

xyz

*Association
Française
de Topographie*

2^e Congrès

International de la
TOPographie

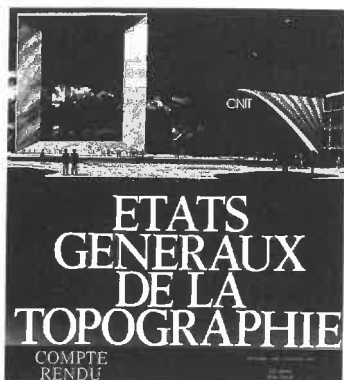


ETATS GÉNÉRAUX DE LA TOPOGRAPHIE

COMPTE
RENDU
2^e CITOP

DEUXIÈME
PARTIE

AVRIL - JUILLET 1990
Nos 43 - 44
12^e année
Prix 220 F
ISSN 0290 - 9057



TRIMESTRIEL

Le numéro : 110 F
L'abonnement d'un an
[4 numéros] : 410 F
Secrétariat de l'AFT
et Rédaction XYZ

136 bis, rue de Grenelle,
75700 PARIS
Tél. : (1) 43.98.80.00
poste 7690

Ouverts les mardi et vendredi
de 10 h à 12 h

COMITE DE REDACTION
RAPPORTEUR

André BAILLY
Ingénieur ETP

MEMBRES

Jean COMBE
Ingénieur ESGT
Guy DUCHER
Ingénieur Général Géographe
Jean-Jacques LEVALLOIS
Ingénieur Général Géographe
Jean PUYCOUYOUL
Ingénieur E.P.
Michel SAUTREAU
Directeur divisionnaire honoraire
du Cadastre
Roger SCHAFFNER
Géomètre DPLG
Bernard SCHRUMPF
Ingénieur Général
de l'Armement
Robert VINCENT
Ingénieur E.C.P.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

André BAILLY

IMPRIMERIE MODERNE

USHA
AURILLAC 15001
Tél. : 71.63.44.60

L'Association Française de Topographie n'est pas responsable des opinions émises dans les conférences qu'elle organise ou dans les articles qu'elle publie.

Tous droits de reproduction ou d'adaptation sont strictement réservés.

XYZ

sommaire

	Page
n°s 41-42 COMPTE RENDU DU 2^e CITOP (1^{re} partie)	
— De la pyramide du Louvre à la Grande Arche, par Jack BIQUAND	3
— Allocution d'ouverture du président de l'AFT, Roger SCHAFFNER	5
— Ouverture du Congrès - Jean CHAPON, IGPC, président du CORGEC	7
— Quelques impressions personnelles sur le 2 ^e CITOP, par André THIEBAULT, IGPC honoraire	13
— Instruments et Méthodes	
— 1^{re} Séance - Présidents MM. CHAPON et THIEBAULT	
— Panorama de l'instrumentation moderne en topographie, par Michel KASSER, Ingénieur Géographe en Chef, IGN France	17
— Panorama de la photogrammétrie moderne, par Otto KÖLBL, Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne	19
— Evolution du réseau géodésique national, réalisation, maintenance et utilisation par technique de géodésie spatiale, par J.-J. LEVALLOIS, IGG honoraire, C. BOUCHER, IGC-IGN, P. WILLIS, IG-IGN. France	40
— 2 ^e Séance - Président Jean DENEGRÉ, secrétaire général du CNIG, Allocution	53
— Evolution des techniques et méthodes de la géodésie industrielle, par C. LASSEUR, M. MAYOUD, J.-P. QUESNEL, Laboratoire Européen de Physique des Particules, CERN. Suisse	55
— Les bases de données topographiques et cartographiques de l'IGN, par Loïc PRESSENSE, IGG-IGN, Christian FAAD, IG-IGN, et Marie-Noëlle SCLAFFER, IG-IGN - France	65
— Sciences géographiques, connaissance du monde et conception de l'univers dans l'antiquité, par Raymond d'HOLLANDER, IGG - (2 ^e partie : Sciences géographiques durant la période grecque)	83
n°s 43-44 COMPTE RENDU DU 2^e CITOP (2^e partie)	
— Informatique et topographie	
— 3 ^e Séance - Président M. BOURGOIN, Ingénieur Général de l'Armement honoraire A propos du 2 ^e CITOP	2
— Systèmes d'informations numériques du territoire, par M. EICHHORN, T.H. DARMSTADT RFA	3
— La carte marine électronique, par M. LAPORTE et M. SOUQUIERE, SHOM. France	21
— Flash sur les formats d'échanges, par M. ALGRAIN, Géomètre-Expert, France	29
— Utilisation de l'Imagerie satellite pour la cartographie, par M. FLEURY, CSI, France	35
— Espace topographique européen	
— 4 ^e Séance - Président M. BOURCY, secrétaire général du Comité de liaison des Géomètres Européens : — la formation du géomètre-topographe — 1993 et l'ouverture des frontières de l'Europe	51
— La formation en topographie : évolution de l'enseignement, équivalence de diplôme, comparaison des formations, par M. de PREESTER, Inspecteur Général de l'Education Nationale, France	53
— Le développement de la profession de géomètre et de topographe dans l'espace européen, par M. de GRAEVE - Belgique	63
— Synthèse du congrès, par Guy DUCHER, IGC, IGN - France	69
— Réception à l'Hôtel de Ville de Paris : — Allocution de M. Philippe CHAIX, conseiller de Paris	73
— Réponse du président SCHAFFNER	74
— Album de la réception	75
— Sciences géographiques, connaissance du monde et conception de l'univers dans l'antiquité, par Raymond d'HOLLANDER, IGG (3 ^e partie : Géographie et astronomie grecques durant la deuxième moitié du V ^e siècle et le IV ^e siècle av. JC)	77
— Annonceur n°s 41-42 p. 66 — n°s 43-44	42

N° 45 — Compte rendu : fin du 2^e CITOP (3^e partie) et conférences AFT Poitiers "Gestion topographique de l'espace".



A PROPOS DU DEUXIEME CITOP

M. BOURGOÏN
Ingénieur Général de l'Armement
Honoraire

Le deuxième congrès international de la topographie (CITOP) qui s'est tenu au CNIT (Paris-La Défense) du 7 au 9 décembre dernier, a remporté un très vif succès dont le mérite revient d'abord à l'éminente personnalité qui avait accepté de le présider, l'Ingénieur Général des Ponts et Chaussées Chapon. Nul mieux que lui, n'était apte à planter le décor en ouverture des travaux devant une assemblée particulièrement nombreuse (plus de 350 personnes), attentive et motivée. Le large éventail des sujets abordés, le caractère avancé des thèmes de recherche exposés, l'ampleur des problèmes posés par la formation et l'ouverture européenne, les enjeux du futur, justifiaient pleinement ce choix d'un ingénieur qui, au cours d'une très brillante carrière, marquée par des expériences, humaine, scientifique et technique les plus variées, a côtoyé les "topographes" à la bonne distance pour apprécier les apports de leur art à l'ingénierie et porter un jugement de valeur sur la profession. Félicitons aussi au passage M. Schaffner, Président de l'Association Française de Topographie AFT et M. Bailly, directeur du Congrès, pour la préparation minutieuse de cette manifestation et la parfaite réussite de son organisation.

Le deuxième CITOP a mis en évidence la rapide évolution qui caractérise l'art du topographe et sa profession. Elle nous inspire les quelques réflexions suivantes :

L'élargissement du domaine d'application de la topographie (pour conserver ce vocable restrictif) va de pair avec l'élargissement de celui des échelles de mesure. Le topographe travaille aujourd'hui de l'infiniment petit à l'infiniment grand, dans toutes les disciplines où la mesure des distances et le positionnement absolu ou relatif ont une place de premier choix. On ne s'étonnera plus désormais de le trouver dans des secteurs aussi variés que le spatial (géodésie spatiale ou marine), l'environnement (variations du niveau moyen, détermination des courants et des houles), le médical (imagerie), le génie civil (tunnels, stabilité d'ouvrages, etc.) et le bâtiment. La conquête d'une nouvelle décimale dans la précision d'un instrument de mesure ouvre chaque fois des horizons nouveaux.

L'époque de l'ingénieur-opérateur n'est pas entièrement révolue, mais il est vrai que les progrès instrumentaux et la sophistication des équipements font souvent considérer les instruments comme des "boîtes noires" mises en œuvre par des simples opérateurs. Il faut y prendre garde si les travaux de routine ne font plus généralement appel à l'ingénieur, il convient par contre de maintenir ou renforcer le dialogue entre les ingénieurs, les chercheurs et les constructeurs. Une veille scientifique est de rigueur, concernant tous les progrès de la physique fondamentale et il est non moins indispensable de procéder à des évaluations scientifiques objectives des performances des appareils dans des conditions variées d'emploi.

L'informatique a allégé les tâches du topographe et elle est aussi l'un des principaux facteurs d'explosion des applications. Comme pour les instruments, on ne devra pas se contenter des facilités qu'elle procure mais se préoccuper de ce que peuvent cacher des produits tout faits. L'informatique ne doit pas masquer la nécessité de connaissances de base sous-jacentes, comme la théorie des surfaces. Elle doit aussi garantir la qualité de ses produits en développant des méthodes d'assurance qualité, et satisfaire en tant que de besoin aux normes de mesures et de traitement des données.

Au cœur des préoccupations professionnelles, on trouve les problèmes de formation et de recrutement. Dans une double perspective, nationale et européenne, il convient de réexaminer, pour les différents niveaux, le contenu des enseignements et les perspectives de recrutement. Concernant les recrutements, on a vu que beaucoup de tâches incombant jadis à des ingénieurs, reviennent aujourd'hui à des techniciens. Par ailleurs, la topographie d'aujourd'hui doit être à l'affût des applications nouvelles, c'est-à-dire de la diversification. En s'appuyant sur les vertus traditionnelles de la profession, telles que la rigueur dans la mesure et son traitement, les facultés d'adaptation au contexte humain et géographique, le topographe progressera dans les nouveaux domaines où ces qualités seront mises en valeur. L'informatique et les formes multiples de traitement d'image feront partie de sa formation de base.

Même si les servitudes du métier se sont allégées, il nous semble que le contact avec le terrain reste fondamental dans la plupart des cas. Mais le topographe devra en outre veiller au contact avec les hommes. Il est amené à se déplacer sur toute la planète et à aborder des applications imprévues. Le dialogue permanent et approfondi avec les utilisateurs permet seul les bonnes approches méthodologiques et les bonnes performances économiques. Il est aussi important que la bonne formation initiale et son entretien régulier ; c'est aussi lui qui autorise une certaine capacité d'anticipation.

Le topographe joue le plus souvent un rôle discret dans la phase amont des grands travaux, ou après coup, dans leur suivi. Il est généralement absent le jour de l'inauguration. Mais il est un partenaire de premier plan dans les grands projets comme dans ceux, plus modestes, qui concernent notre vie quotidienne. Arpenteur des nouveaux horizons géographiques, une tâche immense l'attend aussi pour explorer les nouvelles frontières des applications de son art à notre vie en société.

SYSTEMES D'INFORMATIONS NUMERIQUES DU TERRITOIRE



Professeur Gerhard EICHHORN,
Ingénieur Technische Hochschule Darmstadt RFA

Résumé

Le développement du traitement des données et de l'électronique rend possible de nos jours à l'ingénieur-géomètre l'organisation et l'administration de système d'informations du territoire. Ceux-ci sont différenciés en considération de leurs finalités respectives et de leur étendue spatiale. Ils peuvent être classés en trois catégories :

1. Les systèmes d'informations du territoire à petite échelle pour les pays en voie de développement.

Les données nécessaires peuvent être acquises au moyen des images satellitaires. Elles se prêtent aux tâches de l'aménagement du pays et à la mise en valeur de certaines régions ou gisements.

2. Les systèmes d'informations du territoire dans leurs applications topographiques et cartographiques.

Ces systèmes se basent sur l'acquisition des données en vue de la production des cartes thématiques aux échelles 1 : 25 000^e et plus petites et elles servent entre autres à la protection de l'environnement et à l'aménagement du paysage ou au guidage des courants de circulation.

3. Les systèmes d'informations du territoire à grande échelle pour les villes et communes.

On peut les utiliser comme des systèmes d'informations parcellaires ou comme des systèmes d'informations spécialisées ou encore pour les utilisations multidisciplinaires lors de requêtes ad hoc.

Nous présenterons des travaux concernant de tels systèmes dans les administrations liées à la topographie de la République Fédérale d'Allemagne, ainsi que dans le domaine de la recherche à l'Institut Géodésique de l'Université Technique de Darmstadt.

1. Les modifications dans le portrait de la profession

Actuellement la profession d'ingénieur-géomètre se voit confrontée avec des modifications de son portrait qu'elle n'a jamais connues avant dans toute son histoire et sa tradition. Ces modifications sont dues en premier lieu aux moyens auxiliaires qui évoluent constamment, ce qui entraîne d'autres méthodes de mesures qui exercent une influence décisive dans chaque domaine spécial de la profession. En ce qui concerne les instruments auxiliaires, ils étaient d'abord du type mécanique, ensuite de la mécanique de précision et de l'optique, enfin dans les années 50 du XX^e siècle, s'ajoutaient des éléments électroniques pour aboutir à des éléments micro-électroniques. Les auxiliaires de calcul ont évolué en partant des logarithmes et des machines à commande manuelle, en passant par les machines à commande électrique pour arriver enfin aux automates de calcul et, tout récemment, aux ordinateurs et aux ordinateurs intégraux. L'acquisition des données, en partant de la méthode orthogonale, s'est étendue au "stationnement libre" en passant par le levé polaire ; en partant par la photogrammétrie terrestre puis des prises de vues aériennes à l'aérotriangu-

lation, elle s'est étendue à la restitution analogique puis numérique, même à l'utilisation de prises de vues au scanner exécutées par des véhicules spatiaux. Il s'ajoute qu'aujourd'hui la technique satellitaire offre des instruments complètement nouveaux pour résoudre les problèmes de l'ingénieur et pour définir à court terme les coordonnées planimétriques et altimétriques pour les canevas des points fixes ainsi que pour l'acquisition des changements des coordonnées en raison du mouvement de continents entiers. La mise au point de méthodes physiques de mesure avec des détecteurs et des accéléromètres complètent cette évolution historique.

Jusqu'à nos jours, les tâches d'un ingénieur-géomètre pouvaient être caractérisées principalement comme l'acquisition et la représentation de la surface de notre planète, comme l'inventaire précis et la mise à jour des propriétés foncières, y compris leurs utilisations et restrictions, ainsi que le traçage et la surveillance de projets techniques. De nos jours, s'offrent des possibilités pour de nouvelles tâches qui servent d'une part à l'amélioration de l'économie nationale et, d'autre part, à l'uti-

LE WILD NA2000, UNE PREMIERE MONDIALE

**AVEC LE NIVEAU
DIGITAL NA2000
AUGMENTEZ VOTRE
RENDEMENT DE 50%
ET LA FIABILITE DE
VOS MESURES
DE 100%.**

Le Wild NA2000 est le premier niveau au monde à lire la mire automatique-ment. Et ceci par simple pression d'une touche. Le NA2000 enregistre simultanément les données dans la mémoire amovible Rec Module. Des programmes de calcul intégrés répondent aux besoins des professionnels pour les opérations de nivellement tels que nivellement par cheminement, nivellements par rayonnement, implantations ...

Rod ≡
1.264

Dist ≡
22.38

Basée sur le traitement électronique d'images, la technique de mesure mise en œuvre dans le NA2000 vient révolutionner les opérations de nivellement. De la saisie de données jusqu'au tracé de plan, l'automatisation des opérations exclut toute erreur de lecture ou de transfert et assure un confort et une rapidité inégalés.

Wild Leitz: les instruments de la réussite.



WILD LEITZ, 86, av du 18 Juin 1940
92563 RUEIL MALMAISON CEDEX. Tél: (1).47.32.92.13
Télex: WLF 203334 F/ Télécopie: (1).47.08.11.47

 **WILD LEITZ**

lisation des ressources de la terre, de l'eau et de l'air, en incluant les ressources naturelles solides, liquides et gazeuses, et enfin à la protection de l'environnement ou plus particulièrement de la nature. Les problèmes orientés strictement vers la technique de l'ingénierie mis à part, les ingénieurs-géomètres se sont occupés très tôt également des tâches de planification, de l'organisation et de l'évaluation de l'espace urbain et rural, ainsi que des problèmes du façonnage et du perfectionnement des infrastructures.

2. Les systèmes d'informations du territoire et les associations scientifiques internationales

L'action concertée de toutes ces diverses facettes de la profession devient un facteur important quand il s'agit d'organiser et de gérer des systèmes d'informations du territoire. Des réflexions préalables menées séparément dans divers pays, ont amené l'association internationale de notre profession, la Fédération Internationale des Géomètres, lors de son XV^e congrès à Stockholm en 1977, à poser ces tâches nouvelles au centre de ses activités par la réorganisation de ses commissions et elle a chargé la Commission 3 de s'occuper de ces problèmes.

A Graz, a eu lieu en septembre 1982, le premier symposium international concernant la formation et le perfectionnement des géodésiens dans les diverses universités. Ce symposium a été supporté par toutes les associations affiliées que sont la FIG, l'IAG, l'ICA, l'ISM et l'ISPRS et a servi aussi à préparer la fondation de l'organisation internationale, "l'Union Internationale de Géodésie et de Cartographie" (UIGC) dans le cadre du "Conseil International des Unions Scientifiques" (CIUS). Les problèmes concernant la formation des jeunes géomètres pour les futurs systèmes d'informations du territoire étaient un des problèmes centraux, et le président de la Commission 9 de l'IAG, le Prof. Krakiwsky (Calgary), a été chargé de rassembler dans tous les pays, les contenus de la formation des études de géodésie et de les publier. Par la suite, les sujets concernant les systèmes d'informations du territoire ont connu une importance capitale surtout dans les universités d'Australie, du Canada et des Pays-Bas.

En 1984, "l'Organisation Européenne d'Etudes Photogrammétriques Expérimentales", OEEPE, a décidé d'adopter une réforme de sa structure et a créé des commissions d'application. Elle a chargé la "Commission V" du problème des systèmes d'informations du territoire. Jusqu'en 1988, elle établit d'abord un inventaire de l'état actuel des travaux d'organisation réalisés pour établir des systèmes d'informations du territoire dans les pays concernés. Le questionnaire distribué distingua d'abord deux domaines principaux : les applications à grandes échelles et celles à petites échelles. Chaque complexe a été divisé en 16 sections, allant chaque fois des données topographiques aux données socio-économiques.

3. Définition des systèmes d'informations du territoire

Les organisations mentionnées et beaucoup de congrès nationaux et internationaux, surtout de la FIG, de l'ISPRS et de l'ICA ont depuis lors mis le sujet des systèmes d'informations du territoire au centre de leurs réflexions, et il est certain qu'elles reconnaissent toutes la définition générale que l'Assemblée générale de la FIG avait déjà décidée lors de son XVI^e Congrès à Montreux en 1981 et qu'elle a confirmé à Sofia en 1984 : *"Un système d'information du territoire constitue un instrument de décision dans les domaines juridique, administratif et économique, et une aide pour la planification et le développement ; il comprend, d'une part, une base de données à référence spatiale, contenant des données se rapportant au sol sur un territoire donné et, d'autre part, les procédures et techniques nécessaires à la saisie et la mise à jour systématique, au traitement et à la diffusion des données. La base d'un système d'information du territoire est constituée par un système de référence spatial pour les données, qui facilite la connexion des données de ce système et d'autres données relatives au territoire"*.

C'est bien intentionnellement que l'on a exprimé cette définition d'une façon très large en ce qui concerne le contenu d'un système d'informations du territoire. Elle

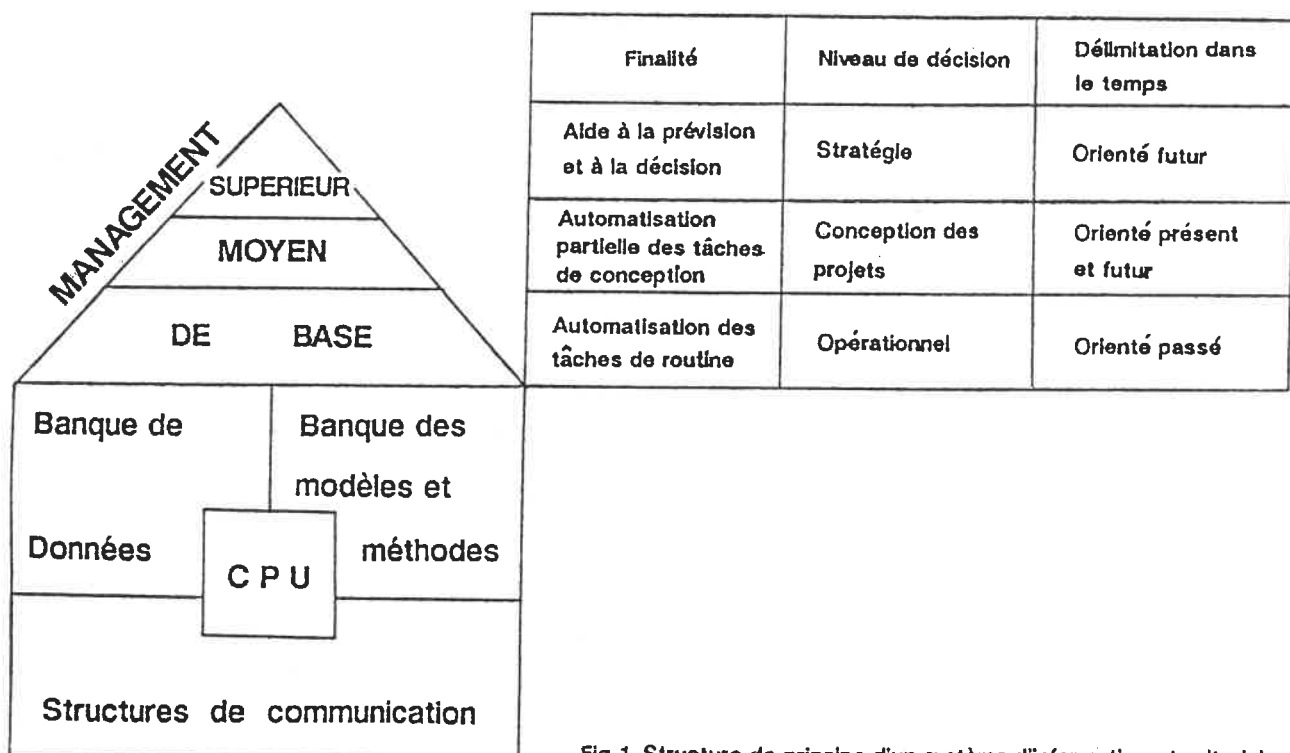


Fig 1. Structure de principe d'un système d'informations territorial

est valable non seulement pour les régions limitées au plan communal ou urbain, mais aussi pour des pays entiers.

