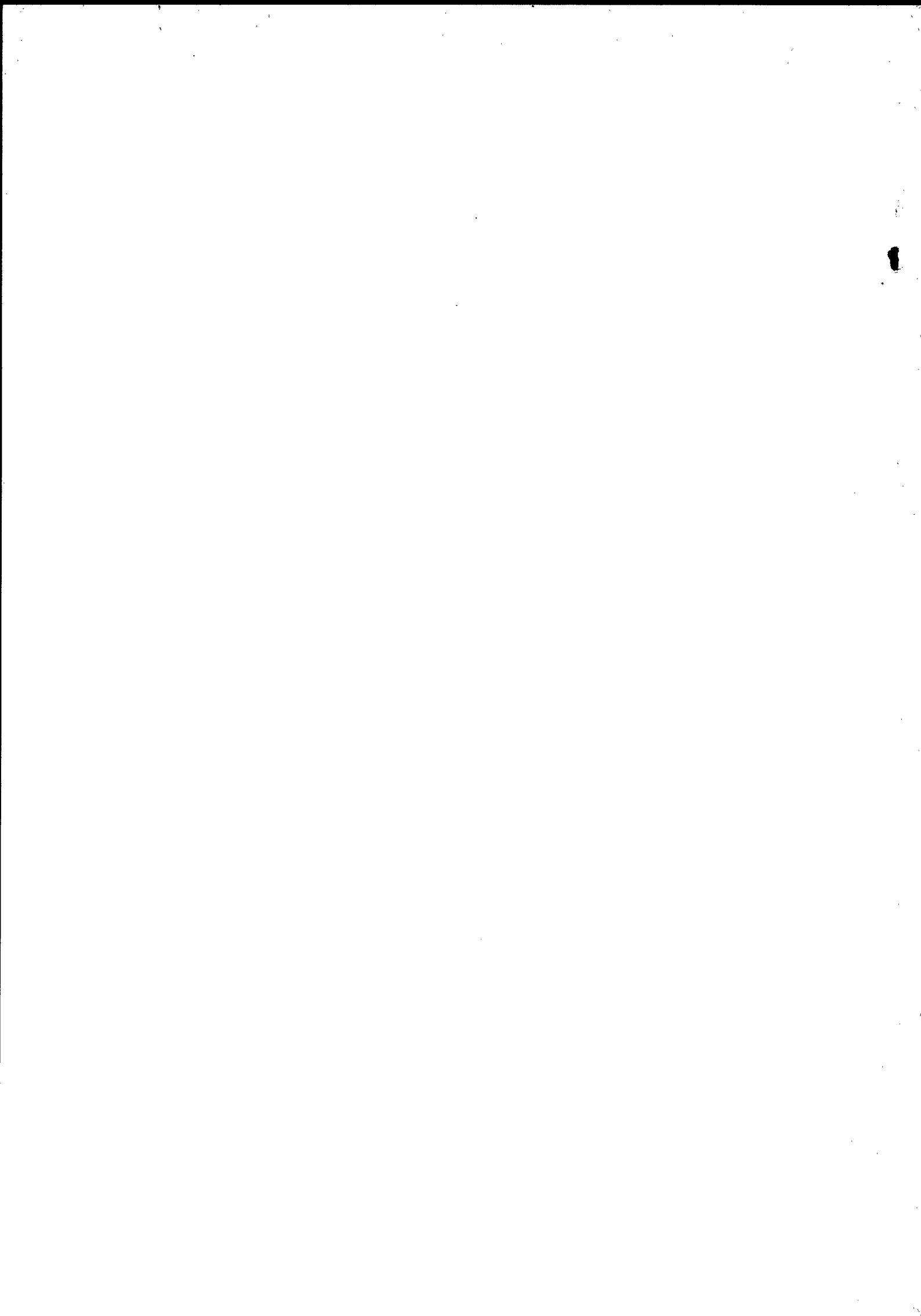
Page 16: A ajouter à la liste des tâches du comité directeur:

"Assurer la coordination avec les institutions politiques européennes dans le domaine spatial."



ANNEXE I

"Préalables scientifiques et structurels  
d'une meilleure information météorologique  
de l'économie"



ANNEXE I

Préalables scientifiques et structurels d'une meilleure  
information météorologique de l'économie

---

Les importants progrès techniques enregistrés au cours des dix dernières années, notamment dans les domaines de la collecte par satellites de données géophysiques et de leur traitement électronique, ont permis - en recourant à ces moyens - d'améliorer sensiblement l'information météorologique de l'économie mondiale.

Etant donné l'ampleur de cette tâche, que nous exposons succinctement ci-après, il est évident que les différents pays ne pourront pas y faire face dans le cadre national, mais qu'ils pourront, et devront, contribuer conjointement à son accomplissement. Ceci s'applique notamment au réseau de stations d'observation. Les petits pays ne peuvent participer au progrès technico-scientifique dans le domaine de la météorologie qu'au prix des plus grandes difficultés. C'est ici que les travaux de développement doivent nécessairement conduire à une coopération bilatérale ou multilatérale. Il est souhaitable en l'espèce que la coopération multilatérale dans le domaine météorologique soit abordée dans le cadre de communautés déjà existantes. Etant donné l'importance de son potentiel économique, la Communauté Européenne semble parfaitement convenir à cette fin, dès lors que l'on envisage d'inviter également d'autres pays européens, déployant une grande activité dans le domaine de la météorologie, à participer à des projets de cette nature.

Les procédés d'élaboration d'une prévision météorologique peuvent être classés comme suit :

Procédés empiriques :

- a) Méthode analogique
- b) Méthode statistique



Procédés physico-mathématiques :

- a) Méthode qualitative
- b) Méthode quantitative

Procédés empiriques et physiques combinés :

- a) Méthode synoptique
- b) Méthode synoptique et numérique.

Pour caractériser la méthode analogique, on peut formuler les considérations suivantes :

Le 2 novembre 1962, un cyclone étendu était centré très au large de l'Irlande, une faible zone de basse pression couvrait l'Italie, l'est de l'Europe se trouvait au bord d'une vaste zone de haute pression, sur l'URSS .... etc. Les 3 et 4 novembre 1962 succédait, sur l'ouest de l'Europe un temps doux avec précipitations généralisées. On en a tiré la conclusion que si cette situation se reproduisait au début du mois de novembre 1969, l'ouest de l'Europe connaîtrait la même évolution météorologique que celle que nous venons de décrire.