Pour organiser les systèmes d'informations du territoire, il faut donc que :

1. Le territoire en question soit bien défini du point de vue de l'étendue spatiale.
2. Tous les fichiers des données à référence spatiale de ce territoire se basent sur un système uniforme de référence spatiale.
3. Des données de base communes ne soient acquises et mises à jour que par une seule instance, le centre compétent.
4. Ces données communes soient mises à la disposition des autres centres concernés et autorisés.
5. Les centres participants créent des interconnexions convenables au système uniforme de référence spatial pour leurs données spécifiques et traitées sous leur propre responsabilité selon des critères économiques.
6. Sous réserve du respect des restrictions imposées par la protection des données, l'on arrive à réaliser des exploitations interdisciplinaires tirées des diverses collections de données, afin de pouvoir établir des bases de décisions les plus performantes possibles.
7. Des décisions politiques fondamentales soient prises dans ce sens.

4. Systèmes d'informations du territoire pour les diverses régions

Selon l'importance du territoire on aboutira à des solutions différentes :

4.1. Systèmes d'informations du territoire pour les pays en voie de développement

Pour des territoires vastes, dotés seulement de couvertures topographiques extensives, ce qui est le cas pour un certain nombre de pays en voie de développement, il est possible d'établir, dans un premier temps un système d'informations du territoire, un canevas de points fixes en tant que système de référence spatiale, à l'aide de méthodes satellitaires comme par exemple le "Global Positioning System". Ensuite les images satellitaires se prêtent à l'acquisition d'informations multiples pour les exploitations thématiques d'après le procédé de la télédétection, par exemple en ce qui concerne la couverture végétale et en partie l'utilisation du sol, avec la topographie, y inclus les cours d'eau, la structure de l'habitat et les voies de circulation et également les températures au sol et les émissions. Il est alors nécessaire de transformer les données de télédétection vers le système de référence spatiale. Ce système d'informations du territoire à petite échelle a l'avantage d'être répétitif à de courts intervalles sur toute la surface terrestre. Ainsi, on peut trouver une solution relativement simple pour la mise à jour du SIT. Cet aspect partiel d'un système d'informations du territoire peut aussi être désigné par "système d'informations géographiques". Les données à traiter sont disponibles en tant que données matricielles et peuvent être traitées et utilisées sous forme numérique ainsi que sous forme analogique. Ce système se prête en premier lieu aux tâches de l'aménagement du pays.

4.2 Systèmes d'informations du territoire dans leurs applications topographique et cartographique

Dans les pays européens qui disposent déjà de canevas d'ensemble homogènes et dans lequel existent des

séries de cartes couvrant tout le territoire national dans une certaine gamme d'échelles et qui ont également mis au point des cartes thématiques pour des domaines spéciaux, on voit maintenant pointer des exigences de transposer ces supports analogiques d'informations et de mettre à disposition des données numériques du territoire et du terrain. Ces exigences sont exprimées par des domaines d'utilisation et des groupes d'applicateurs bien différenciés :

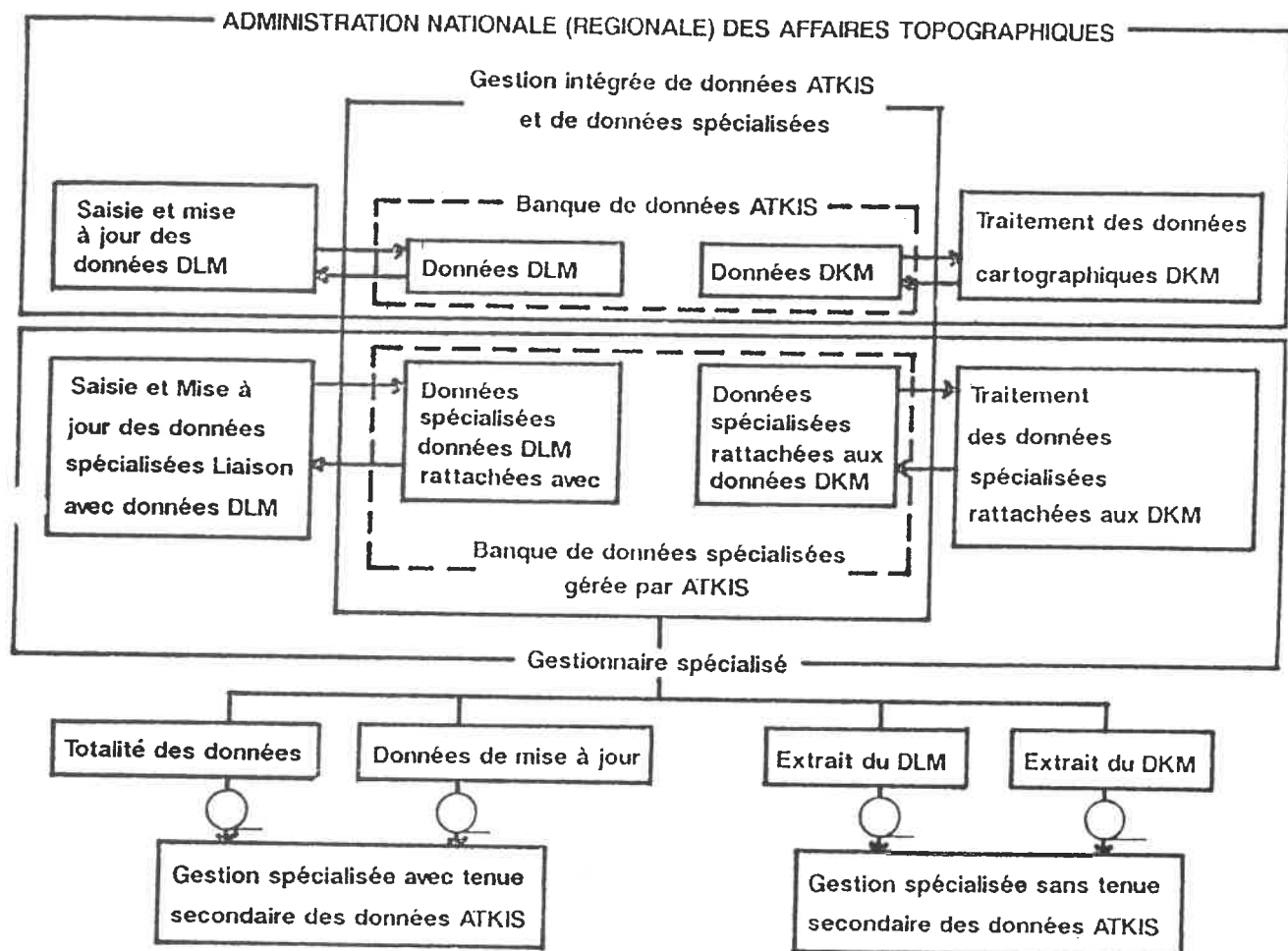
1. Dans le domaine administratif pour permettre de faire des interconnexions des divers fichiers de données à références spatiales en vue de perfectionner le rendement de l'administration et ses actions.
2. En tant qu'aides objectives pour les décideurs et pour faciliter le management lors des planifications relatives au sol.
3. Pour la protection de l'environnement et l'aménagement du paysage.
4. De la part de l'industrie automobile et pour contrôler les cours de la circulation par la localisation des véhicules, par exemple en utilisant les systèmes "Global Positioning" et "Inertial Navigation" grâce à des ordinateurs embarqués.
5. Pour l'actualisation à court terme des ouvrages de cartes nationales.

Il semble d'abord que la digitalisation des cartes topographiques existantes est la solution la plus simple. Les résultats obtenus par cette méthode suffiraient bien sûr à quelques-unes des applications. Pour satisfaire à des exigences plus élevées en précision, en fiabilité des données numérisées et en tenant compte des aspects juridiques dans le cas où on fait participer des bureaux privés aux travaux de numérisation, les réflexions des autorités concernées en République Fédérale d'Allemagne ont abouti au résultat de mettre au point un système d'informations numériques de droit public, le "Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem" ATKIS (Système officiel des informations topographiques et cartographiques) pour compléter le système d'informations analogiques constitué par les séries de cartes topographiques nationales. Une banque de données est le centre de ce système d'informations. Elle englobe les deux composantes : le paysage topographique numérique et la carte numérique.

4.2.1. Le modèle numérique du paysage (topographique)

Dans un premier temps, les objets du paysage sont réduits aux 3 éléments géométriques localisés : le point, la ligne et la surface. Ensuite, on les définit sans ambiguïté et enfin on les caractérise à l'aide d'attributs. La totalité des données acquises de cette façon forme le "modèle numérique du paysage". Il se concrétise par une banque de données à structure vectorielle. Dans cette banque de données, on distingue deux rubriques : le "modèle numérique de la situation" à deux dimensions pour tous les éléments planimétriques, et le "modèle numérique de terrain" à trois dimensions pour les données topographiques. En outre, à chaque élément du modèle numérique du paysage est attribué une caractéristique. Des données de géométrie décrivent la situation et la forme, et des attributs additionnels expliquent les caractéristiques spéciales. Un "catalogue des types d'objets" sert de moyen de classification.

Le résultat du modèle numérique du paysage est un fichier numérique qui classe les données, en vue des exigences des différents intéressés, d'après les différentes phases de la généralisation par analogie avec les échelles cartographiques de la topographie, en trois modèles du paysage pour les échelles au 1 : 25 000 (cela correspond au DLM 25) au 1 : 200 000 (DLM 200) et au 1 : 1 000 000 (DLM 1000).



Légende

DLM = Digitales Landschaftsmodell = Modèle numérique du terrain

DKM = Digitales Kartenmodell = Modèle numérique cartographique

Format-ATKIS = Format universel d'échange des données Topographiques et cartographiques d'un système d'informations

Fig 2. Modèle conceptuel des données ATKIS

4.2.2. Le modèle cartographique numérique

Le "modèle cartographique numérique" se base sur l'idée de former une entité cartographique, un "objet de carte" à partir d'un objet du paysage et des attributs correspondants. Chacun de ces objets est mémorisé additionnellement avec une caractéristique d'identité. En ce qui concerne la géométrie, il faut savoir si l'objet existe sous forme vectorielle ou matricielle. Il fallait d'abord déterminer un "catalogue de signatures" (sémiologie) uniforme pour représenter les objets de la carte. Dans le fichier du modèle cartographique numérique chaque élément est généralisé en tenant compte des signatures attribuées, les critères essentiels étant : sélectionner, réduire (résumer), compresser (éliminer) et agrandir.

Les échelles de travail sont également

- 1 : 25 000 - (DKM 25)
- 1 : 200 000 - (DKM 200) et
- 1 : 1 000 000 - (DKM 1000)

4.2.3. La réalisation du système des informations topographiques et cartographiques en République Fédérale d'Allemagne

Les deux composantes du "Système officiel des informations topographiques et cartographiques" dépassent la numérisation proprement dite des cartes topographiques existantes. Elles sont destinées à saisir et à représenter un paysage structuré de manière numérique et avec une précision suffisante. Lors de la réalisation de ce projet qui correspond par son volume de travail à un nouveau levé topographique, les points importants se concentrent sur les domaines de la géométrie planimétrique, de la géométrie altimétrique et l'affectation des attributs. Pour obtenir des résultats utilisables dans un délai convenable, il faut bien sûr avoir recours aux résultats du cadastre parcellaire, à la carte de base 1 : 5000, aux orthophotos existantes au 1 : 5000 et aux autres photographies aériennes utilisables. Pour les attributs, ils

A ceux qui mesurent la réalité au millimètre, voici quelques précisions.

A ceux qui voudraient
bien travailler
sans avoir à consulter
le bulletin météo,
(étanchéité
au ruissellement).

A ceux qui se disent que
la mesure optique,
c'est l'affaire du leader
mondial de l'optique,
(objectifs ED à très faible
dispersion).

A ceux qui aiment
le travail bien organisé,
(présélection des deux
lignes d'affichage).

A ceux qui pensent que
la haute précision,
c'est normal dans
ce métier,
(mesure à 0,2 millimètre).

A ceux qui
n'oublient jamais que
la rapidité n'est rien
sans la précision,
(tracking au millimètre).

A ceux qui considèrent
que l'électronique
est un service,
pas une servitude,
(enregistrement
automatique sur le carnet
de terrain).

Station DTM série A.

A ceux qui
se contentent du meilleur,

Nikon

sont tirés des données existantes de services publics et privés compétents. L'incorporation et l'utilisation de ces divers fichiers de base entraîne la mise au point de logiciels convenables sur la base d'une structure convenue de données. Ceci permet de recourir en partie au logiciel pour la "Automatische Liegenschaftskarte" (carte parcellaire automatisée). On espère obtenir à la fin des informations topographiques de grande valeur sous formes numériques et graphiques grâce à l'intermédiaire d'ATKIS et de l'incorporation des séries complètes des cartes topographiques officielles. Les administrations géodésiques des Bundesländer travaillent actuellement à la mise au point et à la réalisation de la DLM 25 et DKM 25, tandis que l'Institut für Angewandte Geodäsie publiera la DLM 200 et la DKM 200. A cette fin des études essentielles sont déjà faites.

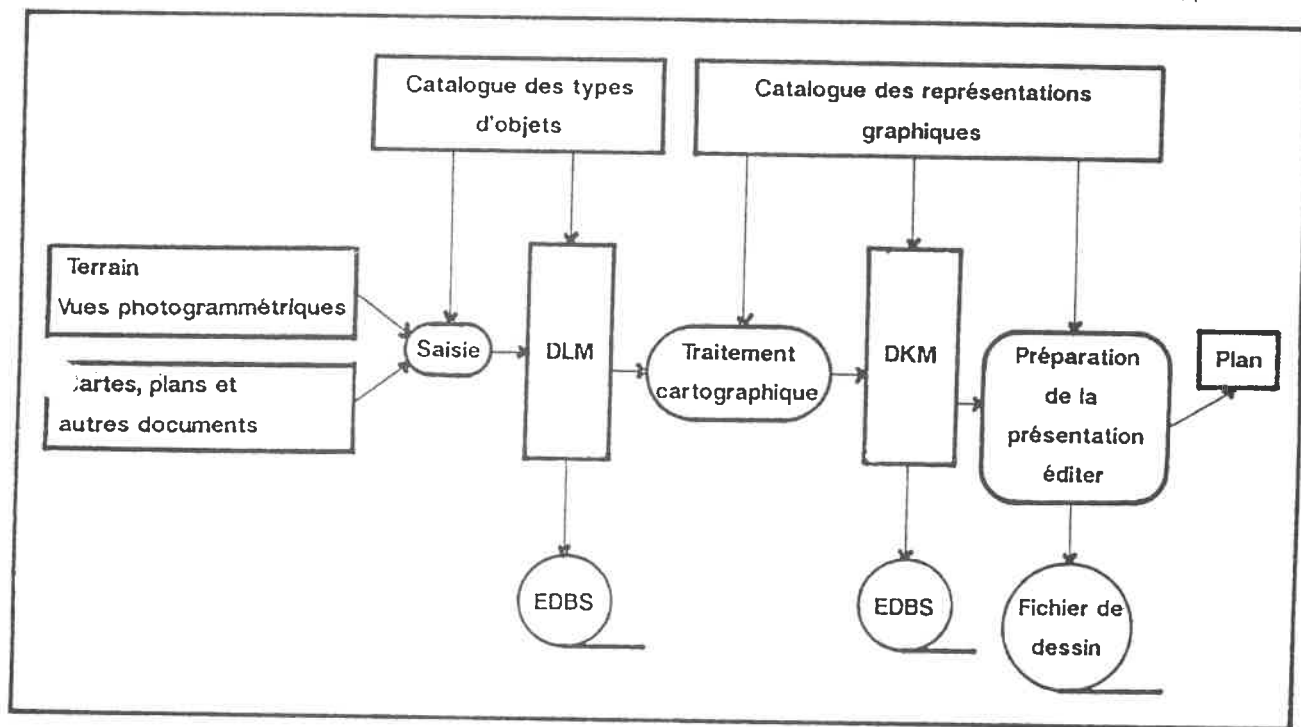
4.3. Systèmes d'informations du territoire pour les villes

Parallèlement à ce développement les organes du "Deutscher Städtetag" travaillent pour établir une "Massstaborientierte Einheitliche Raumbezugsbasis für Kommunale Informationssysteme" MERKIS (base uniforme de référence spatiale, en fonction des échelles pour les systèmes d'informations communaux). Pendant les dernières années, le besoin en informations à référence spatiale pour les planifications, les équipements et l'administration de la commune, mais en particulier aussi pour la protection des bases naturelles de vie en ce qui concerne, l'air, l'eau, le sol, le paysage et la nature, s'est accru rapidement dans les villes. Grâce aux techniques modernes du traitement des données, des procédures de travaux à orientation technique peuvent se dérouler et être représentées de façon complète et uniforme. Les cartes de bases existantes au plan municipal servent de nos

jours de base non seulement pour la planification municipale, mais aussi pour la construction de bâtiments, des travaux publics et pour les espaces verts, pour les conduites d'approvisionnement et d'écoulement au-dessus du sol et souterraines, pour la protection de l'environnement et pour beaucoup d'autres choses. Cependant, la demande se fait pressante d'avoir une planification de l'organisation en forme numérique. Des logiciels ont déjà été mis au point et éprouvés en pratique. La production de cartes thématiques, en tant qu'aide pour le travail et les décisions pour la planification municipale et l'administration sur la base de systèmes d'informations à référence spatiale, est prévue pour l'avenir. Tout cela sera fait sur un poste de travail interactif et graphique, en dialogue avec l'expert et l'ordinateur :

- en connectant les données géométriques avec les données techniques ou les attributs,
- en sélectionnant ces données d'après des critères qualitatifs, quantitatifs et structurels,
- en superposant et en intersectant des objets quelconques du type graphique ou alphanumérique et
- en les représentant de manière correspondante dans les plans et registres.

Durant les dernières années un certain parallélisme de systèmes assistés par ordinateur pour l'acquisition, le transfert, le traitement et la mémorisation de fichiers de référence spatiale s'est établi parce qu'une base uniforme de référence spatiale et des interconnexions standardisées n'existaient pas ou n'avaient pas été utilisées. Tout cela empêchait l'utilisation optimale, entraînait des parallèles et, par conséquent, un besoin en temps et moyens financiers considérablement augmenté. On peut dire d'une façon générale que les renseignements graphiques contenues dans les cartes de base remplissent une fonction fondamentale pour la structure organisationnelle d'une administration municipale. Maintenant, pour remé-



Légende :

DLM = Digitales Landschaftsmodell = Modèle numérique du terrain

DKM = Digitales Kartenmodell = Modèle numérique cartographique

EDBS = Einheitliches Datenbanksystem (système de banque de données uniforme = Standard)

Fig 3. Saisie - traitement - édition des données

dier à la situation actuelle, un référentiel spatial de base doit remplir cette fonction fondamentale, c'est-à-dire des attributs graphiques et descriptifs doivent être connectés, traités et représentés avec ces moyens. Il doit être possible d'attribuer des données particulières et des objets à des adresses et vice versa. A cette fin, un modèle de mémorisation indépendant est indispensable, garantissant une mémorisation des structures des données spatiales avec un minimum de redondances pour les objets en points, en lignes et en surfaces.

4.3.1. La conception pour les systèmes municipaux d'informations du territoire

Selon les idées du "Deutscher Städtetag", MERKIS doit représenter une base de données géographiques et géométriques pour des systèmes communaux d'informations techniques, à référence spatiale qui :

1. se base sur le système de coordonnées Gauss-Krüger ;
2. utilise un modèle de mémorisation uniforme et indépendant de l'application, destiné aux données numériques de la géométrie des domaines topographiques et techniques ;
3. sert de fondation intégrante pour les systèmes de référence spatiale déjà existants et
4. utilise une intersection uniforme de banques de données.

En se basant sur les cartes de bases municipales, respectivement les cartes parcellaires du cadastre foncier, on a prévu d'abord trois niveaux de référentiels spatiaux indépendants et orientés selon les échelles au :

- 1 : 500/1 000 en tant que première étape,
- 1 : 2 500/5 000 en tant que deuxième étape et
- 1 : 10 000/50 000 en tant que troisième étape.

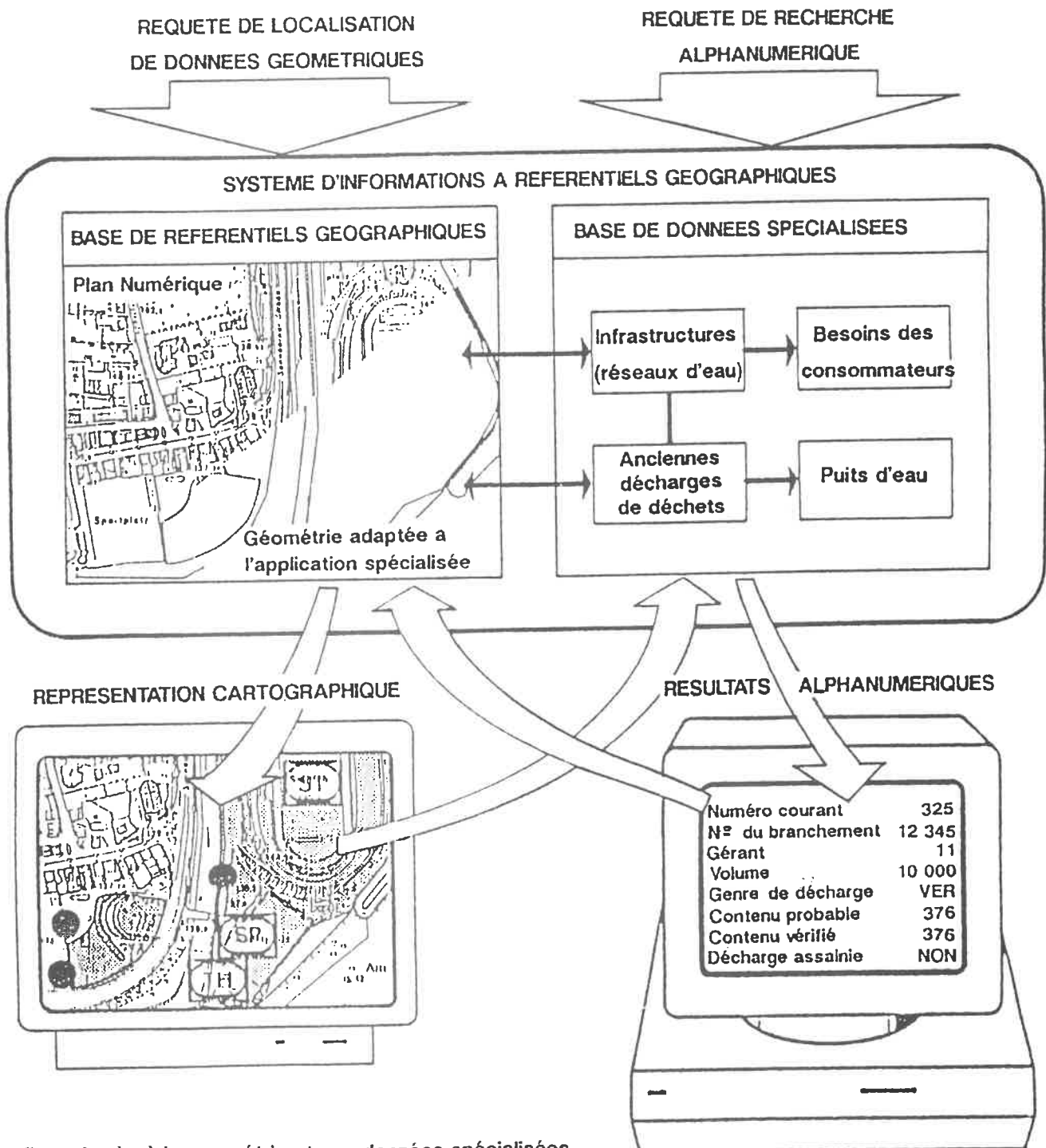


fig 4. Accès à la géométrie et aux données spécialisées

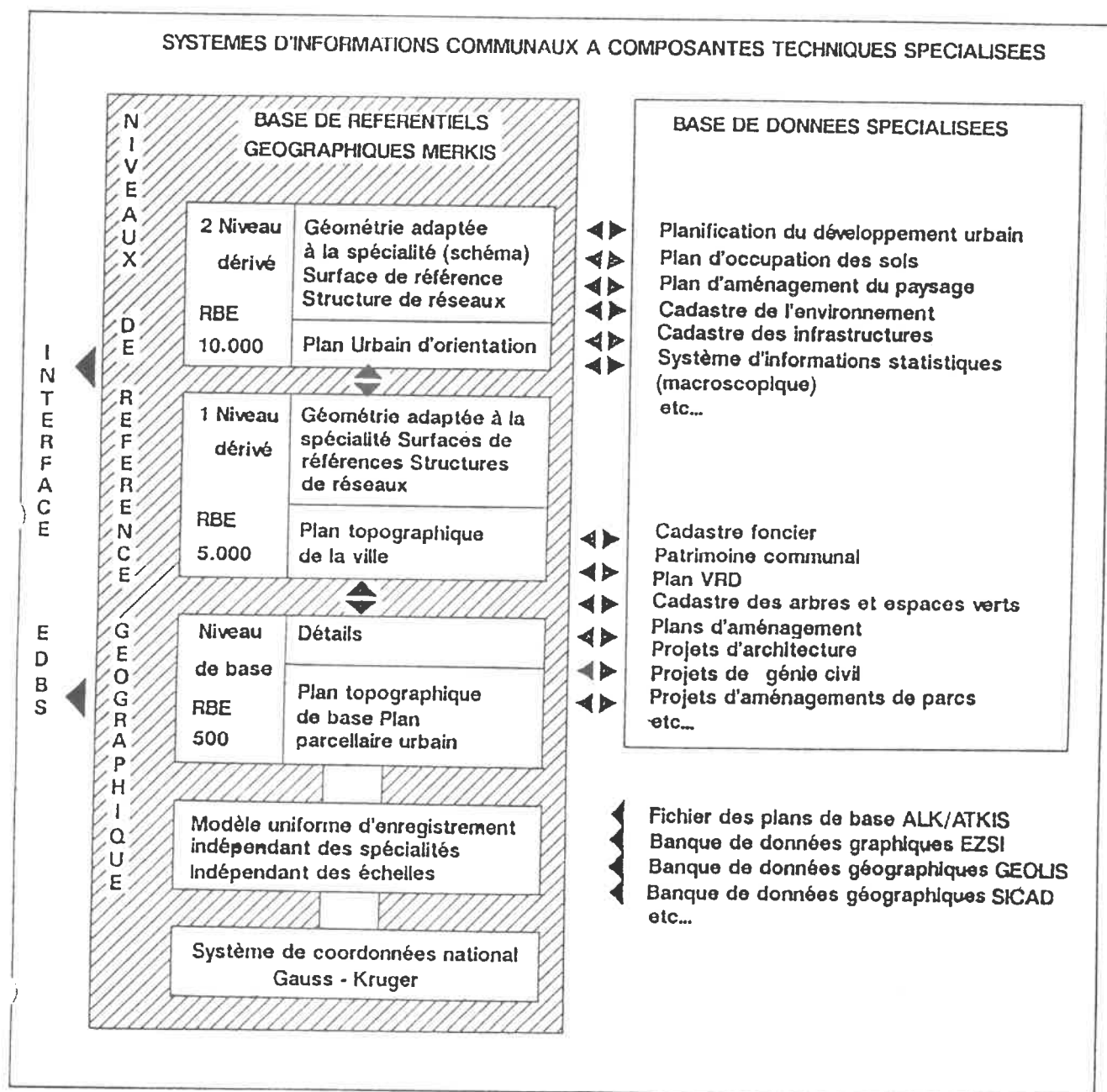


Fig 5. Structure de MERKIS

Légende :

ALK = Automatisierte Liegenschaftskarte

ATKIS = Amtliches Topographisch kartographisches Informationssystem

EZSI = Einheitliche Zeichenschnittstelle interaktiv

GEOLIS = Geographisches Landinformationssystem (IBM)

RBE = Raumbezugsebene

SICAD = SIEMENS Computer Aided Designe

Plan foncier informatisé

Système d'information officiel de topographie et de cartographie

Interface graphique uniforme

Système d'information Territorial (IBM)

Niveau de référence géographique

Système SIEMENS de dessin assisté par ordinateur

Après sa réalisation, MERKIS servira d'une part à la banque de données des fonciers à l'échelon communal, à la banque de données des rues et des conduites, à la banque de données des arbres et des espaces verts, à la banque de données de la planification. Il servira en tant que système statistique communal, et surtout en tant que système d'informations sur l'environnement. D'autre part, il servira d'aide à la conception et à la décision dans la planification et dans les actions de l'administration. Ainsi, on pourra créer de nouveaux moyens pour l'analyse et la synthèse de fichiers de types très différents. En plus, le système permettra aussi de superposer et d'intersecter les différentes surfaces de référence cartographique de nature géographique, administrative et géométrique.

4.3.2 La réalisation de systèmes municipaux d'informations du territoire en République Fédérale d'Allemagne

L'établissement d'un tel système extensif ne peut naturellement être exécuté que pas à pas. Et ce n'est que pas à pas que l'on a prévu de l'améliorer plus tard. Le temps total prévu pour la réalisation dans les villes s'élève, d'après les premières estimations, de 5 à 10 ans, en supposant que l'on commence immédiatement. On distingue le besoin à court terme lié aux projets et un standard ultérieur couvrant tout le territoire. Il existe déjà un certain nombre de plans d'organisation pour installer et maintenir le logiciel, pour acquérir les données de géométrie, pour interconnecter les différents fichiers techniques fonciers, pour actualiser et mettre à jour les fichiers, pour exercer les droits d'utilisation et pour coopérer avec d'autres organismes. Dans tous les cas, la condition préalable était et demeure toujours la collaboration étroite entre les services de mensuration, du traitement des données, de la statistique et de tous les services spécifiques concernés des municipalités. De plus, la coopération avec les entreprises de l'approvisionnement en énergie doit avoir une priorité particulière.

Les offices municipaux de mensuration assument l'organisation et la responsabilité des services centraux indispensables. Ces tâches additionnelles demandent d'abord la spécialisation de leur personnel en ce qui concerne les nouvelles techniques numériques lors de la structuration et de l'utilisation de systèmes d'informations. Mais cela ne touche pas la responsabilité des services techniques spéciaux pour leurs données propres. On demande cependant d'eux que les données à introduire dans MERKIS soient d'un contenu suffisant, correspondent aux exigences de précision des utilisateurs, soient d'une certaine actualité et soient saisies le plus complètement possible. Pour pouvoir les utiliser vite et avec un maximum d'universalité, il sera d'abord nécessaire de renvoyer, pour un temps intermédiaire les exigences en précision au second plan. L'installation de MERKIS terminée, on a projeté les domaines d'applications typiques comme suit :

1. Production et mise à jour de cartes de base.
2. Production et mise à jour des plans directeurs d'urbanisme et des plans du paysage.
3. Production et mise à jour de cartes thématiques, en particulier pour les mesures de protection de l'environnement.
4. Etablissement de documents de planification pour la construction de bâtiments, les travaux publics et les espaces verts urbains.
5. Organisation de systèmes d'informations des canevas.
6. Confection de plans d'occupation des sols.
7. Tenue de cadastres parcellaires.

Selon chaque cas particulier, il est possible qu'il soit nécessaire d'introduire, pour l'utilisation des données techniques correspondantes, certaines restrictions dans

le cadre de la protection des données. Un rôle décisif pour l'organisation de MERKIS jouent les expertises qui prouvent que la tenue numérique de cartes géographiques est plus favorable du point de vue économique que le procédé analogique traditionnel.

4.3.3 Graphique hybride

Bien que MERKIS soit basé, dans un premier temps, essentiellement sur des données vectorielles, il y a la possibilité d'incorporer aussi des données de télédétection à partir de photographies aériennes, par exemple saisir les anciens sites pollués, ou incorporer les évolutions des dommages aux arbres et aux forêts, ainsi que l'acquisition à court terme de données relatives à l'environnement, pour exécuter l'étude d'impact par exemple. Cette étude sert à tenir compte des préoccupations écologiques lors des projets concernant le sol. Ces données acquises au raster à partir de photographies aériennes pour des activités municipales peuvent être combinées aux données vectorielles à l'aide du graphique hybride, pour lequel l'entreprise Siemens est en train de mettre au point un système. Quelques problèmes existent encore en ce qui concerne l'échange de données vectorielles et raster, par exemple entre les éléments linéaires purs et la reconnaissance de formes et la modélisation ou bien pour l'intégration de données vectorielles dans une image tramée existante.

4.4 Systèmes communaux d'informations numériques du territoire

Indépendamment de ces tentatives et intentions des services officiels des administrations de la mesure et des administrations des grandes villes, nous avons considéré, à l'Institut géodésique de l'Université technique de Darmstadt, depuis plus de dix ans que la mise au point et la tenue à jour de systèmes d'informations numériques du territoire était une tâche substantielle d'avenir pour les ingénieurs de la mesure. En tenant compte de nos possibilités, les études pour établir de tels systèmes s'étendaient seulement au niveau communal. Un tel système d'informations du territoire au niveau communal ("Kommunales Landinformationssystem — KLIS") est un système automatisé et horizontalement intégré de divers services communaux donnant des informations concernant des données foncières et sur le sol. De plus, ce système assume le traitement de purs procédés d'automatisation de l'administration et met également des bases de planification et de décision à la disposition de la politique communale et de l'administration.

4.4.1 Préparation d'un projet pilote

En préparant le projet, nous avons d'abord distribué des questionnaires, suivies par des interviews, auprès des offices communaux, des entreprises des câbles et conduites ainsi que des architectes et offices de planification. Par cette enquête, on a espéré obtenir une vue d'ensemble des données foncières existantes, leur utilisation actuelle et leur possibilité d'intégration dans un KLIS. Le questionnaire était divisé en trois parties :

1. Questions générales concernant un système d'informations numériques du territoire.
2. Questions aux fournisseurs de données et
3. Questions aux utilisateurs potentiels.

Après avoir évalué les réponses à nos questions, nous avons conçu et réalisé, avec le support de la Deutsche Forschungsgemeinschaft ("Communauté Allemande de Recherches"), un projet pilote en utilisant les données de la commune de Büttelborn près de Darmstadt. Cette commune d'une surface d'environ 14 km² contient 2 700 parcelles. La commune englobe environ 11 000 habitants. Pour l'organisation d'un système de référence territorial au plan communal, le cadastre parcellaire dispose

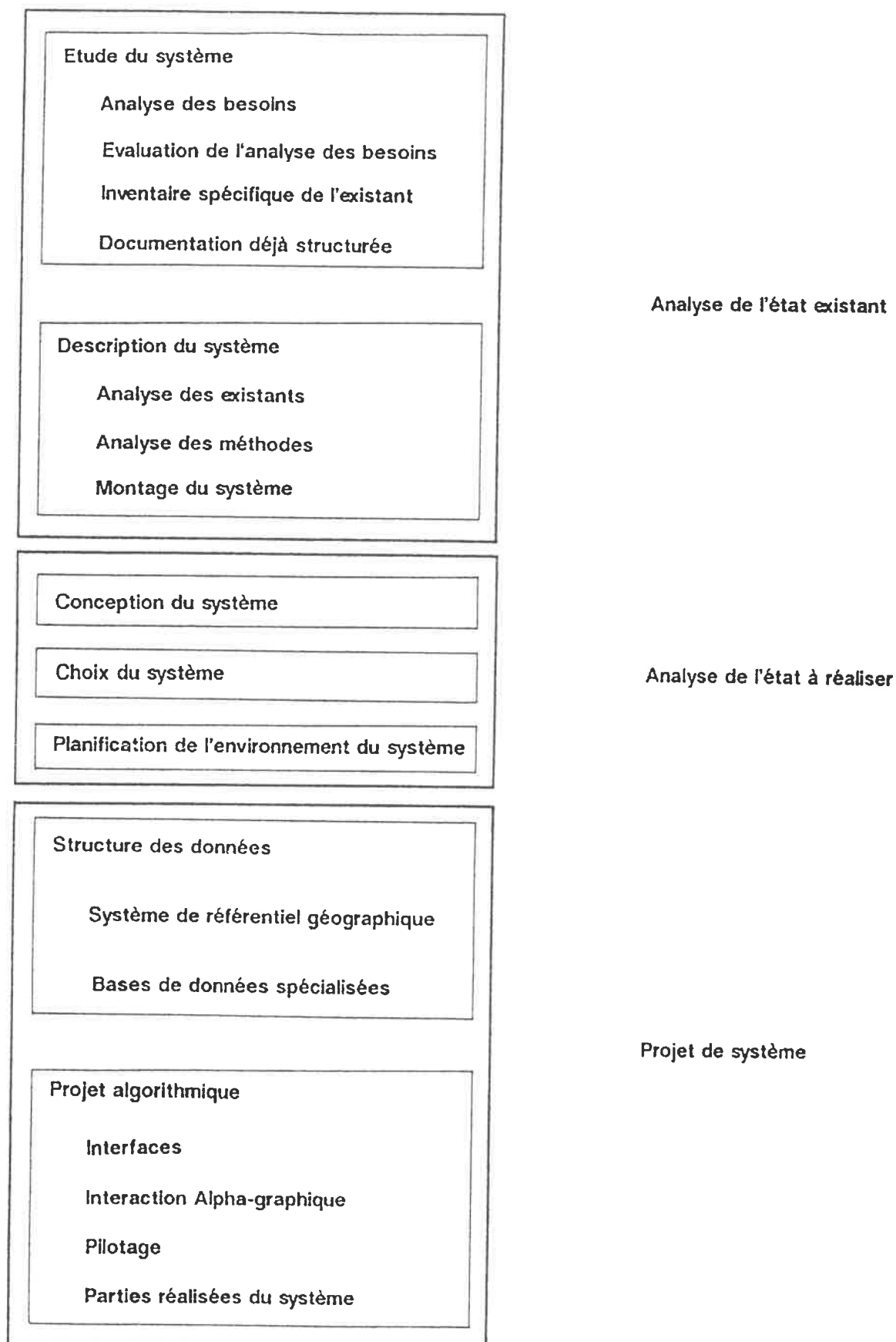


Fig 6. Phase de la conception d'un modèle de système d'informations Territorial

de données concernant la commune pilote qui sont enregistrées sur disques magnétiques. On pouvait ainsi incorporer quelques données réelles de la commune directement à partir de banques de données techniques. Pour les autres informations, on a numérisé les registres, listes et plans du domaine de l'administration municipale et il était parfois nécessaire d'exécuter des levés directs sur le terrain. Pour obtenir un flux de données entièrement automatique, ces travaux de mesure locale ont été exécutés à l'aide de tachéomètres électroniques ainsi que par les calculateurs électroniques à piles.

4.4.2 Réalisation du projet

Le projet de recherche était conçu pour être réalisé sur la base du traitement automatique et décentralisé des données en utilisant les postes de travail multifonctionnels dans un réseau puissant d'ordinateurs personnels et en connexion avec un ordinateur de l'université du type VAX 11/780. Toutes les données géométriques et spécifiques nécessaires pour la planification, les bâtiments, les canaux, les rues, les espaces verts, les arbres publics, les eaux usées, les fonciers communaux et les estimations de la valeur du sol sont mémorisés dans un *système relationnel de banques de données*, la combinaison des fichiers étant à construire sur la base d'un système de référence spatial commun à tous les participants. Pour incorporer les enregistrements sur bande magnétique au système de bases de données on a mis au point des interfaces externes. De même pour la transmission des données géométriques au logiciel CAD, ainsi que pour réaliser l'intégration de données graphiques et descriptives on a prévu des interfaces internes au réseau des ordinateurs personnels.

Le réseau se compose d'un File-Server et de trois stations de travail munies d'un moniteur alphanumérique monochrome ainsi que d'un moniteur graphique à couleurs. En outre sont mis en connexion trois tables de digitalisation, une station de bande Streamer (40 MByte), un plotter DIN A 1 et une imprimante graphique IBM. On se sert du logiciel de la base de données dBase III PLUS de l'entreprise Ashton Tate Inc., compatible à MS-DOS (Micro-soft-Disc-Operating-System) comme logiciel pour les données descriptives, et pour les représentations graphiques le logiciel graphique AutoCad 2.5 de l'entreprise Autodesk AG. Tout ce matériel a permis de réaliser dans le projet pilote :

1. L'organisation du système de référence spatial en incorporant le cadastre simplifié et le fichier des coordonnées.
2. L'organisation de diverses bases de données techniques communales.

3. L'intégration horizontale de ces banques de données en un "PC-Local Area Network PC-LAN".

4. La réunion des données descriptives avec le graphique.

5. La réalisation de sous-systèmes des niveaux opérateurs et applications spécifiques et leur présentation graphique.

En tant que bases de données techniques nous avons pu intégrer : les données de la banque de données des voies, de la banque de données des canaux, la banque de données de la planification, la banque de données des espaces verts, la banque de données des fonciers communaux, la banque de données des arbres et la banque de données des estimations des valeurs du sol. Des opérateurs de connexion garantissent la liaison entre la banque de données techniques et le graphique. Ils dépendent de la forme de l'objet en question. Ce sont les coordonnées de l'objet pour les objets ponctuels, ce sont les coordonnées du point de début et du point d'arrêt pour les objets linéaires, et c'est la coordonnée du point central (centroïde) pour les objets à surface.