Une prévision établie selon la méthode statistique pourrait, à titre d'exemple, être la suivante : en supposant que l'écart de température au Hohenpeissenberg ait été inférieur à 0,0 °C dans le deuxième sixième et supérieur ou égal à + 4,2 °C dans le troisième sixième du mois de janvier, nous aurions au cours de 8 années de référence, dans sept cas un temps doux dans le quatrième sixième de janvier et un temps froid dans le troisième sixième de février.

La méthode qualitative physico-mathématique s'efforce de dégager les causes physiques des phénomènes météorologiques, du moins partiellement, et d'en évaluer ainsi l'évolution.

La méthode quantitative physico-mathématique, en principe la plus satisfaisante du point de vue scientifique, s'efforce quant à elle de représenter cette évolution par des formules mathématiques.

Les procédés empiriques et physiques combinés utilisent des éléments de chacune des méthodes précitées et s'efforcent de parvenir dans le délai le plus court possible à une solution optimale.

La méthode analogique présente de gros inconvénients. Eu égard aux multiples phénomènes atmosphériques il n'est presque jamais possible, le nombre de cas comparables étant relativement faible, de repérer une similitude suffisante entre des situations météorologiques. Aussi l'analogie doit-elle s'étendre bien au-delà des indications auxquelles nous venons de faire allusion. Les prévisions météorologiques constituent en effet un problème tridimensionnel et les phénomènes qui se déroulent en haute atmosphère peuvent éventuellement jouer un rôle déterminant. Mais, en principe, la méthode analogique s'apparente de très près à la méthode physico-mathématique. Aussi bien l'atmosphère elle-même y est-elle utilisée en quelque sorte comme un "ordinateur analogique". Cette méthode serait pleinement satisfaisante si à chaque état atmosphérique initial, point de départ de la prévision météorologique, il était possible de trouver un cas parallèle. A la limite - ce qui malheureusement n'est possible que sur le plan théorique - on obtiendrait même ainsi une répétition exacte de l'évolution du temps chaque fois que s'amorcerait un état atmosphérique qui se serait déjà produit une fois auparavant. Alors pourrait-on établir de la sorte quelque chose qui ressemblerait à un calendrier séculaire. Mais ce n'est pas le cas.

La méthode purement statistique s'écarte assez sensiblement des procédés physiques, bien qu'elle contienne aussi naturellement des éléments de la méthode analogique. Elle est très valable pour certains problèmes où c'est non pas un événement atmosphérique isolé, mais la somme des phénomènes météorologiques auxquels on s'attend qui joue un rôle. Elle ne saurait suffire pour un système de prévisions météorologiques global.

Les insuffisances de la méthode analogique et de la méthode statistique se retrouvent également dans la méthode qualitative physico-mathématique, mais non dans la méthode quantitative. Cette dernière conduit à des équations différentielles.

De même que l'équation différentielle  $\ddot{x}+ax=0$  décrit exactement le mouvement d'un pendule oscillant harmoniquement et que la solution de cette équation, les conditions initiales (emplacement et vitesse du pendule à un moment initial donné) étant préétablies, permet de prévoir le comportement du pendule à tout moment, on peut établir des équations différentielles décrivant le comportement de l'atmosphère dans ses moindres détails.

Toutefois, ces équations différentielles sont extrêmement compliquées par rapport à l'équation d'oscillations précitée. Car, le système physique qu'elles décrivent est de nature très complexe. En principe, la résolution de ces équations - comme dans le cas du pendule - indiquera, les conditions initiales étant connues, le comportement futur des différents paramètres météorologiques. Le système des équations permet d'utiliser un état atmosphérique initial quelconque comme point de départ d'une prévision.

En d'autres termes, l'évolution future de n'importe quelle situation météorologique, voire d'une situation qui n'aurait encore jamais été observée, peut être calculée à partir des données initiales observables.

Cette méthode permet encore d'étudier l'évolution des processus atmosphériques à partir de situations initiales très simples, telles qu'elles n'apparaissent jamais dans la nature. En quelque sorte, elle permet d'expérimenter avec l'atmosphère. On peut ainsi parvenir d'une manière relativement simple à mieux connaître les phénomènes atmosphériques.

./.

Les grosses difficultés que pose la méthode physico-mathématique résident dans l'observation des données initiales, dans la complexité des équations à résoudre et dans la connaissance souvent encore imparfaite de certains paramètres atmosphériques, par exemple la turbulence et le rayonnement.

Le réseau de stations d'observation pour la détermination des valeurs initiales doit être à l'échelle mondiale, car les processus atmosphériques qui déterminent le temps se déplacent à des vitesses allant jusqu'à 100 km/h et, dans certains cas, bien plus rapidement encore. Par exemple, pour établir une prévision 36 heures à l'avance en un point donné, on doit tenir compte de la situation initiale régnant à une distance d'environ 4000 km (en se basant sur la vitesse la plus basse).

La complexité des équations différentielles entrant en ligne de compte, fait que seules des méthodes numériques de résolution donnent des résultats probants, et que des millions et des millions d'opérations sont indispensables pour parvenir à une solution par la méthode itérative. En l'espèce, les calculs sont effectués à partir d'un quadrillage tridimensionnel comportant environ vingt mille points d'intersection par hémisphère. Les plus grands ordinateurs actuels réussissent tout juste à trouver les solutions dans un intervalle de temps acceptable (1 à 3 h.). Sans compter que pour maintenir le temps de calcul dans les limites précitées, il faut opérer de larges simplifications des équations et utiliser un quadrillage qui, en dépit de son grand nombre de points d'intersection, comporte des mailles pas encore assez serrées pour le calcul des valeurs. Pour ces calculs, il s'avère extrêmement souhaitable, voire inévitable, de disposer d'une vitesse environ dix fois supérieure, telle que pourra l'assurer la prochaine génération d'ordinateurs.