Pour la liaison du graphique aux attributs alphanumériques des données spécifiques on dispose de fonctions cibles de AutoCad. Elles donnent l'accès désiré par l'intermédiaire des opérateurs de liaison géométrique. Les intersections nécessaires pour incorporer les diverses bases de données en dBASE III PLUS, respectivement en AutoCad sont programmées en Fortran 77. Pour représenter la situation des localités du projet pilote, — principalement une région de nouvelles constructions avec des maisons particulières —, nous avons besoin, d'environ 3,3 MByte par km² de mémoire pour les données du cadastre simplifié et de toutes les diverses données techniques intégrées.

Les buts de notre projet étaient :

1. La mise en opérationnel d'un système d'informations foncières (parcellaires).
2. Un système d'informations pour les diverses offices techniques de la commune.
3. Un système pour les applications complexes et interdisciplinaires lors de requêtes ad hoc.

4.4.3 Un système d'informations numériques du territoire à l'échelon communal

Le premier exemple d'application est la possibilité d'établir un système d'informations foncières. Les paramètres de début en sont : la coordonnée de la parcelle, l'adresse ou la dénomination de la parcelle. Dans le projet pilote on a la possibilité d'accès aux informations du cadastre simplifié, de la banque de données routières communale, de la banque de données de la canalisation, des données des documents d'urbanisme et de la banque de données des bâtiments. Cet accès s'étend non seulement aux signes alphanumériques, mais aussi au graphique.

1. Banque communale de données routières

La banque communale de données routières est construite comme réseau à lignes, divisé en nœuds et sections routières. Sont attribuées à chaque section routière les données descriptives qui sont : données directrices, géométrie, planification, coupe transversale, coupe longitudinale, état.

2. Banque de données de la canalisation

La structure de la banque de données de la canalisation représente un réseau géométrique et tient compte des unités suivantes : chambre, bief, branchement domestique. Le critère d'identification s'oriente au numéro de parcelle et non à l'adresse (rue et numéro de la maison), car les branchements domestiques peuvent

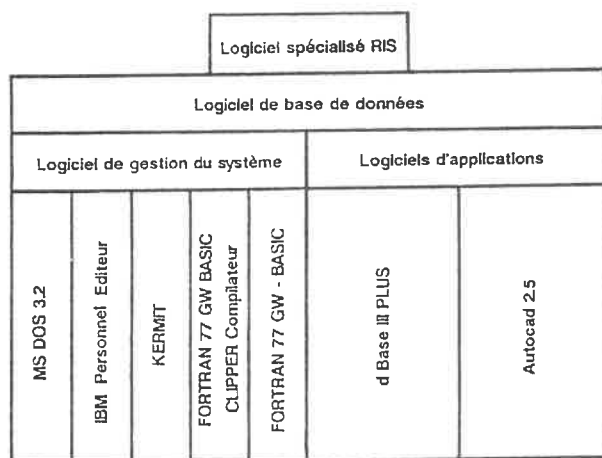


Fig. 7 : Configuration des logiciels du réseau informatique.

être installés sur des parcelles non encore bâties, pour lesquelles, il n'existe pas encore de numéros des maisons au cadastre parcellaire.

3. Banque de données de la planification

Le contenu de la banque de données de la planification se concentre sur l'utilisation de la parcelle au point de vue de la construction ou autre. Elle respecte l'élaboration graphique des documents d'urbanisme et la représentation du contenu du plan en suivant les prescriptions réglementaires des signes conventionnels.

4. Banque de données des bâtiments

Pour la banque de données des bâtiments l'acquisition des données s'exécute par la numérisation et la reprise de données techniques à partir des états de l'autorité chargée des autorisations et du contrat en matière de construction.

Les données de ce système d'informations à référence parcellaire démontrent les possibilités de l'intégration horizontale. Aux postes de travail de notre ordinateur elles sont à la disposition de tous les participants autorisés.

4.4.4 Un système d'informations numériques du territoire en tant que système d'informations techniques à usage interne de l'administration

Une deuxième possibilité d'application pour les KLIS est de les utiliser comme systèmes d'informations techniques, accessibles d'abord seulement pour les offices techniques autorisés, c'est-à-dire qu'ils sont chaque fois strictement limités aux compétences techniques spécifiques.

1. Fonciers communaux

Pour le domaine "Fonciers municipaux" il y a par exemple la banque de données "Fonciers communaux" qui englobe aussi des informations concernant la description des bâtiments, les informations de planification ainsi que les descriptions du lieu et de l'utilisation. Les données sont divisées en trois groupes décrivant la parcelle, le bâtiment et les unités de l'utilisation. Les données référencées au parcellaire regroupent des informations relatives aux inscriptions au livre foncier, à l'impôt foncier, aux cessions et aux acquisitions de propriété immobilière. Les données enregistrées sont relatives à l'unité élémentaire d'utilisation. Elles décrivent les unités (pièces et surfaces respectives) et enregistrent les arrangements pris au contrat de location.

L'accès aux données des fonciers communaux est possible par l'intermédiaire soit des paramètres alphanumériques d'accès, soit par la représentation graphique à l'aide de la coordonnée de la parcelle, la coordonnée de la subdivision d'utilisation de la parcelle.

2. Evaluation des prix d'achat

Les banques de données techniques existantes ont été complétées, dans le cadre d'une thèse de diplôme, en vue de la délivrance d'avis concernant la valeur courante, par un système de programmes pour les évaluations des prix d'achat. Il englobe des données notariées, référencées par rapport au foncier et descriptif des droits d'habitation, des usufruits, du droit de superficie, etc... Il est ainsi possible de combiner les données foncières du système de référence du territoire, et celle des banques de données de la planification, des rues et de la canalisation avec les valeurs indicatives du sol pour établir un avis sur la valeur courante.

3. Banque de données des espaces verts

Le service des jardins publics a reçu une banque de données des espaces verts et un cadastre des arbres, deux autres systèmes d'informations techniques. La ban-

que de données des espaces verts documente sur les espaces communaux situés dans le domaine du service des jardins publics. Ces espaces s'étendent aux parcs et gazons publics, mais également à l'ensemble des jardins familiaux, aux terrains de camping ainsi qu'aux terrains de sport et de loisir. La documentation s'étend au nom du terrain, à la description de ses parties, articulées selon l'utilisation et aux indications concernant la maintenance.

4. Cadastre des arbres

Le projet pilote couvre également un cadastre des arbres. Chaque arbre saisi est identifié par son numéro propre et, de manière géométrique, par sa coordonnée d'objet. Les données mémorisées classifient et décrivent l'arbre d'après son genre, son site et sa grandeur, état de vitalité, etc. L'accès à un arbre choisi est possible par l'intermédiaire de la représentation graphique à l'aide de la coordonnée de l'objet.

5. Banque de données de la canalisation

Enfin, le service de la voirie a reçu une banque de données des eaux usées en liaison avec la banque de données de la canalisation. Par le cadastre des eaux usées, l'administration communale peut recenser toutes les exploitations industrielles produisant des eaux usées et peut se documenter sur leur structure industrielle, leurs processus de production, leur alimentation en eaux et leur épuration des eaux usées. Les exploitations industrielles intégrées à la banque de données des eaux usées sont regroupées par branches économiques, chaque branche ayant ses propres numéros. De ces domaines naissent les codes des entreprises qui sont attribués aux entreprises produisant des eaux usées. Le code de l'entreprise est la notion de classification dans le cadastre des eaux usées, par laquelle toutes les données techniques concernant une entreprise industrielle sont gérées. L'intégration du système partiel "Banque de données des eaux usées" dans le système de référence de l'espace est donnée par l'intermédiaire de l'opérateur de liaison "adresse" qui est établi pour chaque entreprise industrielle. En outre, il y a possibilité de consultation en utilisant le code de l'entreprise ou celui des produits chimiques (toxiques).

4.4.5 Un système d'informations numériques du territoire à l'échelon communal pour les élus et les décideurs

Les bases de données d'un système d'informations numériques du territoire à l'échelon communal garantissent la collecte, la révision et la sortie des données techniques particulières et permettent l'interprétation rapide et la combinaison du capital des données sous divers aspects souhaités. Le résultat ne s'oriente pas vers la reproduction de données accumulées, il représente plutôt un contenu en informations dérivé de la totalité des données de base. Tout cela s'applique à toutes les combinaisons possibles entre les systèmes partiels. De cette façon, pour les gérants du management supérieur, un KLIS représente un instrument qui, sur la base du pool des données de base offre des moyens techniquement adaptés pour reconnaître et interpréter l'état actuel ainsi que pour amorcer des mesures appropriées de planification et de décision.

Voici également quelques exemples :

Les systèmes d'informations du territoire à l'échelon communal ont à notre époque une importance extraordinaire pour la protection de l'environnement. C'est pourquoi on démontrera à l'aide de quelques possibilités d'applications réalisées, comment diverses bases de données peuvent servir à la protection de l'environnement.

1. Emissions de substances nocives

Le cas-modèle des émissions de substances nocives présuppose une source locale émettant des substances nocives dans l'environnement. On admet qu'il y a une

distribution concentrique dans le voisinage direct de la source perturbatrice qui formera ensuite un nuage toxique qui s'élargira d'après la direction du vent. Les données à entrer sont outre la position de la source perturbatrice dans le système des coordonnées, la direction du vent et les étendues spatiales des deux domaines.

Ces paramètres d'entrée sélectionnables par l'utilisateur, sont pris en compte par un paquet de programmes qui représente le nuage émis sur l'écran graphique et qui indique les objets ou parcelles contaminés et atteints par l'émission.

2. Bruits de la circulation

Cette application est orientée vers l'étude de l'influence que les bruits des axes de la circulation exercent sur leur environnement direct. Les zones d'émissions et leurs subdivisions en bandes parallèles aux axes des voies constituent les niveaux supérieurs des structures de surface auxquelles sont rattachés les objets à étudier. La définition de l'axe de la circulation est possible non seulement par voie interactive en choisissant les points nœuds à l'écran graphique, mais aussi en accédant au stock des données décrivant cette voie de circulation.

Les zones des bandes parallèles peuvent être définies comme fonction des paramètres existants sélectionna-

bles, c'est-à-dire de l'étendue maximale et du nombre des intervalles.

3. Canaux des eaux usées chargées de substances nocives

L'étude de ce problème requiert les données de la banque de données des canaux et celles de la banque de données des eaux usées. La situation géométrique des biefs, leur direction du courant ainsi que la documentation de tous les branchements des déverseurs sont stockés dans la banque de données des canaux, tandis que les données de la banque de données des eaux usées documentent tous les déverseurs d'eaux usées et les produits chimiques déversés par eux. Dans la banque de données des canaux le raccordement des conduites est attribué à la parcelle, tandis que dans la banque de données des eaux usées l'adresse de l'entreprise commerciale donne la liaison au système de référence spatial. La connexion de la banque de données des eaux usées et celle des canaux est ainsi possible par l'intermédiaire de la relation entre adresse et parcelle documentés dans le système de référence spatial.

Lorsque, par exemple, on détecte certains produits chimiques dans le réseau des canaux, l'intérêt se concentre à identifier les déverseurs possibles mais surtout à marquer précisément dans le graphique tous les biefs

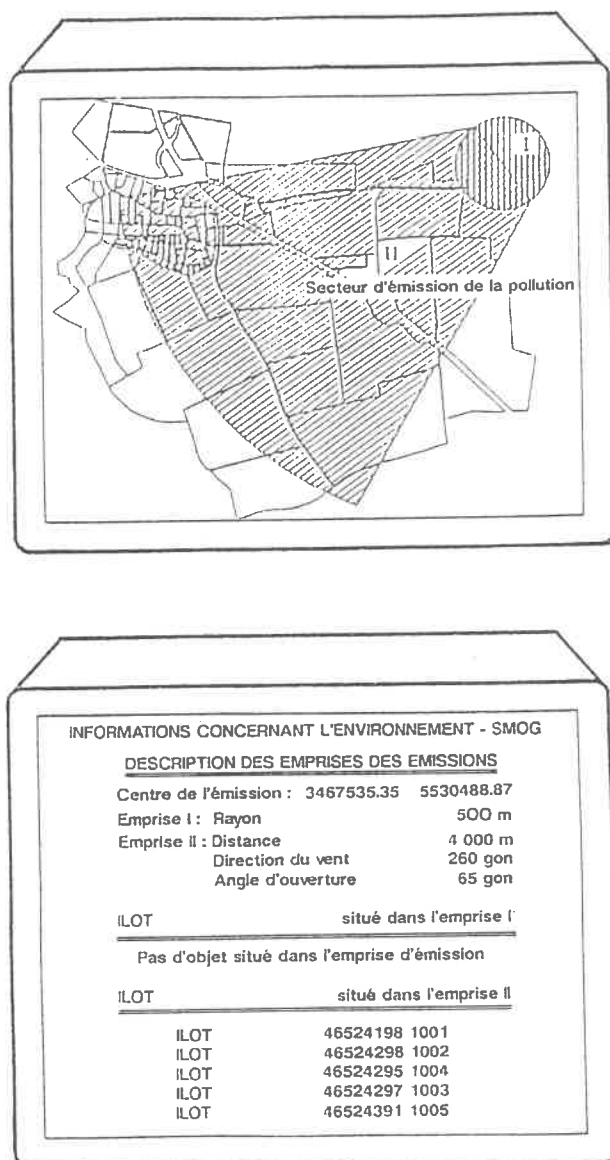


Fig. 8 : Pollution de l'air par des produits nocifs.

COVADIS...

Un système cartographique puissant :

Le sous-ensemble COVADIS TOPO permet de traiter complètement le montage d'un plan à partir d'un levé sur le terrain ou d'une digitalisation : AutoCAD est largement enrichi de fonctions topographiques élaborées.

Une Base de Données Géographiques performante :

COVADIS BDG offre l'accès direct à des données liées au plan : par exemple visualiser l'ensemble des parcelles dont la surface constructible est supérieure à 150 m² ou les canalisations installées en 1979 devient immédiat.

Un logiciel ouvert et évolutif :

COVADIS vous offre un ensemble cohérent de modules : COVADISBDG complète naturellement COVADIS TOPO. SEDASIS met à votre disposition son assistance technique (formation et démarrage sur site, développement d'extensions) vous permettant d'adapter votre système à vos applications.



SEDASIS
INFORMATIQUE

Progressions ensemble

SEDASIS BREST

14 Rue de Maupertuis
29601 BREST CEDEX
Tél : 98 41 70 90

SEDASIS PARIS

CENTRALE PARC Bt N° 7
Avenue Sully Prudhomme
92298 CHATENAY-MALABRY CEDEX
Tél : (1) 46.60.03.75

SEDASIS RENNES

80 Av. des B. de Coësmes
35700 RENNES ATALANTE
Tél : 99 84 13 30

atteints par les pollutions. La séquence de la routine du programme mène l'utilisateur dans un premier pas vers la banque de données des eaux usées. Après avoir indiqué les produits chimiques détectés, il s'ensuit la recherche et l'indication des déverseurs potentiels. Il est ensuite possible d'appeler des informations complémentaires concernant les entreprises sélectionnées. Il est aussi possible de montrer le cours précis des produits chimiques du producteur jusqu'au dernier émissaire.

4. Evaluation statistiques

Pour finir, il faut jeter un coup d'œil aux exploitations statistiques. Les procédures d'exploitation statistique ne sont normalement pas liées à des structures fermes de programmes à cause de la diversité des questions posées par les utilisateurs. L'utilisateur, par contre, doit avoir la possibilité, dans une procédure de communication interactive avec le système des banques de données, d'articuler le choix des informations d'après ses souhaits et d'introduire le traitement des données. C'est seulement ainsi qu'il est permis de combiner d'une manière multiple les données mémorisées et de les analyser. Les informations représentées peuvent être insérées ensuite dans la représentation graphique de la planimétrie de la commune pilote, par exemple sous la forme d'un diagramme circulaire ou bien d'un diagramme en barres et avec l'indication de leur distribution absolue et en pourcentage.

5. Perspectives

Les travaux de recherche de l'Institut Géodésique étaient destinés à démontrer qu'il était possible d'organiser avec relativement peu de coûts et à l'aide d'ordinateurs personnels et d'un logiciel disponible librement sur le marché des systèmes d'informations du territoire à l'échelon communal fonctionnant bien. Bien sûr, les études théoriques peuvent aussi être transposées sur les installations VAX ou sur d'autres grandes installations similaires et également sur d'autres systèmes d'exploitation comme par exemple VMS ou UNIX.

Les exemples pratiques étaient destinés à démontrer la multiplicité des applications possibles des systèmes d'informations du territoire à l'échelon communal. L'état de développement actuel concernant l'acquisition, le traitement et l'utilisation des données à l'aide de systèmes modernes d'ordinateurs permet de diminuer les redondances, d'utiliser mieux les données connues référencées au foncier, de restituer d'une manière plus efficace et de gagner des connaissances précises sur des interactions compliquées.

Ces problèmes sont actuellement un des centres particuliers de la formation des ingénieurs-géomètres à notre université de Darmstadt.

BIBLIOGRAPHIE

- Bastian, U., Wieser, E** — Das Liegenschaftskataster als Raumbezugssystem kommunaler und regionaler Landinformationssysteme. Arbeiten des Geodätischen Institutes der TH Darmstadt, Heft 5 1987.
- Cummerwie, H.G., Lucht, H** — Kommunale Informationssysteme brauchen einheitlichen Raumbezug. Der Städtetag, 8/1988.
- Deutscher Städtetag** — Maßstabsorientierte Einheitliche Raumbezugsbasis für Kommunale Informationssysteme (MERKIS). Reihe E, Heft 15, Köln 1988.
- Eichhorn, G.** — Landinformationssysteme — Symposium der FIG. THD Schriftenreihe Wissenschaft und Technik, Heft 11, Darmstadt 1979.
- Eichhorn, G.** — Zielsetzung und Organisation von Landinformationssystemen, Schweizer Zsf. Verm, Phot. Kulturtechnik 1980.
- Eichhorn, G.** — Interaction of different Land Information Systems FIG Symposium Edmonton 1984.
- Eichhorn, G.** — From Land Registry to Land Information System Kawasaki Int. Seminar on Inform. Syst. for Urban and Regional Planning 1986.
- Eichhorn, G.** — Landinformationssysteme für Kommunen, ZfV, z.Zt. im Druck.
- Eichhorn G., Wieser E.** — Die Bedeutung von Landinformationssystemen für Kommunal- und Landesverwaltungen und für die allgemeine Volkswirtschaft ZfV 1988.
- Eichhorn, G., Ruppert, T. Sobon, I., Wieser, E.** — Organisation, Aufbau und Nutzung eines Kommunalen Landinformationssystems KLIS. Arbeiten des Geodätischen Institutes der TH Darmstadt, Heft 8 1988.
- FIG** — Offizieller Kongreßbericht über den XVI FIG-Kongreß Band O und Band 3, Montreux 1981.
- Harbeck, R.** — Das Informationssystem ATKIS — Digitale Basisdaten über die Struktur der Erdoberfläche, ZfV 1988.
- Kammerer, J., Schilcher, M., Sonne, B., Theissing, U.** — Hybride Graphik in Geoinformationssystemen, Ingenieurvermessung 88, Band 1-B10, Dümmler Bonn.
- Krakiwsky, E.J.** — A Catalogue of Undergraduate Programmes in Surveying and Mapping. The University of Calgary, Department of Surveying, Engineering, 1987.
- Wieser, E.** — Aufbau eines Kommunalen Landinformationssystems, Arbeiten des Geodätischen Institutes der TH Darmstadt, Heft 4 1986.
- Wieser, E.** — Systemanalytische Aspekte Kommunalen Landinformationssysteme DGK-Reihe C.

HISTORIQUE DE LA TOPOGRAPHIE

L'ASSOCIATION FRANCAISE DE TOPOGRAPHIE envisage de recenser :

- d'une part les membres de l'Association s'intéressant à l'histoire de la Topographie
- d'autre part les personnes non membres de l'A.F.T. ayant déjà effectué des études et des recherches sur la Topographie antique, médiévale et celle avant la Renaissance jusqu'au 19^e siècle inclus.

Il y a beaucoup d'études sur l'histoire de la cartographie, moins sur l'histoire de la Géodésie, mais peu sur l'histoire de la Topographie, parfois annexée par les historiens de la Cartographie, mais traitée alors de façon très superficielle.

Si ce recensement révèle un nombre suffisant de personnes intéressées, il est envisagé d'organiser une réunion annuelle d'une demie-journée ou d'une journée, avec communications ou conférences sur l'historique de la Topographie (y compris l'Hydrographie) civile et militaire, procédés, méthodes, instruments, organisation des travaux depuis l'Antiquité jusqu'au 19^e siècle. Les textes rédigés de ces communications ou conférences pourraient paraître dans XYZ.

Les membres de l'A.F.T. qui seraient intéressés par la question sont priés de se faire connaître au Siège de l'A.F.T. avant le 1er Octobre 1990 en précisant :

- 1°) s'ils comptent assister en simples auditeurs à la réunion annuelle envisagée
- 2°) s'ils envisagent d'y présenter éventuellement : soit une communication (exposé d'un quart d'heure à vingt minutes), soit une conférence (une heure environ).