Consciente de cette situation, l'Organisation météorologique mondiale a présenté un plan visant à construire le réseau de stations d'observation global nécessaire, à établir les liaisons de télécommunications correspondantes, à veiller au traitement des données, à intensifier la recherche en collaboration avec d'autres organisations, notamment le CIUS (Conseil international des unions scientifiques) à promouvoir la formation de spécialistes de la météorologie, enfin à appliquer et exploiter dans la pratique les résultats obtenus.

Le projet de l'OMM s'intitule "Plan de Veille météorologique mondial" (PVMM) et le programme scientifique proprement dit "Programme de recherche atmosphérique global (GARP = Global Atmospheric Research Programme)".

La situation et les objectifs actuels des différents secteurs peuvent être brièvement résumés comme suit :

1. Mesure à l'échelle mondiale des paramètres atmosphériques

(Pression atmosphérique, température, humidité, vent, etc.)

Situation : Actuellement satisfaisant dans les régions à forte densité de population, insuffisante dans les régions de moindre densité démographique et sur de vastes régions des océans.

Objectifs : Rendre plus dense le réseau de stations d'observation selon le plan de l'OMM; développer des appareils de mesure d'un type nouveau avec l'appoint de la technique des satellites.

2. Système de télécommunications global

Pour la transmission des données observées aux centres de traitement.

Situation : les appareils techniques existent pour la plupart, mais ils ne sont pas encore utilisés à plein pour des raisons financières. La rapidité de transmission des informations météorologiques ne correspond pas aux possibilités techniques optimales actuelles.

Objectifs : Accroître la rapidité de transmission des données;  
utiliser des satellites de télécommunications.

### 3. Centres de traitement des données

Situation : Dans nombre de pays, les premiers programmes ont été entamés qui visent à intégrer, en les simplifiant considérablement et en leur conférant un caractère de routine, les équations différentielles atmosphériques.

Objectifs : Réaliser des ordinateurs plus rapides, permettant de mieux adapter les modèles de calcul à la réalité.

### 4. Recherche

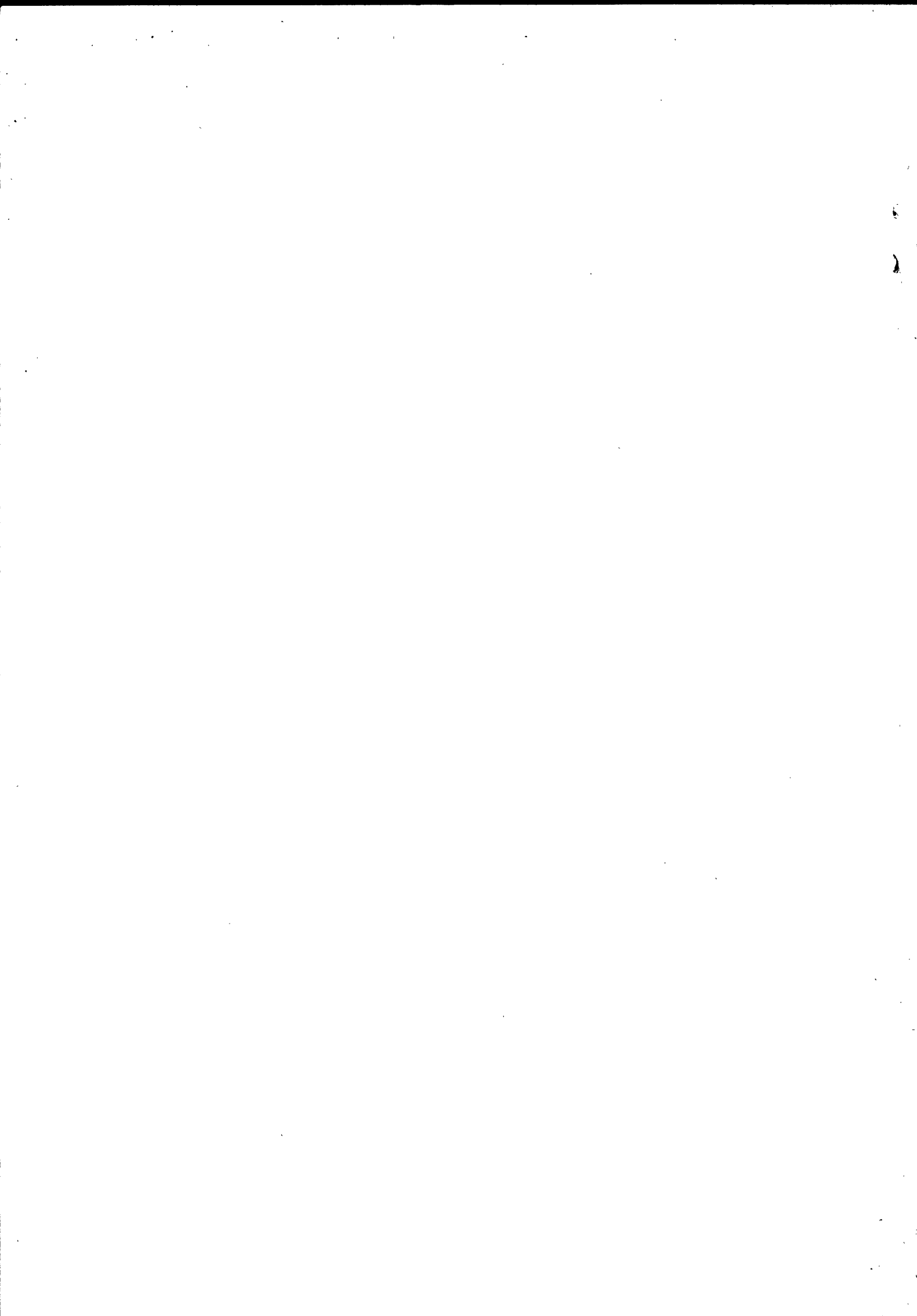
Situation : Dans tous les domaines de la recherche atmosphérique on déploie actuellement une grande activité, notamment aux Etats-Unis et en URSS. L'identification des processus atmosphériques par des études sur modèles mathématiques a été amorcée. Les satellites de télécommunication fournissent de précieuses données d'observation.