R. d'HOLLANDER

A.F.T. "2 EME CONGRES INTERNATIONAL DE TOPOGRAPHIE"

LISTE EXPOSANTS

AEROTOPO	MS 2 I MATRA
A.F.T	NIKON FRANCE SA
ASA METRIC	PENTAX
BLANCHET - LOCATOP	SAGEM
BORNES ET BALISES	SCHEU
CARL ZEISS	SERCEL
DIAL INFORMATIQUE	SETAM INFORMATIQUE
EQUIPEMENTS SCIENTIFIQUES	SIGEF
ESIC	SINTEGRA
EURECART	SIRAP
GEOMESURE	SYNDICAT DES CEMENTS
GEOTOP	ET CHAUX
GEOTRONICS	SLOM ESSILOR
GIMEOR	SO CO PE MIN
INNOVAL	SOFT CONSTRUCT. S.A
JS INFO	SOKKISHA FRANCE SA
L.M.P LE MATERIEL DE PRECISION	STAR INFORMATIC FRANCE
LE PONT EQUIPEMENT (STE)	TOPCOLOR
MESURES ET SYSTEMES SA	TOPO CENTER
MICROS G. DIFFUSION	WILD + LEITZ FRANCE

L'AFT remercie tous les exposants qui ont accepté de participer au 2^e CITOP.

AMFM

A.T.G.T.

L'ASTRONOMIE

C.N.I.G

CHAMBRE SYNDICALE NATIONALE DES GEOMETRES TOPOGRAPHES

COGERAT

COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG

CRM COMPAGNIE RADIO MARITIME

EDF REGION TOURS

ETS MICHEL BONVARLET

GERARD ALLAIRE

LART

MICHELIN

ORDRE DES GEOMETRES EXPERTS

SCP ALBENQUE REIGNER LEVEILLLE

SITES

SNBATI FORMATION

TECHNIP

Découvrez aujourd'hui les avantages du positionnement par satellites...



- Positionnement en moins d'1 heure avec une précision du millionième sur la distance mesurée (de 1 kilomètre à quelques centaines de kilomètres).
- Pas de vision directe requise entre les points de mesure (pas de cheminement nécessaire et donc absence d'erreurs cumulées).
- Système indépendant des conditions atmosphériques (récepteur étanche pouvant fonctionner entre -20° et $+50^{\circ}\text{C}$).
- Flexibilité d'utilisation : alimentation électrique 10 à 15 VDC (batterie véhicule par exemple).
- Faibles coûts d'exploitation : rapidité d'exécution et de dépouillement des données par logiciel "G.P.S. Mission".



SERCEL/FRANCE

R.P. 64. 44471 CARQUEFOU CEDEX ☎ (33) 40 30 11 81. Telex 710 695 F. Fax (33) 40 30 19 48
S.A. CAP. 69 984 000 F. R.C. 866 800 154 B NANTES

LE SYSTEME ECDIS DE VISUALISATION DE LA CARTE MARINE



Jean LAPORTE

*Patrick SOUQUIERE
Ingénieur à l'Etablissement Principal du Service Hydrographique
et Océanographique de la Marine*

*et Jean LAPORTE
Ingénieur à la direction du Service Hydrographique
et Océanographique de la Marine*

Résumé

On assiste depuis quelques années à l'éclosion de systèmes d'aide à la navigation indûment appelés "cartes électroniques". Il s'agit sans doute d'une évolution naturelle de la carte marine traditionnelle, dont la complexité thématique croissante ne permet plus toujours de transmettre au navigateur l'information synthétique dont il a besoin.

Comme le Cubisme pour la peinture classique, le système ECDIS de visualisation de la carte marine permet de choisir, parmi les multiples aspects d'une réalité géographique, celui qui correspond le mieux à la situation du moment.

Ce progrès serait cependant bien mince, si l'on n'envisageait pas d'ajouter à un tel système de visualisation d'autres fonctions essentielles aux yeux du navigateur, comme le report automatique de la position du navire et des mobiles environnants, de la route suivie, ou même le calcul de l'écart à la route prévue ou celui de l'heure d'arrivée à un endroit donné.

Qu'il le veuille ou non, le cartographe se trouve désormais associé au concepteur de systèmes s'il veut offrir au marin l'outil le mieux adapté à la résolution des difficultés de la navigation moderne.

Carte marine ou instrument de navigation ?

On recherche en vain l'inventeur du vocable : "carte électronique".

Il semblerait que les services hydrographiques officiels et les fabricants d'instruments de navigation se soient trouvés confrontés, voici quelques années, à la génération spontanée d'un astucieux gadget, fruit de la rencontre fortuite d'une nouvelle gamme d'ordinateurs portatifs, de l'imagination jamais prise au dépourvu d'informaticiens attirés par la mer, et sans doute d'un besoin nouveau des marins.

Quelle que soit son origine, le produit fut jugé suffisamment bon par les utilisateurs pour qu'il se répande rapidement, au point que ses adeptes se chiffrent aujourd'hui à plusieurs milliers.

Si les hydrographes commencèrent à s'intéresser à la carte électronique, ce n'est pas comme on le croit parce qu'ils craignaient la concurrence que cette dernière pouvait faire subir à la carte marine traditionnelle, mais parce qu'ils devaient faire face à une demande croissante de données numériques en provenance des fabricants, et surtout parce que la prolifération incontrôlée des nouveaux matériels représentait un danger potentiel pour la navigation. De fait, la première fortune de mer imputable à l'emploi imprudent d'une carte électronique était rapportée en 1988.

Le moment est venu de tenter de définir ce système, dont la vocation principale est d'alléger la navigation :

En premier examen, la carte électronique est un concept qui intègre à la carte marine la fonction de navigation.

Mais ce concept est flou dans la mesure où la frontière est mal définie entre les deux domaines, où aucune réglementation n'est encore venue normaliser la représentation d'informations géographiques numériques sur les écrans cathodiques et où il existe autant de conceptions de la navigation qu'il y a d'individus ou de fabricants.

C'est ainsi qu'on voit apparaître des cartes électroniques de plaisance, de pêche, de grande navigation, sans oublier les systèmes de commandement mis en œuvre par certains navires de guerre.

Pour que cette diversité ne devienne pas anarchie, il convient de la soumettre à une forte volonté normative. C'est ce que s'efforcent de faire l'Organisation Maritime Internationale (OMI) et l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI).

Il faut aussi développer un certain esprit de coopération entre les spécialistes appelés à concevoir le nouveau système : cartographes, fabricants d'équipement de navigation et usagers.

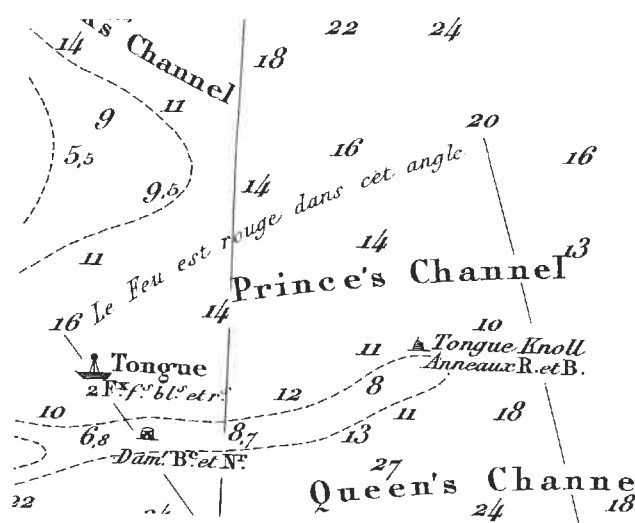


Fig. 1 : La carte ancienne

Bien plus qu'une carte, puisque l'utilisateur doit être en mesure de modifier, comme le ferait un cartographe, le contenu géographique de l'information qui lui est présentée, mais aussi bien plus qu'un simple instrument de passerelle puisqu'on envisage de lui confier des fonctions de localisation, d'anti-collision, de tenue du journal de bord ou autres, la carte électronique est un système de navigation intégral.

C'est pour cette raison qu'à partir de maintenant nous refuserons résolument de parler de carte électronique et que nous tenterons, par analogie avec le radar dont les navigateurs ont oublié depuis longtemps le sens premier, d'introduire dans la langue française l'acronyme anglais ECDIS (Electronic Chart Display and Information Systems), qui a le mérite, contrairement à son équivalent français SEVCM (Système Electronique de Visualisation de la Carte Marine) d'être prononçable.

Voici ce qu'en disent les organisations internationales, sans d'ailleurs nous éclairer vraiment :

Pour OMI,

L'ECDIS est en train de devenir un système de navigation entièrement nouveau et paraît être en mesure d'accroître la sécurité de la navigation."

"Il nécessite encore des développements dans de nombreux domaines."

Pour OHI,

"L'ECDIS est un système qui ... (peut) ... intégrer toutes les aides à la navigation en un seul système."

"... le système doit être considéré comme l'équivalent légal de la carte papier..."

"Un ECDIS et une carte papier ne doivent pas nécessairement être identiques en apparence."

Le système ECDIS, c'est d'abord une carte, nous commencerons donc par aborder cet aspect de la chose.

La carte

La carte est un moyen de communication, conçue pour transmettre un message de localisation et un message d'information sur l'environnement.

Au fil des ans, les progrès techniques aidant, le nombre et la diversité des informations disponibles ont augmenté considérablement. Pour que le message d'information demeure compréhensible, il a donc fallu choisir les objets qui devaient être représentés, en fonction de leur importance. La carte marine est ainsi devenue un

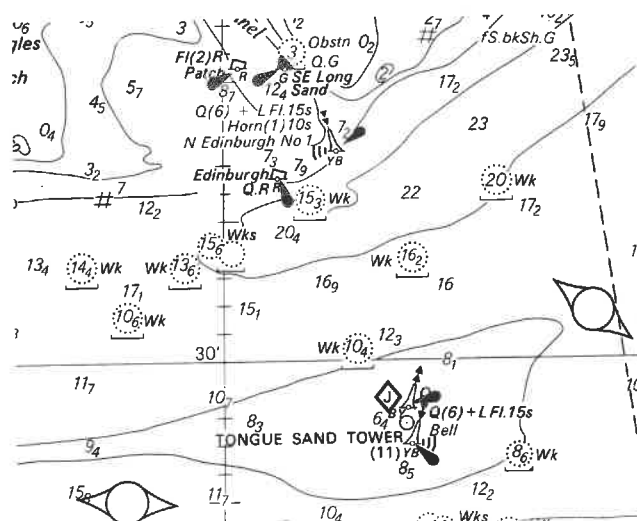


Fig. 2 : La carte au 1/100 000

document thématique, sur lequel ne sont plus figurés aujourd'hui que les objets susceptibles d'intéresser les marins.

Document de synthèse, destiné à toutes les catégories d'utilisateurs de la mer, la carte marine peut néanmoins, dans certains cas, porter une telle quantité d'informations que le message correspondant n'est plus perceptible. Or la clarté de ce message conditionne la sécurité.

Pour illustrer ce propos, il suffit de comparer une carte de l'entrée de la Tamise, publiée à la fin du siècle dernier (cf. fig. 1) avec une carte internationale récente (cf. fig. 2).

Le moins que l'on puisse dire est que le message transmis aujourd'hui est complexe. L'apport de la couleur facilite bien sûr la lecture, mais ce dernier document, s'il convient pour faire la préparation d'une traversée, est beaucoup trop chargé pour permettre le contrôle de la navigation en route dans des conditions satisfaisantes. Ce fait n'a pas échappé au service hydrographique britannique, responsable de l'élaboration de cette carte, puisqu'il publie aussi une autre carte à plus grande échelle pour couvrir cette même région (cf. fig. 3).

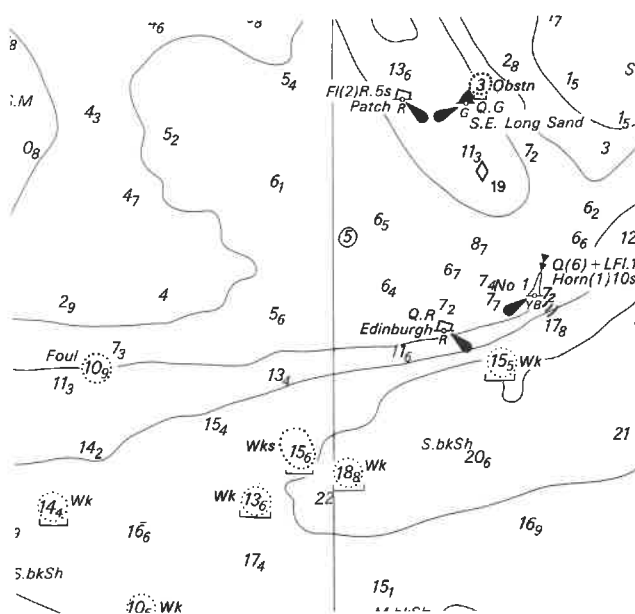


Fig. 3 : La carte au 1/50 000

On touche ici aux limites de la carte papier, qui comporte un volume d'informations directement conditionné par l'échelle. Or, si l'on y regarde de plus près, les informations qui figurent sur une carte marine ne sont pas utiles à tous et ne sont pas toutes utiles en même temps. On peut donc imaginer d'alléger le contenu de la carte papier traditionnelle, en cherchant à répondre aux besoins particuliers d'un navigateur dans une situation donnée.

Le changement d'échelle, la sélection des informations, voici déjà deux bonnes raisons pour faire intervenir l'électronique.

L'électronique

Examinons maintenant en détail les deux problèmes qui viennent d'être cités avant d'envisager d'autres applications de l'électronique.

Choix de l'échelle

Lorsqu'un navigateur change la carte qu'il utilise, pour une autre carte à plus grande échelle, il cherche à satisfaire deux besoins :

- obtenir un message de localisation plus précis, lui permettant par exemple, de reporter des positions plus nombreuses, ainsi que des informations localisées qui lui sont propres ;
- disposer d'un message d'information plus complet sur l'environnement, c'est-à-dire de plus d'objets et d'un plus grand nombre de détails sur chacun d'eux.

Une fonction du type "zoom" répond parfaitement au premier besoin, mais la satisfaction du second ne peut être aujourd'hui envisagée si l'on ne dispose pas du contenu d'une autre carte, déjà élaborée à plus grande échelle.

Sélection des informations

Le détail des caractéristiques d'un feu de navigation n'est en général pas utile de jour ; la connaissance détaillée des petits fonds bordant les côtes n'est normalement pas utile aux gros navires. On voit donc apparaître deux possibilités de sélection liées :

- aux circonstances ;
- à la catégorie de l'utilisateur.

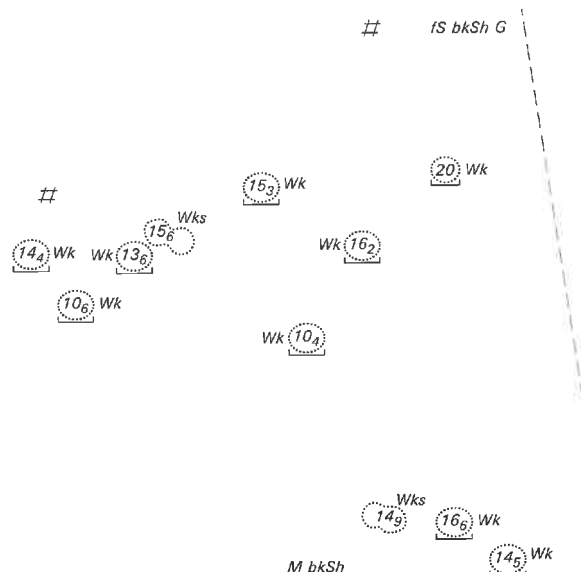


Fig. 5 : La surcharge « mouillage »

A titre documentaire, on a allégé le contenu de la carte internationale représentant l'entrée de la Tamise pour illustrer ce qu'il était possible de faire.

La figure 4, directement dérivée de la figure 2, a été conçue pour répondre aux besoins d'un petit navire, habitué des lieux, faisant route de jour et par bonne visibilité. La carte initiale a ainsi pu être allégée dans les domaines suivants :

- toponymie
- feux et signaux de brume
- câbles sous-marins, conduites sous-marines, épaves et obstructions dont la profondeur, connue, est supérieure à dix mètres
- natures de fond
- limites diverses des zones dans lesquelles n'existe aucune restriction.

La figure 5 comporte les informations supplémentaires qui seraient ajoutées si, au lieu de faire route, le navire cherchait un emplacement pour mouiller.

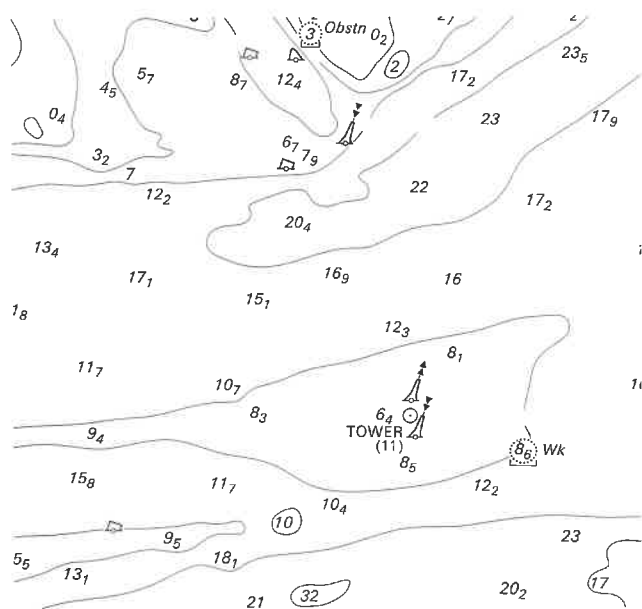


Fig. 4 : L'écran minimal « en route »

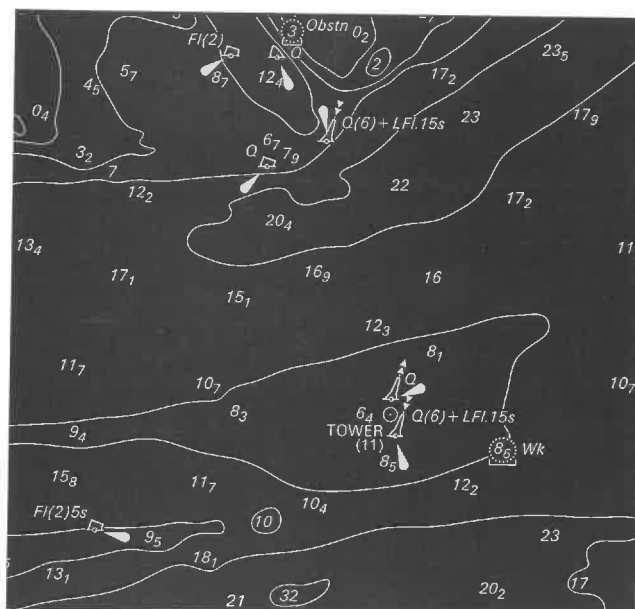


Fig. 6 : L'écran de nuit

Couleur

Le nombre des couleurs qui apparaissent aujourd'hui sur les cartes est volontairement limité pour réduire les coûts de production, et surtout les difficultés de tenue à jour. Or la couleur, élément important du message d'information, est très facile à saisir lorsqu'elle n'est pas codée.

Sur la figure 4 les couleurs des bouées ne sont ainsi pas codées mais portées directement sur le symbole.

Sur la figure 6, on a complété le contenu minimal précédemment défini de manière à permettre une navigation de nuit, et les couleurs des feux sont de la même façon portées sur les enluminures, où elles remplacent la couleur magenta traditionnelle. Pour éviter la présence d'une image éblouissante sur la passerelle d'un navire, la nuit, le contenu de la carte apparaît cette fois en négatif.

Continuité

Malgré tout le soin apporté par le cartographe au choix des limites d'une carte, il se trouve toujours des usagers pour contester le bien fondé de la solution retenue. Cette contrainte est supprimée par la possibilité qui est offerte de faire apparaître sur la même image les contenus de deux cartes adjacentes, ou de compléter le contenu d'une carte à grande échelle par celui d'une carte à plus petite échelle (1).

Mise en évidence d'une information

Il est aisé de retrouver sur une carte une information localisée lorsqu'on connaît ses coordonnées ; mais tous ceux qui ont exploré le contenu d'une carte pour trouver un objet identifié par son nom, sans connaître sa position, apprécieront de voir clignoter, apparaître en surbrillance ou changer de couleur, l'objet qu'ils recherchent.

Choix de l'orientation

De façon à peu près systématique les cartes sont établies avec le Nord en haut et le Sud en bas.

Il peut être utile d'offrir à l'utilisateur la possibilité d'orienter l'image dans le sens de la route.

Les difficultés que l'ECDIS doit alors résoudre sont illustrées par la figure 7.

La base de données

Le système dont nous venons de décrire certaines fonctionnalités ne peut fonctionner sans une base de données digitales reprenant, au minimum, le contenu des cartes marines existantes.

Il ne peut être question, au vu de certaines des fonctions qui viennent d'être décrites, de constituer cette base de données en analysant les cartes actuelles à l'aide d'un scanner.

Cette base, enfin, doit être considérée, au même titre que la carte marine, comme un élément essentiel à la sécurité de la navigation.

Il n'est pas envisageable, dans ce contexte, d'abandonner à l'industrie privée la responsabilité de sa création.

Les services hydrographiques, vont donc en principe, s'orienter vers une base de données graphiques en mode vecteur, obtenue en numérisant les cartes existantes.

(1) Les limites de la zone montrant le contenu de la carte à plus petite échelle apparaissent dans ce cas sur l'image, avec un message de mise en garde appelant l'attention sur l'imprécision relative de ces données complémentaires.