Objectifs : Poursuite des efforts, notamment dans les secteurs des satellites météorologiques et des modèles atmosphériques mathématiques. Extension du programme à la recherche atmosphérique globale.

### 5. Formation de personnel

Situation : Dans les pays hautement développés, la formation a atteint un niveau suffisant sur le plan pratique. Pour les travaux à réaliser dans le cadre de groupes de recherche, cette formation pourra encore être élargie. Dans les pays en voie de développement, le niveau de formation est souvent insuffisant.

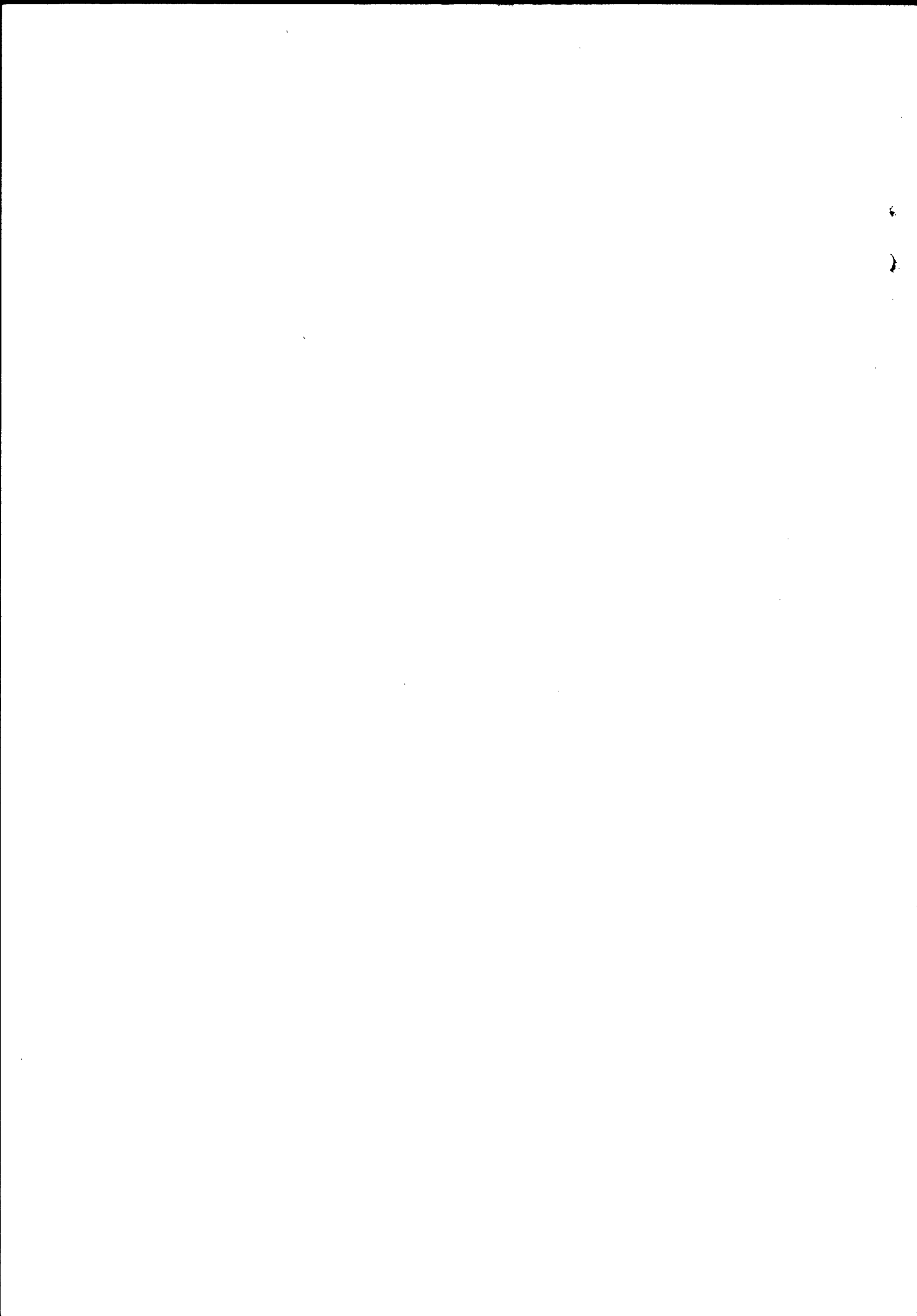
Objectifs : Relèvement à l'échelle mondiale du niveau de formation des spécialistes de météorologie.



ANNEXE II

"Projet de Centre européen de calcul  
pour l'exploitation et la recherche météorologique"





ANNEXE II

PROJET

de Centre européen de calcul pour l'exploitation et la recherche  
météorologique

1. Tâches et caractéristiques techniques du centre de calcul

Voir note "Critères requis pour l'ordinateur du groupe spécialisé "Météorologie" des Communautés Européennes, en vue de l'étude des phénomènes de circulation générale et des prévisions à moyen et à long terme .

2. Coûts

Dans l'estimation des coûts, il convient de prendre en considération, non seulement les dépenses afférentes à l'ordinateur lui-même, mais également les dépenses afférentes au personnel et au bâtiment .

a) coûts de l'ordinateur

Le prix de vente officieux d'une machine de la puissance requise s'élève à environ

7,5 millions de uc. Si l'on applique la clé de conversion couramment utilisée dans cette branche (location mensuelle = 1/60 du prix de vente), il en résulte un coût mensuel moyen d'environ 125.000 uc.

Pour ce qui est de la périphérie, on ne peut indiquer que les prix approximatifs. En se basant sur deux ordinateurs satellites de 128 K bits chacun auprès de l'unité centrale, et sur deux ordinateurs satellites supplémentaires comme "partenaires" dans le réseau des télécommunications (atteignant par ex. 60 K), en tenant compte par ailleurs des disques et des tambours ayant la capacité indiquée dans le rapport allemand, et en y ajoutant 4 unités de bande, 2 unités de lecture de carte, ainsi qu'un écran et un traceur (plotter) de type cathodique, on aboutit, pour l'ensemble de la périphérie, à un coût d'environ 40.000 uc. par mois.

b) Frais de personnel

En admettant que le centre de calcul dispose d'environ 20 à 30 scientifiques à plein temps, de 20 à 25 scientifiques délégués par les services nationaux pour une durée temporaire, et par ailleurs de 10 secrétaires et de 15 techniciens et programmeurs, les frais de personnel s'élèvent à un montant mensuel de 40 à 55.000 uc.

c) Bâtiments

Le Centre de calcul occupera (avec la salle des machines, la bibliothèque et les bureaux pouvant accueillir 60 à 80 personnes) une surface utile qui sera certainement d'environ 3.000 M<sup>2</sup>. Les coûts de construction, y compris les dépenses afférentes au terrain devraient atteindre ainsi un montant de 1 Million uc. Dans le cas d'un amortissement linéaire du bâtiment sur une durée de 30 ans, cela signifie que la dépense mensuelle s'élève à 2.800 uc. (sans intérêt du capital) .

d) Coût global

Les coûts estimatifs bruts ressortent du tableau suivant :

	<u>uc.par mois</u>	<u>uc.par an</u>
Ordinateurs, y compris périphérie	165.000	2.000.000
Personnel	40-50.000	480-660.000
Terrain, y compris le bâtiment	2.800	33.000
	<u>210-220.000</u>	<u>2.500-2.700.000</u>
	=====	=====

Les coûts annuels moyens oscillent ainsi entre 2,5 et 3 millions de uc. , l'investissement initial (qui cependant est déjà pris en considération dans les coûts annuels cités) pour les machines et le bâtiment serait d'environ 10 à 12 Mio u.c.

3. Rentabilité

Le Centre de calcul, à lui seul, et une fois qu'il aura été utilisé pendant un certain temps pour la prévision météorologique pratique, représente pour l'ensemble de la Communauté une économie de plusieurs centaines de millions de dollars par an.

Une fois mis en place le système visé à longue échéance, comportant le centre de calcul et un réseau de mesure élargi, doté de satellites et de bouées océaniques, la rentabilité économique-sociale se trouvera encore fortement accrue .

La condition à cet égard, cependant, c'est que les différents secteurs économiques soient effectivement en mesure d'utiliser les informations supplémentaires. C'est la raison pour laquelle le centre projeté

devrait avoir le souci, en liaison avec les services-conseillers spéciaux des secteurs intéressés, d'encourager l'application la plus rapide et la plus large possible des prévisions ainsi améliorées.

#### 4. Calendrier

Pour la réalisation des projets, on peut concevoir le calendrier suivant :

- avis favorable du Conseil des Ministres: jusqu'au 1er juillet 1969
- pourparlers afférents aux points suivants :
  - siège du centre
  - dotation en capital et en personnel
  - programme de travail : jusqu'au 1er juillet 1970
- plan du bâtiment, de la combinaison : jusqu'au 1er janvier 1971
- des machines, etc.

Ce délai ne paraît pouvoir être respecté que si l'on achète une machine susceptible d'être commandée pratiquement dans l'immédiat.

- achèvement des bâtiments, réception des machines
- arrivée des scientifiques : : jusqu'au 1er juillet 1972
- période de démarrage : élaboration
- des modèles, exécution des tests, etc. : jusqu'au 1er janvier 1975
- premières prévisions régulières à moyen
- terme : à partir de 1975