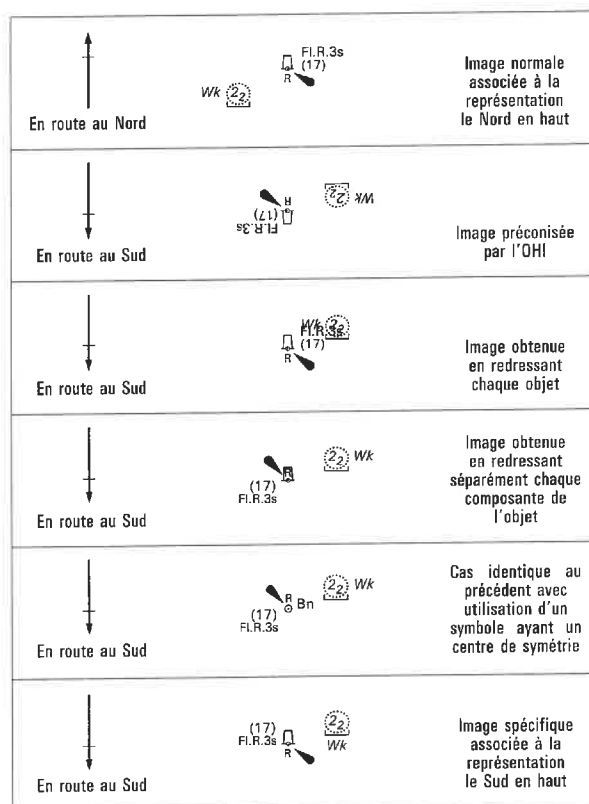


Fig. 7

Cette approche pose néanmoins des problèmes de cohérence aux différentes échelles, de contenu nautique, d'intégrité et de tenue à jour.

Cohérence aux différentes échelles

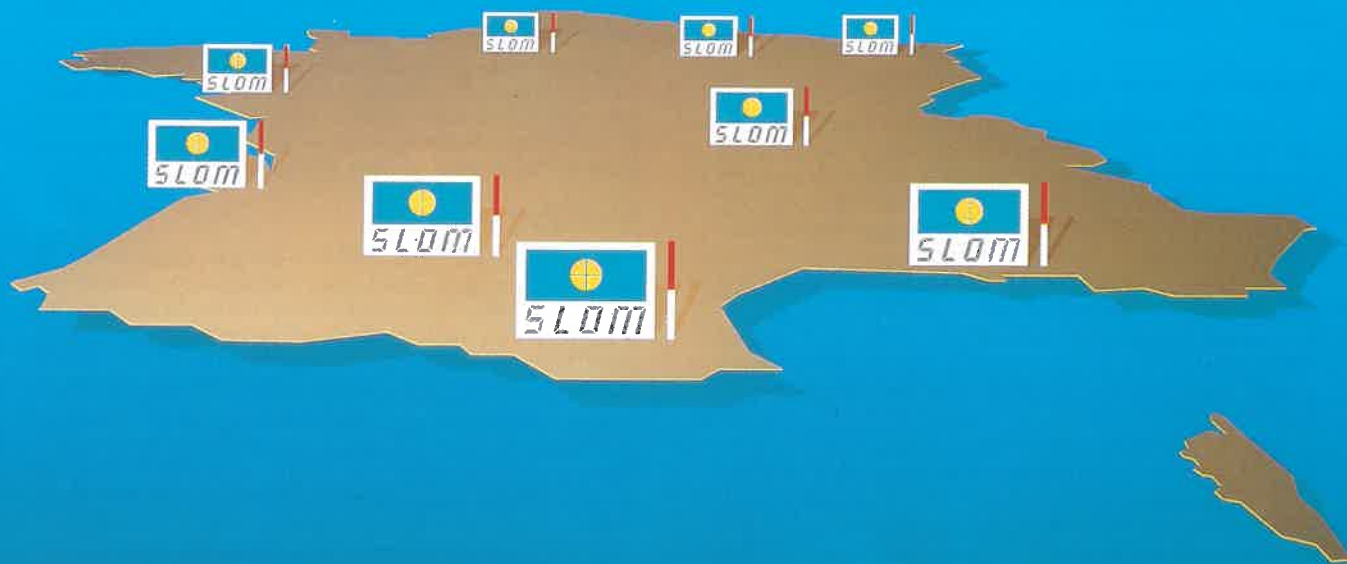
Un même objet peut figurer sur des cartes établies à des époques différentes et à des échelles différentes, or il est souhaitable qu'il ne soit décrit qu'une seule fois en tant qu'objet dans la base de données, pour faciliter la tenue à jour et pour limiter le volume de la base. Au lieu de se lancer dans la numérisation aveugle et systématique d'un portefeuille de cartes marines hérité du passé, il semble donc préférable de constituer une collection des objets portés sur les cartes, en commençant par ceux qui figurent sur les cartes à la plus grande échelle.

A chacun de ces objets sont ensuite associées différentes images graphiques, qui peuvent être sélectionnées par un cartographe en fonction des échelles de représentation autorisées a priori par le système et de l'environnement de l'objet, ou bien définies automatiquement par un logiciel de généralisation automatique, ou encore par un système expert (cf. fig. 8). La base ainsi constituée est ensuite progressivement complétée par les objets représentés sur les cartes à plus petite échelle, jusqu'à couvrir l'ensemble d'une zone.

Contenu nautique

La procédure qui vient d'être décrite présente encore l'inconvénient de perpétuer les insuffisances du passé.

Parmi celles-ci, nous relèverons en particulier l'absence de cartes marines au-delà d'une certaine distance des côtes.



SLOM A VOTRE SERVICE

- Région Parisienne et Nord :
SLOM : 11 bis, rue du Perche
75003 PARIS
Tél. : (1) 48 04 39 13
Telex : 240.729

- Régions Est et Nord -Est :
ESSILOR :
Usine de la Compasserie
55500 LIGNY-EN-BARROIS
Tél. : 29 76 76 76

ESSILOR - SLOM ALSACE :
Parc d'activité des Tanneries
4, C. du Tanin
67380 LINGOLSHEIM
Tél. : 88 76 18 28

- Région Rhône-Alpes
TERREAUX-OPTIQUE :
7, place des Terreaux
69001 LYON
Tél. : 78 28 61 49

ESSILOR - SLOM RHÔNE-ALPES
35, rue Louis Saillant Z.A. Est
69120 VAULX-EN-VELIN
B.P. 4, 69511 VAULX-EN-VELIN Cedex
Tél. : 78 80 93 94

- Région Sud-Est :
FABRE MESURELEC :
48, rue de la République
13002 MARSEILLE
Tél. : 91 90 01 19

- Région Sud :
PRECISION-LABO :
31, Boulevard Félix Mercader
66000 PERPIGNAN
Tél. : 68 34 36 27

- Région Sud-Ouest :
ESSILOR - SLOM AQUITAINE :
Parc Industriel de Pessac
Rue Monge - 33600 PESSAC
B.P. 19 ALOUETTE 33601 PESSAC
Tél. : 56 36 44 05

ESSILOR - SLOM MIDI-PYRÉNÉES :
Parc Aéroportuaire
13, avenue Didier Daurat
31700 BLAGNAC
Tél. : 61 30 06 06

- Région Ouest :
LE PESQUER :
7, rue du Vincin
56002 VANNES
Tél. : 97 63 30 29

ESSILOR-SLOM BRETAGNE
Avenue de Belgique
Case Postale 607
Zone Industrielle Carquefou
44019 NANTES CEDEX
Tél. : 40 30 30 77



Échelle de visualisation	Images associées à un même objet	
1 : 20 000	Créac'h ★ FI(3).WRG.15s21m15-11M	○ TOWER
1 : 100 000	★ FI(3).WRG.15s15-11M	⚓
1 : 500 000	FI(3) ★ 15s15M	⊙ Tr
1 : 2 500 000	★ FI(3)15M	
1 : 12 500 000	★	

Fig. 8

Cette habitude, justifiée il y a encore peut de temps, conduit par exemple à ne figurer la partie centrale de la Mer du Nord que sur des cartes à l'échelle 1/750 000, insuffisante pour représenter convenablement toutes les informations connues, telles que les installations pétrolières ou certaines routes en eaux profondes alors que la bathymétrie y est connue de façon très détaillée.

Qui n'a regretté par ailleurs, en utilisant une carte marine, de devoir rechercher des informations complémentaires dans d'autres ouvrages, comme par exemple un livre des feux, une instruction nautique, un ouvrage sur les radiosignaux ou les radiocommunications, etc.

Si la place disponible dans la base de données n'est pas limitée, rien n'empêche en fait d'y introduire la plus grande partie des informations qui figurent actuellement dans les ouvrages, afin de les rendre beaucoup plus facilement accessibles.

Intégrité et tenue à jour

C'est sur le contenu de la base de données élaborée par les services hydrographiques, dont ils gardent l'entière responsabilité, que repose la notion de sécurité évoquée plus haut. L'intégrité de la base doit donc être préservée, et son contenu ne doit pas pouvoir être modifié par l'utilisateur.

En attendant que les bases de données embarquées puissent être automatiquement mises à jour, au moyen de liaisons satellitaires par exemple, il convient quand même que le marin puisse exploiter les informations qu'il aurait normalement portées sur une carte papier traditionnelle.

On voit ainsi qu'à côté de la base de données "cartographiques", doit exister une base de données "utilisateur". Créée et gérée par le marin, et dans laquelle pourraient figurer certaines informations nautiques ainsi que le résultat de la préparation de traversée, c'est-à-dire la trace des routes à suivre.

L'environnement de la carte

En navigation, la carte est le support privilégié sur lequel le marin exploite les informations fournies par les nombreux capteurs qui l'entourent. Nous allons donc voir comment il est possible de tirer parti d'un ECDIS pour simplifier la tâche du chef de quart.

Position

À la mer, le premier souci du chef de quart est de suivre la progression de son navire, soit en déterminant directement sa position sur la carte, soit en y reportant la position fournie par un système de localisation.

Dans le premier cas, il est généralement en mesure d'apprécier la précision de la position obtenue, tandis que dans le second cas, et en l'absence d'autres indications, il ne peut que se fier à la précision intrinsèque du système utilisé.

La plupart des systèmes de localisation actuels fournissent une position par ses coordonnées géographiques, dans un système géodésique choisi a priori. Il est donc très tentant d'asservir directement sur l'ECDIS la position du navire aux coordonnées calculées par le récepteur de radiolocalisation. La précision du système GPS paraît suffisante pour répondre à la plupart des besoins, avec éventuellement l'apport du mode différentiel pour la navigation en eaux resserrées ou aux abords immédiats des ports ; mais, pour de nombreux autres systèmes, et en particulier en vue de terre, doit être préservée la possibilité de "graphiquer" une position avec les méthodes usuelles pour contrôler la position affichée.

Radar

La superposition à la demande sur l'ECDIS, de l'écran du radar rapporté à la position calculée par le récepteur de radiolocalisation permet, d'un simple coup d'œil, d'évaluer la qualité du positionnement. Certains échos obtenus à l'aide du radar doivent en effet pouvoir être corrélés avec des objets visibles sur l'image, côte ou balisage par exemple. Cette corrélation ayant été vérifiée, il est aisé de contrôler que les manœuvres anti-collision préparées directement sur l'écran du radar sont compatibles avec l'environnement nautique.

Cap et vitesse

Outre la position instantanée il est intéressant de représenter la route prévue, la route suivie et le vecteur vitesse en surface, ou le vecteur vitesse sur le fond. Ces dernières informations peuvent être données au choix sous forme graphique, ou sous forme alphanumérique.

On voit ainsi apparaître une possibilité d'alerte automatique lorsque la position estimée conduit le navire dans une zone dangereuse, ou plus simplement dans une zone de restriction, et lorsque l'heure probable d'arrivée à un endroit donné peut ne pas être respectée.

Profondeur

Dans les mers où la marée n'est pas négligeable, la comparaison de la profondeur instantanée, mesurée à l'aide du sondeur, avec la profondeur estimée sur la carte, n'est pas d'un grand intérêt lorsque la marée n'est pas connue ; or la marée pourrait bientôt être calculée à bord ou transmise depuis la côte par un système électronique.

Rien n'empêche par ailleurs d'imaginer le remplacement des courbes isobathes imposées par le cartographe par des courbes issues d'un modèle numérique de terrain, choisies par le marin en tenant compte de la marée.

Des hypothèses simplistes sur l'évolution de la profondeur peuvent aussi être envisagées pour provoquer des alertes automatiques a priori plus efficaces que celles qui existent aujourd'hui sur certains sondeurs.

Améliorations possibles

Le nombre des capteurs qui peuvent être connectés à l'ECDIS à bord d'un navire n'est sans doute pas limité.

En revanche, le coût d'un système regroupant les informations en provenance de tous les capteurs existants pourrait conduire rapidement à des coûts prohibitifs.

Cette contrainte devrait sérieusement limiter les possibilités offertes par les constructeurs : pour rester abordable, l'ECDIS devra être simple, et il est vraisemblable que les principales améliorations porteront en priorité sur

les écrans, dont les dimensions et la définition laissent encore beaucoup à désirer.

Stratégies et réalisations

Derrière le système dont nous venons de décrire les fonctionnalités techniques les plus remarquables se profilent de sérieuses considérations économiques, souvent couplées aux besoins réels des navigateurs et à l'incontestable souci de rigueur des hydrographes.

Bien qu'il s'agisse encore à nos yeux d'une retombée secondaire, nous évoquerons aussi les perspectives commerciales susceptibles de s'ouvrir aux fabricants d'ECDIS.

Equivalence stricte ou équivalence fonctionnelle

L'ECDIS concerne en premier lieu la sécurité de la navigation. C'est à ce titre que les organisations internationales ont été amenées à se préoccuper de sa valeur légale.

La communauté maritime évoluée se divise à son sujet en deux courants contraires : les tenants de la sécurité absolue, regroupés derrière le Royaume-Uni, privilégient la notion de stricte équivalence de l'ECDIS à la carte marine traditionnelle, tandis que le courant novateur, prenant acte des réalités de la navigation d'aujourd'hui, souhaite avec le Canada, la Norvège et la RFA, autoriser l'emploi légal de systèmes cartographiquement moins perfectionnés, mais présentant par les services rendus l'équivalence fonctionnelle à la carte papier.

Si l'on y regarde d'un peu plus près, il se pourrait bien que ces considérations ne soient pas aussi innocentes qu'elles le paraissent.

Première visée : la Grande-Bretagne, dont la prudence, certes conforme à la haute idée qu'elle se fait de la sécurité de la navigation, s'explique peut-être aussi par le désir de ne pas se lancer trop inconsidérément dans la numérisation massive de son portefeuille et la réforme d'un dispositif commercial qui lui assure, avec 80 % des cartes marines utilisées dans le monde, un rôle de premier plan.

Pour des raisons opposées, les buts poursuivis avec beaucoup de dynamisme par la Norvège ne sont pas moins intéressés, car ce pays, dont la flotte de commerce, en expansion, est une des premières du monde, entend creuser l'écart en développant des procédés de plus en plus automatisés, qui lui permettront de faire naviguer ses très grands pétroliers (VLCC) avec un seul officier de quart en passerelle.

L'attitude pragmatique du Japon pourrait réconcilier tout le monde : la question de l'équivalence légale est secondaire, car la vocation de l'ECDIS est d'aider le navigateur, pas de se substituer à la carte traditionnelle. Mais il serait quand même de bon ton, ajoutent les Japonais, que l'ECDIS, qualifié de "facultatif", utilise des données numériques homologuées par les services hydrographiques officiels et qu'il fasse lui aussi, l'objet de spécifications.

Perspectives commerciales de l'ECDIS

Selon des informations communiquées par l'OMI, il existait voici un an près de 300 ECDIS évolués, et 2 à 4 000 systèmes de performances plus modestes dans le monde.

Cette tendance devrait encore être stimulée par la diffusion de données numériques par les services hydrographiques eux-mêmes, une fois qu'auront été définis les contenus standardisés des bases de données et les formats d'échange.

Bien que l'ordre de prix d'un ECDIS performant, utilisant des données homologuées, se situe aux environs de 350 000 francs, les optimistes sont persuadés que les navigateurs, une fois qu'ils l'auront utilisé, ne pourront pas plus s'en passer que du radar.

Les développements en France

La France, par l'intermédiaire du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) participe d'abord aux réflexions conduites par les organisations internationales.

Et Dieu sait combien celles-ci sont prolixes en groupes de travail : le Committee on ECDIS (COE) n'en compte pas moins de 5, auxquels il faut ajouter le groupe d'harmonisation OHI/OMI et le comité sur l'échange de données numériques (CEDD).

Ces groupes s'efforcent de contrôler les développements de l'ECDIS en promulguant des spécifications provisoires et en encourageant des expérimentations en vraie grandeur à la mer.

Partant des aspects cartographiques du système, le SHOM a fait étudier par la société MS2i des maquettes d'ECDIS, afin de se familiariser avec la gestion d'une base de données "utilisateur" et avant de se lancer dans la structuration de sa propre base de données "cartographiques".

A l'autre extrémité du concept, la société SAGEM, spécialisée dans les tables traçantes de navigation a entrepris un chemin inverse. Les navigateurs n'ont plus qu'à espérer que les deux projets se rencontrent.

Signalons enfin que dans un esprit digne de "Silicon Valley", de petites sociétés telles qu'INFORMATIQUE ET MER ont développé leurs propres systèmes, en ciblant plus particulièrement les besoins de la pêche et de la plaisance. Pour être convenablement couverts ces besoins intègrent des données d'un type très particulier et entraînent l'intervention de nouvelles agences officielles telles que l'IFREMER.

En poursuivant son évolution, l'ECDIS est amené ainsi à prendre de plus en plus de liberté vis-à-vis de la cartographie traditionnelle, à laquelle il ne demande plus que d'être le décor indispensable au bon déroulement des activités liées à la mission du navire.

Conclusion

L'ECDIS, tel qu'il vient d'être décrit, est donc un système électronique de visualisation des informations de navigation, conçu pour faciliter la tâche de l'officier de quart.

Les économies de personnel sur les navires justifient, à elles seules, l'existence de cette aide à la navigation d'un type nouveau, ainsi que les efforts entrepris pour l'améliorer, et en faire peut-être un jour l'équivalent légal de la carte papier.

On peut néanmoins craindre qu'elle ne puisse en devenir l'équivalent fonctionnel tant que n'auront pas été mis au point des écrans graphiques couleurs à haute résolution, de dimensions convenables et de prix acceptable, ce qui laisse vraisemblablement du temps aux services hydrographiques responsables pour constituer les bases de données régionales nécessaires au fonctionnement de ces aides nouvelles.

Quand les problèmes techniques seront réglés, il sera sans doute nécessaire de se pencher sur les problèmes philosophiques qui ne manqueront pas d'apparaître, en définissant la limite entre ce qui est du domaine du logiciel, et ce qui doit rester de la compétence de l'utilisateur.



En 1987, Carl Zeiss a lancé les Planicomp série P avec PHOCUS, le nouveau système d'informations géographiques.

Aujourd'hui, Carl Zeiss vient de tracer une nouvelle voie en élargissant les possibilités du système.

L'innovation consiste à combiner l'appareil de base Planicomp P3 avec un PC. Le résultat est un restituteur analytique très performant avec un rapport qualité/prix extrêmement intéressant:

■ Planicomp comme digitaliseur 3D avec logiciel de base pour l'orientation et l'acquisition simplifiée de valeurs mesurées.

■ Planicomp pour la cartographie numérique avec le progiciel DAT/EM basé sur le système AutoCAD.

■ Planicomp pour l'acquisition directe des données photogrammétriques avec le logiciel Microstation/Intergraph.

■ Planicomp comme station d'acquisition de données photogrammétriques pour le système d'informations géographiques pcARC/INFO.

Tous les avantages de l'appareil de base Planicomp P3 sont exploitables avec le PC. C'est un appareil compact dont l'utilisation est simplifiée par le curseur photogrammétrique P et la tablette.

Sachez aussi que vous pouvez utiliser sur le Planicomp/PC, tous les logiciels complémentaires pour l'aérotriangulation et le calcul des modèles altimétriques digitaux.

**Photogrammétrie avec Carl Zeiss:
un contrat de performance à long terme**

Carl Zeiss
Sarl France
21, rue Livio
67100 Strasbourg
Tél. 88.39.34.15



FLASH SUR LES FORMATS D'ÉCHANGE



Philippe ALGRAIN, Géomètre-Expert — Ingénieur ETP

Président du Groupe de Travail du CNIG chargé de la normalisation des formats d'échange d'information géographique numérique.

Créé par Décret du 26 juillet 1985, le CNIG est une instance consultative, placée auprès du Ministre chargé du Plan, et qui contribue, par ses études, avis ou propositions, à promouvoir le développement de l'information géographique et à améliorer les techniques correspondantes en tenant compte des besoins exprimés par les utilisateurs publics ou privés.

Parmi ces besoins est apparu rapidement celui d'une normalisation des formats d'échange. C'est ainsi qu'un groupe de travail a été mis en place le 3 mai 1988 au sein du CNIG. Initialement ce groupe de travail était composé des représentants de douze ministères ou organismes. Devant l'ampleur de la tâche qui nous était fixée, nous avons commencé par éditer un questionnaire afin de nous aider à sérier les urgences.

La centaine de réponses reçues a donné les résultats unanimes suivants :

- normalisation indispensable
- priorité du mode vecteur par rapport au mode raster
- urgence "criante".

De septembre 1988 à mars 1989 nous avons eu un rythme soutenu de réunions avec une faible rentabilité : surtout des discussions, réflexions, prises de contact, apprentissage d'un langage commun, connaissance et reconnaissance des travaux faits par les organismes et ministères représentés, montée en puissance du nombre de participants au gré des contacts pris et de l'amélioration de nos connaissances sur un sujet dont on peut dire qu'il fut difficile à appréhender.