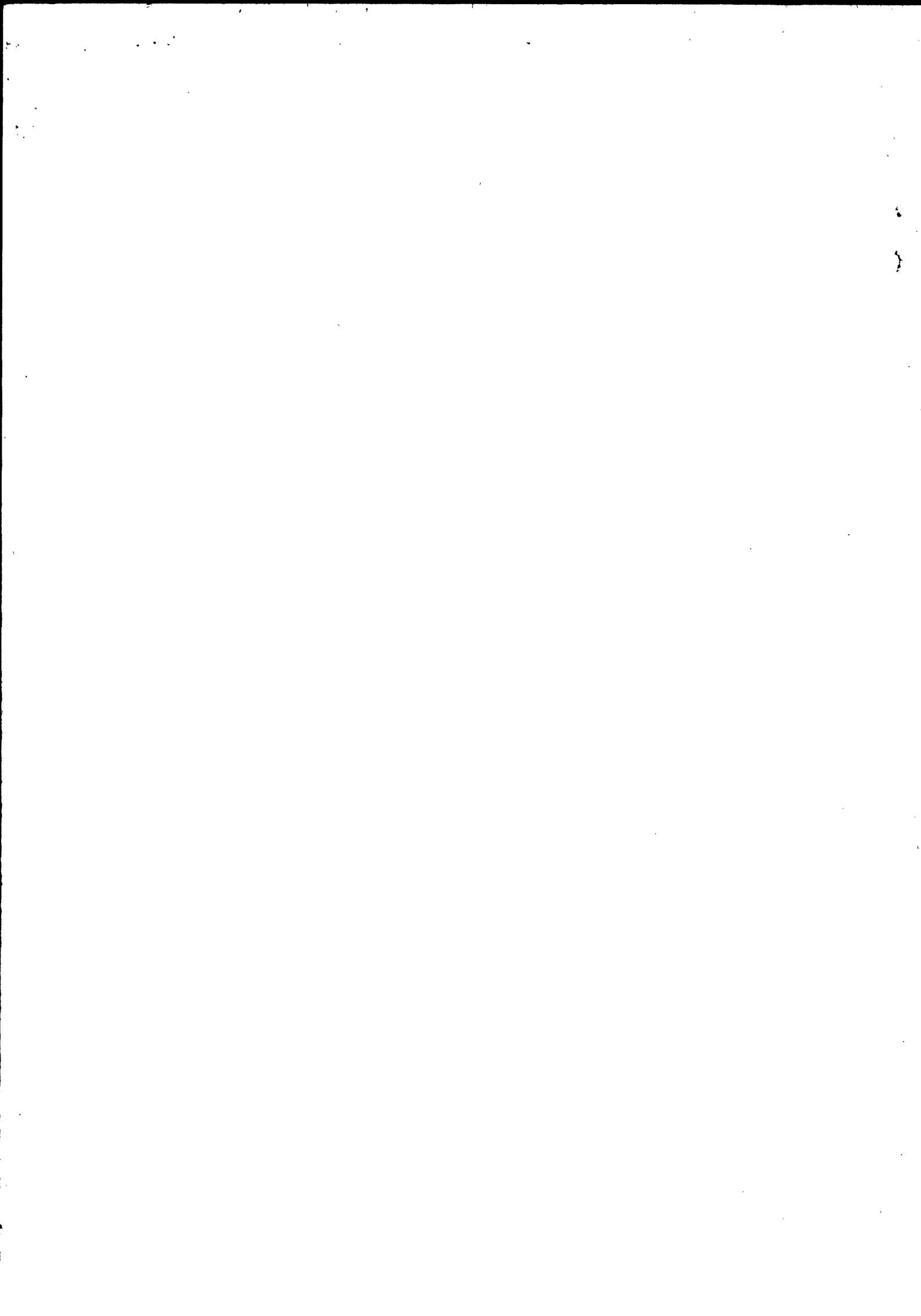
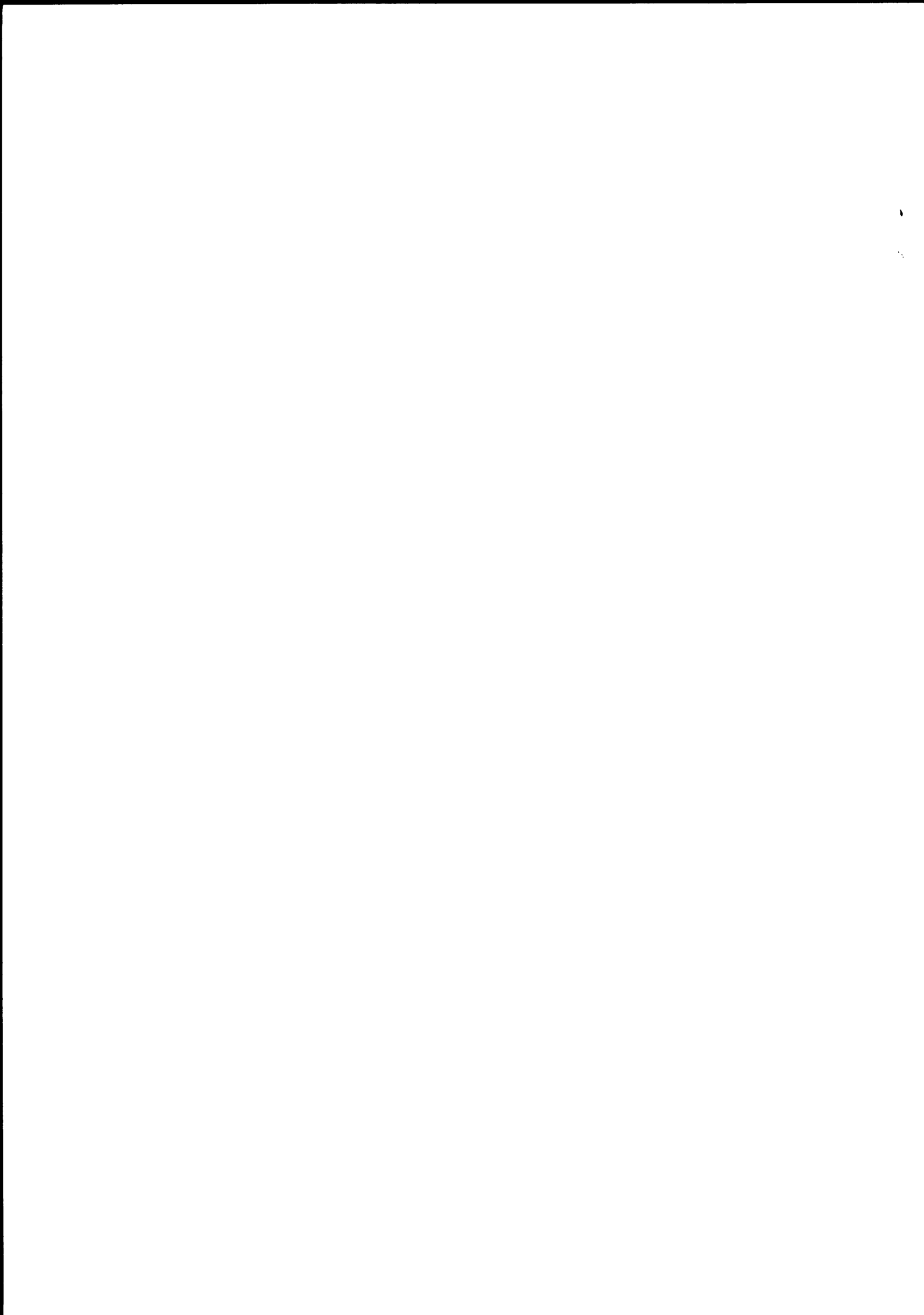


Tableau récapitulatif des propositions conformes aux critères énoncés dans les consignes  
adressées le 8.1.1969 au groupe spécialisé