Cette faible rentabilité initiale nous a toutefois permis de dégager le programme de travail suivant :

1. Définition de la structure du document final

- a) Partie logique
 - But et portée
 - Domaine d'application
 - Philosophie générale d'échange (Procédures)
 - Structures logiques d'échange
- b) Partie physique
 - Structures physiques d'échange (Formats)
 - Supports d'échange
- c) Annexes
 - Système de codification
 - Glossaire
 - Appendices
 - Bibliographie

2. Définition des structures logiques à aborder en priorité compte tenu des résultats de l'enquête

3. Définition du ou des formats d'échange en fonction des structures logiques retenues.

4. Définition du système de codification des entités géographiques, de leurs attributs descriptifs (quantitatifs et qualitatifs) et de leurs opérateurs de relations.

5. Etude des modalités de diffusion et d'approbation de la norme, notamment par consultation d'un groupe d'utilisateurs incluant des industriels.

Ce programme a été confirmé par le CNIG sous la forme d'un mandat de travail à compter du 1^{er} avril 1989.

Le groupe de travail est constitué de deux entités distinctes :

(a) Un comité de pilotage, chargé de fixer les objectifs pratiques à atteindre, de suivre l'avancement des travaux, d'en évaluer les résultats, et d'assurer l'ensemble des relations avec les organismes concernés ; ce comité se réunit une fois par mois.

Composition :

Ministères : Finances (Cadastre) - Agriculture et Forêt - Défense (CGI)

Équipement - Intérieur (DTI/DSC)

Organismes : IGN - CNIG - AFNOR - EUREKA FRANCE - SHOM - BRGM - AIVF - CNRS - GIP RECLUS - EDF - URBA 2000 - FRANCE TELECOM prochainement

Privés : Ordre des Géomètres-Experts - Chambre des Topographes - Chambre des photogrammètres.

(b) Une équipe de spécialistes de l'information géographique numérique, mis à disposition par certains des organismes faisant partie du comité de pilotage, chargée de réaliser les tâches techniques définies par le comité de pilotage ; cette équipe travaille au cours de sessions continues de plusieurs jours (une semaine complète, par exemple), dans des conditions déterminées d'un commun accord (locaux, moyens informatiques, etc).

Nos méthodes de travail, pour arriver à une normalisation, doivent en outre tenir le plus grand compte des contraintes suivantes :

- aller vite car l'urgence est manifeste en France
- l'acte unique de 1993 impose de raisonner en termes européens
- l'exportation de l'ingénierie géographique française doit s'en trouver facilitée
- le CNIG ne dispose d'aucun moyen financier substantiel
- évolutivité de la norme à proposer
- rôle particulier du CEN (Centre Européen de Normalisation) par rapport à l'ISO et à l'AFNOR.

Avec ces contraintes, il était exclu :

- de faire une norme franco-française (coût élevé - délais importants - pas d'assurance de compatibilité avec les échelons européens et internationaux)
- d'attendre une norme européenne ou internationale (délais importants - pas d'assurance de satisfaire aux spécificités françaises)

Nous nous sommes donc fixé la stratégie suivante qui permet, dans un premier temps, de satisfaire tous les objectifs de notre mission :

1. Se créer des réseaux d'informations internationales pour :

- * pratiquer une "veille technologique"
- * se procurer le plus de normes existantes afin de les étudier

Nous nous sommes ainsi déjà procuré les documents exhaustifs concernant :

- NTF (ROYAUME UNI)
- SDTS (USA et AUSTRALIE)
- DGIWG (Norme sectorielle pour les armées : EU-GB-ITA-RFA-NOR-HOL-FRA et BEL-CAN-ESP-DAN)
- MACDIF (CANADA)
- NESC (AFRIQUE DU SUD)

Nous devons recevoir prochainement (demande faite) :

- REMO (SUISSE)
- MERKIS (RFA)

Nous allons demander :

- ? (FINLANDE)
- SOSI (NORVEGE)
- ULI (SUEDE)

Nous analysons chacun de ces documents par une grille d'évaluation que nous avons établie.

2. Parallèlement à ce travail de recherche et d'analyse des documents étrangers, nous imaginons ce que devrait être la norme française pour obéir aux objectifs fixés ci-dessus avec les arguments suivants :

- * Utiliser le maximum de standards existants :
 - EDI pour les Télécommunications informatiques (récente directive européenne dans ce sens).
EDI est de plus une norme ISO 8735
 - ISO 8211 pour la description de la base de données transmise. (Utilisé par la plupart des normes étrangères existantes)
 - STEP pour la "couche" CAO qui est en cours d'approbation ISO. Il s'agit de rassembler sous une même norme tous les principaux standards "constructeurs" existants (IGES, SET, etc...)

* Considérer que les informations géographiques numériques sont tellement spécifiques que cela nécessite une couche géographique particulière qui comprend le mode maillé et le mode vecteur et pour ce dernier, les structures DAO, Spaghetti et Topologie. *Autrement dit, il faut raisonner en terme de plus grand dénominateur commun pour satisfaire tous les interlocuteurs. Il faut donc imaginer le modèle conceptuel de données idéal mais néanmoins évolutif (topologie 3D, etc...).*

3. A l'issue de ces travaux menés en parallèle, nous serons en mesure (15/03/90) de proposer au CNIG la meilleure solution (par rapport aux contraintes) qui permettra de véhiculer le modèle conceptuel de données géographiques "idéal" ou "théorique" déterminé par les besoins français.

Il restera alors :

- à demander les autorisations d'utilisation
- à traduire le document in extenso (mutatis mutandis)
- à adapter la rédaction pour que la lecture soit compréhensible par tous (comité de lecture)
- à adapter les dictionnaires d'objets
- à créer un glossaire
- à améliorer éventuellement la couche de transmission (Remplacer ISO 8211 par EDI, ...)

Toutefois ce travail ne sera effectué que si :

- une structure de "suivi de la norme" existe
- le choix reste compatible avec les autres normes étudiées dans la mesure où l'une d'entre elles pourrait ultérieurement devenir "standard de fait".

Actuellement l'avancement de nos travaux est tel que nous commençons à avoir quelques certitudes d'aboutir dans des délais raisonnables. Nos travaux "bénévoles" vont d'ailleurs nécessiter 300 jours/hommes au cours du premier semestre 90. Si on compare ce chiffre à celui de 240 jours/hommes pour toute l'année 89, on constate une nette accélération des travaux du groupe de travail. Il convient d'ailleurs de noter que l'assiduité des membres du groupe à nos réunions est de 85 %, ce qui confirme, s'il en était encore besoin, l'importance du sujet et l'intérêt qui s'y rattache.

Parmi nos préoccupations, nous attachons la plus grande importance à informer la communauté géographique de l'avancement de nos travaux. Dès que nous serons en mesure de publier, nous le ferons : à chaque fois que des conférences nous seront proposées, nous parlerons (en 90 MARI - SIG GIS - CARTAO - IMAGICA - etc...).



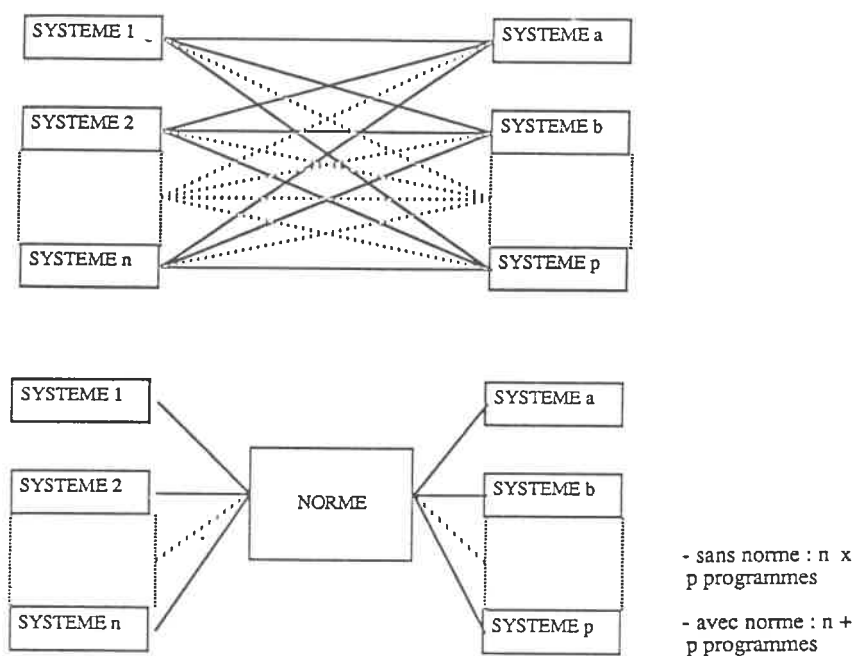


Fig. 1 : Un des buts de la norme de format d'échange : réduire le nombre des logiciels de transformatage.

Echange d'informations géographiques d'une application vers une autre

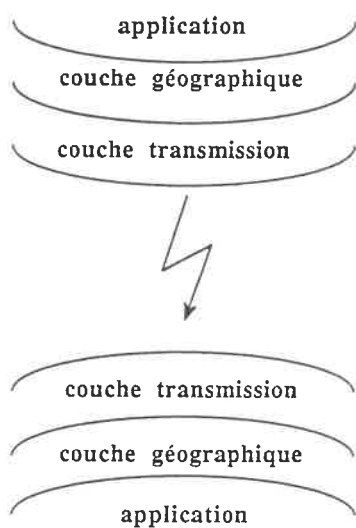


Fig. 2 : Les échanges de données géographiques doivent prendre en compte les différentes contraintes liées aux couches respectives des données.

Symbolisation différents formats / couches

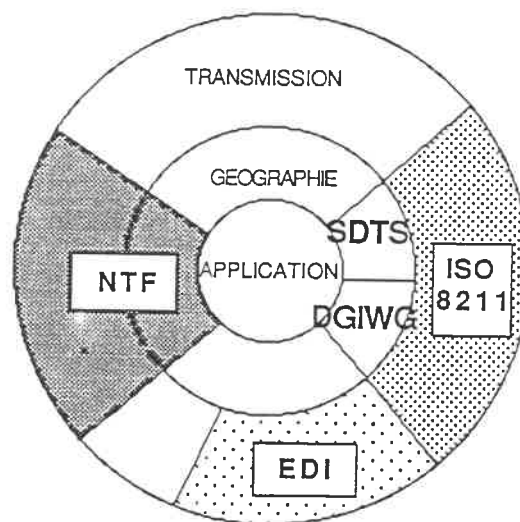


Fig. 3 : Les différentes normes étrangères ou internationales existantes ne jouent pas le même rôle vis-à-vis des couches d'informations concernées.

La révolution de l'ordinateur bouleverse l'information géographique. Parallèlement au lancement des satellites SPOT d'observation de la terre, réalisations nouvelles et projets d'envergure se multiplient : bases de données topographiques nationales, banques de données urbaines, plan numérique du territoire à grande échelle.

L'information géographique est une nécessité économique de base. Mais peut-on en mesurer la valeur ? Peut-on évaluer la "rentabilité" d'une banque de données urbaines, déterminer le meilleur rythme de révision d'une carte, comparer plusieurs projets de systèmes géographiques numériques ?

Dans cet ouvrage, l'un des tout premiers au monde à traiter systématiquement de ces questions, l'auteur montre que l'analyse économique peut être appliquée utilement au secteur de l'information géographique. Les méthodes de coût-bénéfice apportent des éléments essentiels avant le lancement d'un projet pour faire le meilleur choix, ou bien après sa réalisation pour l'évaluer.

Cet ouvrage est un outil de travail pour tous ceux qui produisent ou utilisent l'information géographique : géographes, géomètres, aménageurs, urbanistes, techniciens des collectivités locales, constructeurs, concessionnaires de réseaux. Il est aussi un livre de référence indispensable dans les écoles et formations qui préparent à ces professions.

Né en 1940, ancien élève de l'École Polytechnique, Michel DIDIER a exercé pendant vingt ans de hautes responsabilités dans l'Administration Economique. Auteur de plusieurs ouvrages et articles économiques, il est titulaire de la chaire de politique économique au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Placé auprès du ministre chargé du Plan, le Conseil National de l'Information Géographique (CNIG) regroupe producteurs et utilisateurs. Il propose au gouvernement les orientations de la politique nationale de l'information géographique.



ISBN 2-7178-1898-7
Prix : 189 F.

Sommaire

Sommaire
Introduction

Chapitre 1

La production de l'information géographique

1. Le processus de production
2. Le géomètre
3. Mutations techniques en cours dans le secteur de l'information géographique

Chapitre 2

Les produits d'information géographique

1. L'équipement géographique national de base
2. Les autres informations géographiques significatives

Chapitre 3

Histoire résumée des choix d'information géographique

1. La carte de base
2. Le problème des grandes échelles
3. Le cadastre
4. Les cartes, l'armée et l'impôt

Chapitre 4

Analyse économique de l'information géographique

1. L'information géographique : bien public ou bien privé ?
2. Une première approche de la valeur de l'information géographique
3. Le problème de la tarification des cartes publiques
4. Economies d'envergure et structure des coûts
5. Le problème de l'homogénéité
6. Le choix d'un cycle de révision
7. Le problème de la précision

Chapitre 5

Cartographie et activités économiques

1. Diversité des domaines d'utilisation de l'information géographique
 2. Diversité des "usages"
 3. Diversité des applications
- Etude de cas : L'information géographique pour la construction d'une route nationale
- Etude de cas : L'information géographique pour la construction d'une ligne de Train à Grande Vitesse
- Etude de cas : Ministère de l'Agriculture et de la Forêt
- Etude de cas : L'inventaire Permanent du Littoral

Chapitre 6

Les systèmes d'informations géographiques numériques

1. L'explosion des systèmes d'informations géographiques.

UTILITÉ ET VALEUR DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE



2. Le principe des systèmes d'informations géographiques
 3. Le répertoire géographique urbain (RGU)
 4. Exemples d'applications des systèmes géographiques numériques
 5. Information géographique et navigation automobile
- Etude de cas : Méthode d'évaluation d'un système d'information géographique
- Etude de cas : L'information géographique à la ville de Paris
- Etude de cas : L'information géographique à la Communauté Urbaine de Lyon

Chapitre 7

Méthode d'évaluation de l'information géographique

1. La valeur de l'information
 2. Le fondement de l'analyse coût-bénéfice
 3. Généralisation du modèle
 4. La méthode des surplus
 5. La mesure des surplus par les coûts évités
 6. Produire ou réglementer
 7. Prise en compte de bénéfices immatériels
 8. L'évaluation des dispositions marginales à payer
 9. Résumé : les étapes d'une étude coût-bénéfice
- Etude de cas : Une méthode de révélation de la demande d'information publique
- Etude de cas : La valeur "ex-post" de l'information

Chapitre 8

Exemples d'évaluation de programmes d'information géographique

- Etude de cas : Utilité et valeur d'un système géodésique de référence
- Etude de cas : Optimisation du cycle de révision de la carte de base (USA)
- Etude de cas : Le "projet nordique" d'évaluation des systèmes d'information géographique numérique
- Etude de cas : Evaluation économique de la Banque de données urbaines de la mairie de Toulouse

Chapitre 9

Orientation pour des initiatives futures

1. La situation actuelle
 2. Aperçu sur la situation dans d'autres pays
 3. Le concept de "cadastre multifonctions" ou de plan numérique de base
 4. Un projet de plan numérique de base du territoire français
- Résumé des principales conclusions et recommandations
- Présentation du Conseil National de l'Information géographique
- Bibliographie

EURECART

 *L'intelligence de votre territoire*

EURECART est une société d'ingénierie et de services en informatique géographique. Filiale de la Lyonnaise des Eaux, EURECART propose ses services aux gestionnaires des villes et autres Collectivités Territoriales ainsi qu'aux Géomètres.

EURECART dispose d'une équipe de 40 spécialistes du génie urbain, de la topographie et des services.

EURECART recherche l'alliance avec les Géomètres pour une approche conjointe des Collectivités Locales dans la mise en œuvre de systèmes d'information géographique. Dans cette démarche, les Géomètres apportent notamment le relais local et les prestations de service en topographie, digitalisation et restitution des plans, maintenance et évolution des bases de données.

EURECART distribue le système d'informations géographiques APIC de POLILOG et intègre les produits adaptés spécifiquement aux besoins des géomètres : calcul topographique, DAO, par des interfaces standards.

EURECART peut se prévaloir de nombreuses références du logiciel APIC en France et dans le monde :

— Albi, Arles, Barcelone, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Colombes, Courly, Fréjus, Lourdes, Metz, Monaco, Paris, Soissons, Valbonne, Nantes...

Cabinets de Géomètres :

— AGIC (Toulon), CLAUZEL (Avignon), DE CERTAINES (Saint-Etienne), LYON INFOGRAPHIE (Lyon), EGICA (Arles), BOUR (Metz), BGM (Albi), RUDAZ (Suisse).

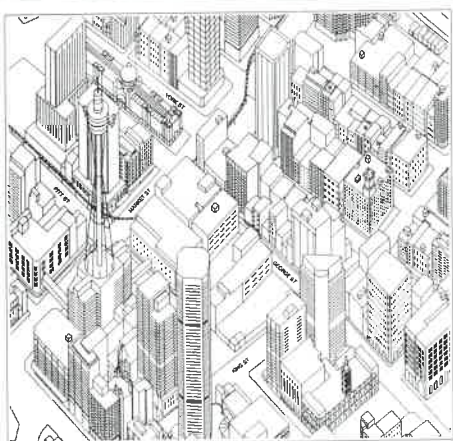
9/15, AVENUE PAUL-DOUMER — 92508 RUEIL-MALMAISON — FRANCE
TEL. : 33 (1) 47.08.24.99 — FAX : 33 (1) 47.32.47.72 — TELEX : 631153

NOUVEAU

LA PHOTOGRAMMETRIE

c'est facile avec le stéréorestituteur analytique MPS-2

(ADAM Technology)



Il vous restituera tout, partout

Le MPS-2 vous restituera aussi votre investissement ; très rapidement.

Le MPS-2 met la photogrammétrie à la portée de tous par sa maniabilité, son faible encombrement, sa rapidité d'emploi, son faible coût.

Il est connectable sur un ordinateur compatible PC pour la formation de l'image stéréoscopique obtenue très facilement et très rapidement, et pour le stockage des données obtenues sur disquette.

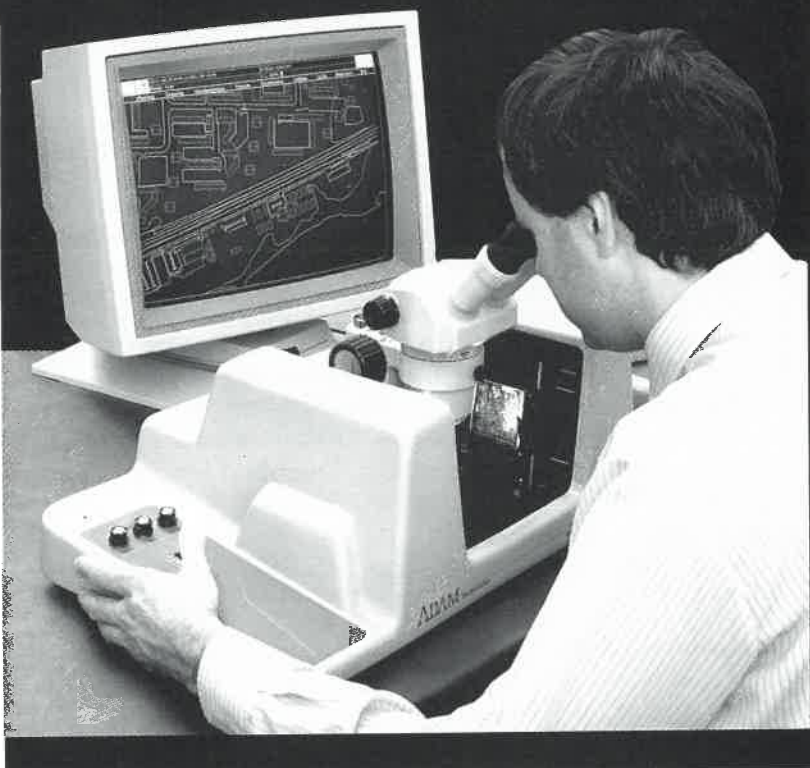
L'affichage au PC conduit l'opérateur pas à pas par des instructions, menus et messages-guide.

Le modèle étudié, restitué, peut être représenté à l'écran couleur du PC.

Le MPS-2 passe des clichés de 35 mm jusqu'à 70 mm. Il peut traiter des prises de vue aériennes et terrestres. Comme les autres produits de la gamme ADAM Technology, le MPS-2 permet d'entrer par un interface en temps réel, directement sur AutoCad et sur Microstation.

Le MPS-2 nécessite peu d'entraînement.

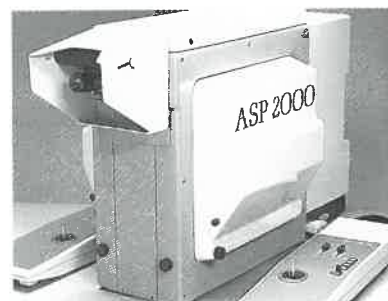
A partir de 280 000 F. Nous consulter.



DE NOMBREUSES APPLICATIONS : AUTRE MODELE

- Levés cartographiques et mises à jour pour systèmes d'informations géographiques (SIG)
- Relevés d'archéologie, d'architecture, de monuments, de façades.
- Mesures industrielles : Machines, pièces mécaniques, états d'avancement...
- Constats d'accident, relevés des lieux.
- Engineering : Etudes de maquettes et modèles, échantillons, tests, déformations.
- Etudes d'érosion, couverture végétale, zones forestières, plantations.
- Occupation des sols, études agricoles.
- Biologie, images de microscopie électronique.
- Domaine médical : Restructuration de membres, visages...