	I Degré de collaboration	II Degré d'intégration des phases	III Objectifs	IV Opportunité de la participation des pays tiers	V Instances responsables de l'exécution
1. Grands projets européens: - centre de calcul et de recherche; - satellites météorologiques	Programmes organisés, financés et exécutés en commun (a)	- politique commune pour la création d'un centre de calcul et de recherche - satellites : politique commune	Activité de caractère scientifique et d'intérêt public (d)	souhaitable (II)	Centre C et R: institution commune (I) satellites: consortium ou entreprises non liées entre elles (II ou IV)
2. Développement d'appareils automatiques, notamment pour la zone côtière européenne - bouées météorologiques - station météorologique automat.	Coordination des programmes nationaux (b)	Recherche et développement dans le cadre d'une politique commune de la commercialisation (coordination des commandes publiques) (1 + 3)	Normalisation + développement de produits nouveaux (b + e)	souhaitable (II)	Normalisation/développement: institution commune et/ou centres nationaux ou coopératifs  Fabrication au niveau de l'industrie: entreprises non liées entre elles (I+/II+IV)
3. Développement d'appareils et de méthodes de caractère spécial, intéressant notamment la sécurité aérienne et les nuisances - mesure de la visibilité - changement dans la direction des vents au niveau de la couche d.frottement du sol - anémométrie à trois composantes  - détermination de la base des nuages - télémessure d.l.température à l'aide d'app. radiométriques - fusées-sondes atmosphériques	Coordination des programmes nationaux (b)	Recherche et développement + politique commune de la commercialisation (coordination des commandes publiques) (1 + 3)	Développement de produits nouveaux normalisation (e) + activité de caractère scientifique et d'intérêt public (b + e + d)	souhaitable (II)	Institution commune et/ou centres nationaux ou coopératifs + entreprises non liées entre elles (I+/II+IV)
4. Uniformisation, comm. communes de travaux d. développem. et achat en commun d'appareils météorologiques - ballons - radio-sondes - " p.l.mesure ozone	Coordination des programmes nationaux (b)	Politique commune pour la facilitation de la commercialisation (coordination des commandes publiques) (3)	Elaboration de normes et activité de caractère scientifique et d'intérêt public (d + e)	souhaitable (II)	Centres nationaux, publics ou coopératifs (II)
5. Promotion d.l.rech. et d.connaiss.scientif. - météorol.agricole - influence du domaine marin	Coordination des progr.nationaux, échange d'inform. (b + c)	Limitation à la phase d.l.recherche (échange d'inform. programme de travail. (1)	Activité de caractère scientifique et d'intérêt public (d)	souhaitable (II)	Centres nationaux, publics ou coopératifs (II)
6. Station commune de recherche dans l'Antarctique	(a)	(1)	(d)	(II)	(II)



Addendum à l'annexe 2  
du rapport du groupe spécialisé

MÉTÉOROLOGIE

Critères requis pour un ordinateur du groupe spécialisé  
"Météorologie" des Communautés européennes, en vue  
de l'étude des phénomènes de circulation  
générale et des prévisions à moyen  
et à long terme

1. Conception de base

Les conditions requises, brièvement résumées ci-après, auxquelles devraient répondre un ordinateur destiné au groupe spécialisé "Météorologie", des Communautés européennes, doivent essentiellement tenir compte de l'objet principal de l'installation, à savoir : l'étude des phénomènes généraux de circulation de l'atmosphère, effectuée à l'aide de nombreux modèles, puis ultérieurement l'application des résultats de cette étude aux prévisions à moyen et à long terme.

Pour ces modèles de prévision, il serait non seulement souhaitable, mais aussi nécessaire, pour des considérations qui relèvent du domaine de la physique, de mettre en même temps au point des modèles numériques de la circulation dans les océans en vue d'établir un modèle d'ensemble des variations de la circulation de l'atmosphère et de l'hydrosphère, compte tenu de la forte interaction liée à l'échange d'impulsions, de chaleur "sensible" et latente, ou au cycle hydrologique, etc... Des travaux de développement sont effectués dans ce domaine aux U.S.A., à la NCAR. Si les observations sur les océans existent en nombre suffisant au début des calculs prévisionnels à moyen et à long terme, le modèle pourrait en même temps servir aux prévisions océanographiques. Ainsi l'ordinateur deviendrait-il également de ce fait l'outil du groupe spécialisé "Océanographie" des Communautés européennes.



En ce qui concerne les modèles prévisionnels, on part de l'hypothèse qu'ils suivent en principe la même règle numérique que les modèles usuels de prévision à court terme, c'est-à-dire qu'un calcul de prévision à 30 jours, p.ex., exige un temps de calcul au moins 30 fois supérieur à un calcul de prévision à un jour. Il s'ensuit que, même avec la calculatrice la plus rapide du monde (CDC 7600) qui sera disponible dans un temps assez proche, il ne sera pas possible d'interrompre des calculs de prévisions à long terme, p.ex. à 30 jours, par un calcul de prévision à court terme ; aussi les prévisions à long terme devront-elles être dans la pratique établies en un intervalle de temps raisonnable. Les analyses et prévisions à court terme exigent en outre la mise à disposition permanente d'un second système de calcul en cas de perturbations ; ainsi que des connexions spéciales de télécommunications. La nécessité de tels moyens disparaît si l'installation est essentiellement utilisée à des fins de recherche et ne sert en aucun cas pour des travaux à court terme.

## 2. Prestations souhaitables du modèle

Le modèle idéal pour la simulation de la circulation générale et de ses variations devrait tenir compte, outre des processus dynamiques et adiabatiques, des phénomènes ci-après :

- a) effets thermogènes et frigorigènes tant du rayonnement que de la formation et de la dispersion des nuages,
- b) apport et déperdition de chaleur à la surface de la terre et della mer,
- c) transports d'humidité, enfin ensemble du cycle hydrologique.

Comme les anomalies de la circulation des deux hémisphères dépassent la ligne de l'équateur, le modèle doit porter sur l'ensemble du globe. La longueur horizontale de maille a été fixée à 300 km, compte tenu des nécessités de vitesse de calcul.

Pour pouvoir déterminer d'une manière plus détaillée le mouvement vertical, pour tenir compte de l'orographie et mieux fixer les paramètres des phénomènes micro- et mésophysiques, il serait sans aucun doute souhaitable d'adopter un réseau plus fin, mais ceci exigerait alors un accroissement considérable des temps de calcul ; une maille de 150 km demanderait par exemple un temps de calcul huit fois supérieur à ceux qui sont indiqués ci-après, car non seulement le nombre des points du réseau quadruplerait, mais encore il serait nécessaire, pour maintenir la stabilité numérique du modèle, de calculer également avec un intervalle de temps deux fois plus bref. Il serait éventuellement possible d'adopter, par exemple, des longueurs de maille de 200 km à partir de  $10^{\circ}$  N, et de 400 km pour la partie située plus au sud ; mais il faudrait alors introduire certaines règles mathématiques supplémentaires pour tenir compte de la réflexion des ondes à  $10^{\circ}$  N.

L'argument selon lequel un réseau à mailles de 300 km par exemple - tout au moins pour l'hémisphère sud - ne permettrait pas d'obtenir un nombre suffisant d'observations à la date fixée pour le début des calculs n'est pas très valable pour les modèles de circulation ni pour les modèles prévisionnels à moyen et à long terme ; en effet, il est tout à fait possible d'utiliser pour ces modèles une distribution initiale des grandeurs de champ moyennée dans le temps, par exemple sur deux jours, sans pour autant affecter la valeur indicative des résultats.

En ce qui concerne la résolution verticale du modèle, on prévoit huit couches pour l'atmosphère, deux couches pour l'océan ; il conviendrait éventuellement d'adopter la variante de sept et de trois couches. Il s'avère nécessaire de fixer pour les modèles de prévision un nombre relativement élevé de couches atmosphériques si l'on veut appréhender, d'une manière aussi proche que possible de la réalité, les processus de condensation et la situation à la tropopause. Dans les modèles actuellement utilisés, la distribution verticale des limites de couches généralement adoptée est telle qu'il existe (toujours) la même masse entre elles dans une colonne verticale de section uniforme ; il conviendrait de ne pas adopter cette méthode de calcul dans le modèle projeté. La couche limite planétaire, c'est-à-dire la couche de Prandtl

et la couche d'Ekman, devrait être introduite dans le modèle comme des couches spéciales dont l'épaisseur est irrégulière, pour pouvoir convenablement tenir compte - en déterminant leurs paramètres - des phénomènes de frottement et d'échange (mentionnés plus haut) qui se produisent à la surface de la terre et des eaux. En outre, la distribution des limites de couches sera déterminée par la nécessité de réaliser dans le modèle l'insertion la plus favorable pour les processus qui se déroulent à l'échelle de la mésophysique.

La couche supérieure de la mer doit, pour permettre d'appréhender convenablement les processus essentiels d'interaction qui se déroulent tous à l'échelle de la microphysique et pour lesquels la différence de température eau - atmosphère joue un rôle considérable, avoir une épaisseur relativement aussi faible que la couche de Prandtl dans l'atmosphère.

L'intégration verticale en fonction du reste de la profondeur de l'océan considérée comme une autre couche ne suffit vraisemblablement pas lorsque l'on veut, par exemple, tenir compte des transports méridionaux dans la sphère d'eau chaude de l'océan, lesquels seraient importants pour prévoir les variations de la circulation atmosphérique et, par conséquent, pour les prévisions à long terme. Il serait donc souhaitable d'adopter comme base de calcul trois couches pour l'océan et sept pour l'atmosphère. Un nombre de couches supérieur à dix accroîtrait les temps de calcul ci-après indiqués.

### 3. L'ordinateur central

Pour établir un modèle de circulation permettant de simuler convenablement les phénomènes physiques indiqués ci-dessus et prévoyant un total de dix couches (océan + atmosphère) et une maille horizontale de réseau de 300 km, et pour que ce modèle soit en outre utilisable pour les prévisions à moyen et à long terme, il est nécessaire de disposer d'un ordinateur répondant aux caractéristiques suivantes :

a) addition en virgule fixe réalisée en 100 - 50 n sec \*)

---

\*) Ce serait là une vitesse d'une à deux fois supérieure à celle des ordinateurs CDC 3800 et Telefunken 440.

- b) mémoire de 128 K mots, d'une longueur d'au moins 48 chiffres binaires et susceptible d'extension (p.e. à 8 x 32 K comme pour les CDC 3800),
- c) possibilité d'exécuter simultanément plusieurs programmes pour qu'il soit possible, pendant le déroulement de calculs prévisionnels à long terme, d'effectuer des travaux destinés à des fins de recherches d'une durée de 15 minutes par exemple,
- d) temps d'intervention particulièrement brefs dans les unités périphériques telles que mémoire à disques magnétiques et tambours, au moyen de canaux rapides adéquats.

Avec un ordinateur central équipé ainsi, des prévisions de 24 heures exigeraient presque 2 heures  $\frac{1}{2}$  pour le modèle défini plus haut; les prévisions à un mois d'échéance exigeraient donc environ trois jours de calculs ininterrompus (!).

Un ordinateur répondant aux conditions ci-dessus indiquées fait déjà l'objet d'une offre.

#### 4. L'équipement périphérique

Comme équipement périphérique, il conviendrait de prévoir, en plus, au moins un ordinateur-satellite pour les entrées et les sorties et un ordinateur pour l'enregistrement d'observations relatives aux champs initiaux, des mémoires à disques magnétiques et des tambours, capables de mémoriser environ 12 millions de mots à 48 bits. Il faudrait en outre au minimum un plotter rayonnant cathodique, des dispositifs d'affichage ainsi que les unités habituelles d'entrée et de sortie telles que lecteurs de cartes, perforatrices de cartes, unités à ruban magnétique.

#### 5. Télécommunications

En ce qui concerne les modèles de prévision à moyen et à long terme, on estime tout à fait suffisante une liaison duplex, fonctionnant sur une ligne très rapide avec le centre de télécommunications le plus proche; celui-ci transmettrait, à l'ordinateur-satellite du centre de recherche, à l'aide d'un ordinateur et à des moments préalablement convenus, toutes les observations (si possible classées) nécessaires au modèle de prévision. Les résultats des calculs prévisionnels devraient,

par la voie inverse, parvenir au réseau des télécommunications de la météorologie.

6. Autres possibilités ultérieures d'utilisation de l'installation

Lorsque le modèle aura fait ses preuves pour la circulation générale et que son utilisation pourra être envisagée pour les prévisions à moyen et à long terme, le moment sera presque venu de rattacher aux prévisions à moyen terme les prévisions numériques relatives à l'Atlantique Nord. A cette fin, différents programmes pourraient être mis au point pour les méthodes prises en considération. La méthode de prévision océanographique la plus prometteuse pourrait alors chaque fois être appliquée avec le programme à moyen terme, par exemple tous les trois jours pour les huit prochains jours, et ses résultats pourraient être diffusés avec les prévisions à moyen terme en indiquant les routes les plus favorables pour la navigation européenne.

Outre cette application de routine de l'installation aux problèmes de circulation de l'atmosphère des eaux, d'autres pourraient être envisagés, notamment dans le domaine de l'océanographie, telles que le calcul de l'effet du vent et des marées sur le niveau des eaux. En cas de perturbations, il conviendrait toutefois d'ajourner de 24 heures ou moins tous les travaux à délai fixe.