ASP 2000. Pour les clichés jusqu'au format aérien 230 x 230. Certains stéréorestituteurs analogiques peuvent être « transformés » en analytiques.



Transportable sur le site



Documentation sur demande



MESURES & SYSTEMES

6, Rue des Jardins. 60500 CHANTILLY - FRANCE.

Tél. : 44 57 27 97. Fax : 44 57 46 58. Telex : MESYST 150153 F

UTILISATION TOPOGRAPHIQUE DE L'IMAGERIE SPOT



B. FLEURY - ISTAR (Sophia-Antipolis)

1. INTRODUCTION :

Au sein d'un marché de l'information géographique numérique en pleine expansion, le satellite Spot se révèle-t-il être une source de données adaptée aux applications topographiques ?

L'enjeu est important, car un inventaire établi par les Nations Unies [1] datant de moins de 10 ans indiquait que plus de la moitié des surfaces émergées n'étaient pas cartographiées à des échelles supérieures au 1/100 000.

De plus, outre la carte topographique traditionnelle, le développement récent des systèmes d'informations géographiques entraîne une forte demande de données cartographiques numériques spécifiques et actualisées.

Dans ce contexte, Spot par ses qualités géométriques et stéréoscopiques, présente un intérêt technique et économique important. Dans cet article seront décrits les différentes méthodologies utilisées, avec description des produits et résultats.

2. L'ORIGINALITE DE SPOT :

Dans le domaine de l'observation de la terre, Spot se distingue des autres satellites par sa haute définition spatiale, l'accessibilité fréquente à tout point du globe et ses possibilités stéréoscopiques.

- Haute résolution spatiale :

La résolution désigne la taille de la plus petite unité élémentaire de l'image, appelée pixel. Correspondant au plus petit détail que l'on puisse distinguer au sol, elle a pour valeur 10 mètres en noir et blanc (mode panchromatique) et 20 mètres en couleur (mode multispectral).

- Accessibilité :

Spot est un satellite à orbite circulaire évoluant à 832 km d'altitude. Il possède deux instruments de "prise de vues" identiques qui peuvent être pointés latéralement jusqu'à 27° Est ou Ouest du plan de l'orbite.

Chaque instrument peut ainsi balayer au sol une bande de 60 à 81 km de large suivant l'inclinaison de la visée, dans un couloir de 959 km (fig. 1).

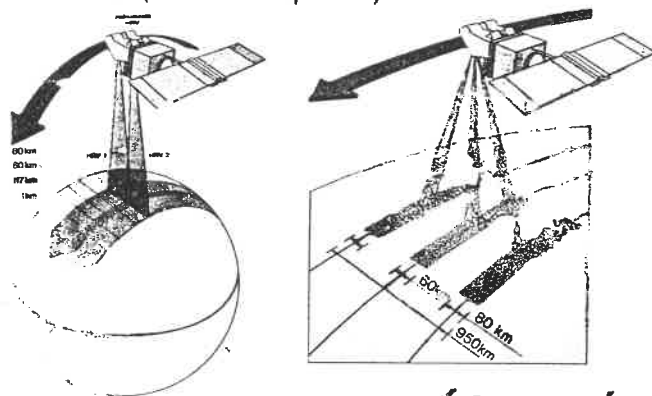


Fig. 1 : Accessibilité.

- Stéréoscopie :

L'observation latérale permet d'obtenir des couples stéréoscopiques sur une même zone acquise sous des angles différents lors de passages successifs du satellite (fig. 2). L'angle maximum de visée étant de 27° le rapport maximum B/H (base de prise de vue sur altitude) peut atteindre 1.2.

Cette capacité stéréoscopique est nécessaire pour extraire le relief, donnée indispensable aux applications topographiques.

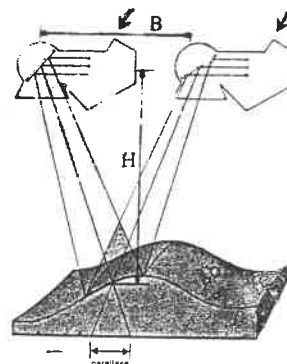


Fig. 2 : Stéréoscopie.

3. ASPECTS TECHNIQUES :

L'objet de ce chapitre est la description succincte des méthodologies de réalisation de produits topographiques Spot selon deux filières : la photogrammétrie et l'extraction automatisée.

3.1. Acquisition des données :

3.1.1. Programmation :

Les scènes Spot nécessaires aux applications topographiques doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- bonne qualité radiométrique des images ;
- absence de nuages, vent de sable ...
- visées inclinées de manière à disposer de couples stéréoscopiques dont le rapport B/H soit optimal (supérieur à 0.8) ;
- délai d'acquisition faible entre les deux images
- pour des blocs importants, acquisition si possible sous forme de segments non interrompus.

Ces exigences obligent généralement le client à demander une programmation spéciale du satellite, car le pourcentage d'images disponibles en archive susceptibles de constituer un couple stéréoscopique est très faible (voisin de 5%).

Cette programmation, aisée dans le cas d'un couple isolé, présente plus de difficultés pour des blocs importants en raison de l'angle de pincement dû à la convergence des deux traces du satellite.

Les délais d'acquisition des couples peuvent varier en fonction des conditions climatiques et des conflits de programmation éventuels. Ce délai peut avoir de lourdes conséquences dans l'utilisation ultérieure des scènes en stéréoscopie à cause des changements du paysage entre les scènes formant le couple (en particulier présence de neige ou évolution de la végétation en zone tempérée). Les images acquises sont ensuite sélectionnées et validées par analyse des quick-looks avant fabrication.

3.1.2. Données SPOT :

Spot Image commercialise les données SPOT sous forme de produits adaptés à des applications diverses (niveaux de rectification 1A, 1B, 2 ou S). Compte tenu des méthodes utilisées pour la modélisation des scènes, nous utilisons tant en photogrammétrie qu'en extraction automatique des données corrigées radiométriquement par étalonnage des détecteurs, mais qui conservent la géométrie brute des scènes (niveau 1A).

Ces données sont fournies soit sous forme numérique, soit sous forme de films destinés à l'exploitation photogrammétrique (photo n°4). Les caractéristiques de ces derniers, en cours de modification [2], seront dorénavant :

- Qualités géométriques :
- image brute, sans corrections géométriques
- échelle 1/350 000

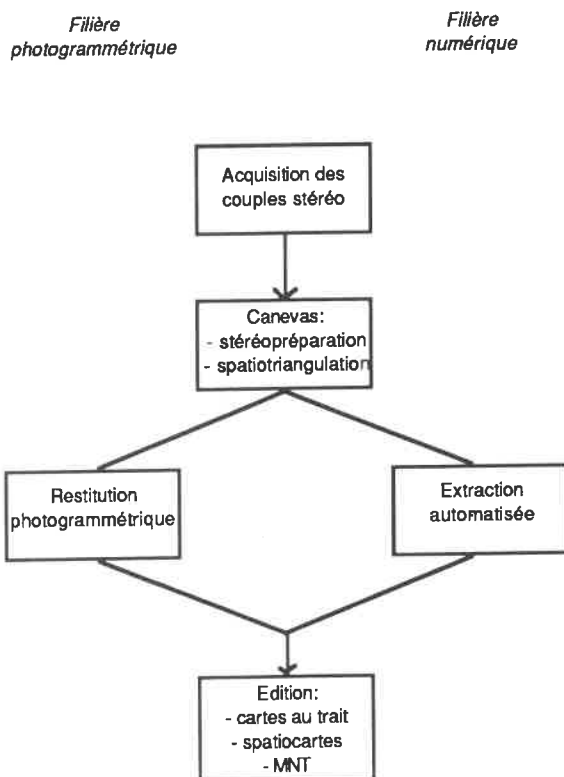


Fig. 3 : Chaîne de production des produits topographiques Spot.



Photo n° 4 : Couple stéréoscopique Panchromatique.

- incrustation de 8 marques fiduciaires sur le pourtour de la scène pour le calage sur stéréorestituteur
- données auxiliaires fournies sur support numérique.
- Qualités de la photointerprétation :
 - amélioration de l'image par passage d'un filtre pour une meilleure identification des détails linéaires
 - densité du film et contraste conforme aux spécifications de photographies aériennes;
 - anamorphose le long des lignes pour éviter l'effet de fuite du terrain perçu par l'opérateur en cours de saisie photogrammétrique.

Ce nouveau produit, disponible également en mode multispectral, permet d'améliorer la précision géométrique de la stéréorestitution, la qualité de la photointerprétation et le confort de l'opérateur.

3.2. Canevas : Stéréopréparation - Spatiotriangulation :

3.2.1. Points d'appui

Le calage des scènes nécessite un nombre de points d'appuis, points identifiables sur les scènes dont les coordonnées cartographiques sont connues, variant de 6 à 10 pour un couple isolé. Ils peuvent être des points :

- choisis et déterminés par stéréopréparation sur le terrain
- extraits de cartes existantes.

Les règles régissant le choix de ces points diffèrent peu de la stéréopréparation de photographies aériennes à petites échelles :

- éviter les points situés sur des surfaces inclinées ou irrégulières,
- rechercher des éléments bien contrastés sur toutes les scènes,
- choisir des points identifiables sans ambiguïté.

D'autre part l'expérience nous conduit à privilégier l'intersection de détails linéaires (routes, pistes...) par rapport à des détails ponctuels même bien contrastés.

La répartition des points variera en fonction de la taille du chantier. Dans le cas d'un couple isolé, ils devront être répartis régulièrement sur l'ensemble du modèle.

Les coordonnées des points d'appui, quelque soit leur origine, doivent évidemment avoir le même référentiel. Le recours au positionnement par satellite (Doppler ou GPS) est souhaitable car, outre la facilité et rapidité d'emploi de cette technique, elle assure une bonne homogénéité à l'ensemble de la zone en particulier dans le cas de grands blocs.

3.2.2. Spatiotriangulation

De manière analogue à l'aérottriangulation en photogrammétrie aérienne, l'objectif de la spatiotriangulation est la modélisation globale des couples de scènes Spot d'un bloc. Ceci permet de réduire le nombre de points d'appui nécessaires, donc d'alléger considérablement les travaux de stéréopréparation, tout en assurant les raccords entre couples contigus.

- Principe :

Un satellite à défilement tel que Spot acquiert les données sous la forme de rubans continus le long de la trace, appelés segments. Pour des raisons pratiques et commerciales, ces derniers sont ensuite découpés en scènes de 60 km de longueur.

Grâce à la continuité de la prise de vue, le segment peut être adopté comme unité de modélisation.

Ainsi le nombre de points d'appui nécessaires au calage d'un couple peut en théorie être suffisant pour assurer le calage d'un couple de segments. Un chantier important devra si possible être couvert par un minimum de couples de segments.

La position du satellite et les variations d'orientation de la prise de vues Spot sont bien connues. Les données d'éphémérides fournies par le CNES nous permettent de modéliser les paramètres définissant son orbite, pour un temps court.

Les variations d'attitude (tangage, lacet et roulis) sont mesurées à bord du satellite avec une grande précision. Elles sont d'ailleurs très faibles car le satellite a un mouvement très rigide.

Toutes ces données dites auxiliaires sont fournies avec les scènes par Spot Image. Leur connaissance constitue une différence importante par rapport à l'aérottriangulation classique où la variation des paramètres de prise de vues aériennes (localisation et orientation) est de caractère très aléatoire.

L'introduction de ces paramètres dans le calcul de modélisation globale permet de réduire fortement le nombre d'inconnues et d'assurer facilement la correspondance entre coordonnées terrain et image grâce à un minimum de points d'appui.

- Résultats :

Cette technique a été validée sur plusieurs petits blocs de quelques couples (Sud de la France, Yémen, Afrique du Nord) calculés par IGN [3] ou par d'autres sociétés. Les erreurs moyennes quadratiques obtenues sur les points terrain sont de 8 à 10 mètres en XY et 5 à 10 mètres en Z en

fonction du rapport B/H. A cette date, de gros blocs (20 à 120 scènes) sont en cours de calcul et de validation, mais aucun résultat n'a encore été publié.

3.3. Restitution photogrammétrique :

3.3.1. Aspects métriques :

La géométrie des scènes Spot est très différente de la perspective conique d'une photographie aérienne classique, car le point de prise de vue se déplace au cours de la saisie. Leur exploitation n'est permise que sur des stéréorestituteurs de type analytique pourvus de logiciels spécifiques (en particulier le système Matra Traster équipé d'un logiciel de modélisation développé par IGN).

Pour obtenir un modèle approché, on utilise les données auxiliaires (éphémérides et attitudes) fournies par le CNES. Pour affiner la modélisation, on utilise des points d'appui et des points d'orientation relative qui permettent d'obtenir un modèle stéréoscopique et une correspondance précise coordonnées image-terrain.

Les précisions planimétriques obtenues pour le calage des couples et pour la saisie photogrammétrique des détails sont d'environ 10 mètres à partir de couples panchromatiques, ce qui est compatible avec les cartographies aux échelles inférieures ou égales au 1/50 000. Pour l'altimétrie, la précision de détermination des points cotés varie en fonction du mode spectral, du rapport B/H et de la nature du sol. En mode panchromatique et avec un B/H proche de 1, cette précision est voisine de 8 mètres.

Ceci permet de restituer les courbes de niveau avec une équidistance de 20 ou 40 mètres suivant le relief (fig.5).

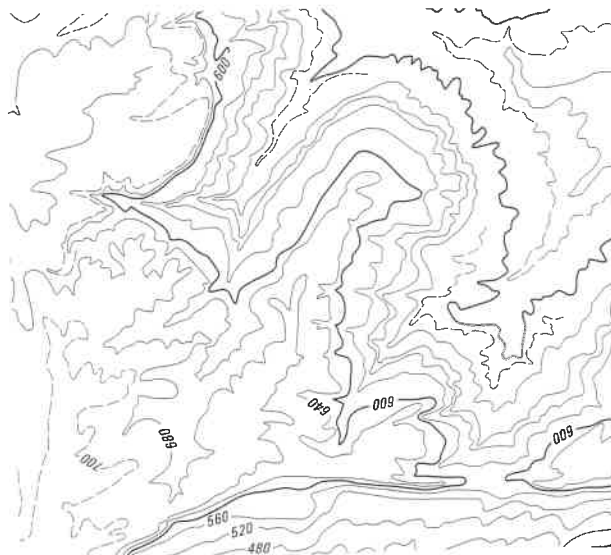


Fig. 5 : Courbes de niveau obtenues par restitution photogrammétrique Spot.

3.3.2. Aspects sémantiques :

L'objectif de l'opérateur photogrammètre est d'identifier et de saisir les détails à caractère topographique. Le contenu et la qualité du produit final dépendra en grande partie de sa compétence et de son expérience dans le domaine des très petites échelles, car l'opérateur observe le modèle stéréoscopique à l'échelle du 1/35 000 (grossissement facteur 10 des films SPOT).

Les qualités du photointerprète seront complétées, si possible, par une bonne connaissance du terrain car les possibilités d'identification des détails varient énormément en fonction de la densité et de la complexité du paysage.

Les éléments linéaires sont souvent clairement visibles, mais leur classification est délicate. Des détails de natures différentes apparaissent souvent sous la même forme sur l'image et leur importance dépend plus du contraste avec le fond local que de leur taille au sol. Ainsi certains chemins empierrés situés au sein de zones de végétation peuvent apparaître plus clairement que des routes bitumées voisines.

Les éléments surfaciques tels que forêts ou plans d'eau sont facilement identifiables; les limites d'extension des villes et des villages sont visibles.

Quant à l'habitat dispersé, seules les grandes constructions sont distinguées.

Le pourcentage des détails à cartographier identifiables avec Spot varie suivant la complexité du paysage, mais dans tous les cas le complètement terrain sera égal ou plus lourd qu'en photogrammétrie aérienne.

Une solution pour diminuer les travaux de complètement peut être de consulter d'autres documents tels que images satellite multispectrales ou photographies aériennes au cours de la saisie.

En conclusion les différentes évaluations [4] [5] du contenu sémantique de la restitution confirment l'apport des images Spot, mais aussi ses limites pour l'obtention de cartes régulières au 1/50 000 dans des zones denses et complexes.

3.4. Extraction automatique numérique:

Le temps de saisie (courbes de niveau et planimétrie) par un opérateur sur appareil analytique varie en fonction du relief et de la densité urbaine. Il peut atteindre plusieurs centaines d'heures pour un couple stéréoscopique couvrant 3 à 4000 km². Ces délais importants et le caractère subjectif de la saisie humaine s'opposent à une production massive et industrielle de documents cartographiques. Aussi, parallèlement à la filière photogrammétrique, l'automatisation de l'extraction des données cartographiques a fait l'objet de plusieurs études dans le monde entier.

3.4.1 Génération automatisée du relief:

Les premiers résultats probants ont été obtenus pour la restitution du relief sous forme de Modèles Numériques de Terrain. Issue de la recherche scientifique, la société française ISTAR a développé des outils informatiques spécifiques et a produit à ce jour une soixantaine de MNT couvrant environ 200 000 kilomètres carrés; ceci selon une méthode en deux phases [6]:

- mise en correspondance des 2 images et création d'une image de disparité,
- calibration à l'aide des paramètres de vol du satellite (éphémérides et données d'attitude: roulis, lacet et tangage) et des points d'appuis. Le résultat est une image matricielle du relief dans un système de projection choisi (photo n°6).



Photo n° 6 : Modèle Numérique de Terrain Panchro — Scène entière.

Précisions obtenues, basées sur le calcul de 20 MNT dans les conditions suivantes:

Points d'appuis extraits de cartes au 1/50 000, B/H = 0.75, différences de date de prise de vues inférieures à 10 jours sans variation climatique, relief modéré, bonne qualité radiométrique,

	mode panchromatique	mode multispectral
emq XY	12 m	18 m
emq Z	9 m	13 m

3.4.2 Extraction automatisée de la planimétrie:

Les recherches basées sur la reconnaissance de formes sont menées actuellement pour extraire de manière automatique les structures planimétriques importantes (réseaux principaux, contours d'éléments surfaciques tels que plans d'eau et forêts). Pour l'instant ces techniques doivent être complétées par l'interprétation manuelle de nombreux détails.

Grace à la disposition d'ordinateurs toujours plus puissants, l'on peut prévoir que ces procédés "tout numérique" deviendront plus performants et plus rentables.

3.5. Edition des produits cartographiques Spot :

Les images Spot permettent l'élaboration de différents produits à caractère cartographique :

3.5.1. Cartes régulières au trait :

Ces documents sont issus de la restitution photogrammétrique altimétrique et planimétrique, suivie d'un complètement au sol destiné à ajouter les éléments non identifiables sur les images.

La facture cartographique est semblable à la traditionnelle excepté quelques changements dûs au caractère numérique de la chaîne de production.

L'image Spot peut également être utilisée pour mettre à jour des cartes existantes, en particulier pour actualiser l'occupation du sol.

3.5.2. Ortho-images et Spatiocartes :

Les ortho-images sont des images corrigées de toutes les déformations géométriques dues aux conditions de prise de vue et au relief du terrain.

Pour réaliser ces produits, les images subissent :

- des corrections géométriques : élimination des déformations dues au relief à l'aide du MNT dérivé de la saisie photogrammétrique ou obtenu par corrélation automatique,

- un mosaïquage des scènes et redécoupage en fonction du format des planches définitives,
- des corrections radiométriques pour améliorer la lisibilité de l'image : filtre, traitement couleurs naturelles...

Ces ortho-images peuvent être complétées par des informations vectorielles incrustées telles que carroyage, courbes de niveau, toponymie... en fonction de leur utilisation ultérieure.

Ces produits, appelés spatiocartes, peuvent donc aller de la simple ortho-image non renseignée à une carte régulière au trait sur fond d'image. Ils permettent d'éviter de lourds travaux de saisie planimétrique tout en conservant la richesse d'information de l'image, principalement dans le domaine de l'occupation du sol.

3.5.3. Modèles Numériques de Terrain :

Les données altimétriques numériques, quelque soit leur mode d'acquisition, peuvent être présentées sous forme de grilles régulières, images hypsométriques, courbes de niveau et points caractéristiques, profils. Toutes ces représentations peuvent être produites à très faible coût à partir du MNT initial.

3.5.4 Produits dérivés :

A l'aide du MNT et de l'ortho-image associée, de nombreux produits spécifiques peuvent être réalisés tels que :

- vue perspective (photo n°7) pour projet d'aménagement, étude géologique ou étude d'impact,
- carte des pentes, des ruissellements ou d'ensoleillement,
- séquences animées de vues perspectives pour simulation de vol par exemple.



Photo n° 7 : MNT & ORTHOPHOTO P : Vue 3D, la cote de Marseille à Bandol.

4. ASPECTS ECONOMIQUES :

Après la description des techniques et des résultats, nous abordons l'approche économique comparative de l'utilisation de l'imagerie Spot et des photographies aériennes, en termes de coût et de délais.

La première comparaison concerne l'élaboration d'un produit traditionnel: la carte topographique régulière au 1/50 000 avec comme hypothèses le cas d'une planche isolée et le cas d'un grand bloc (120 scènes couvrant 200 000 km²).

Les sources de données sont respectivement une prise de vues aérienne à l'échelle du 1/80 000 et des images panchromatiques Spot.

Le tableau synthétique ci-dessous, basé sur des chantiers récents ou en cours de réalisation, établit une comparaison phase par phase des coûts de production.

Tableau n° 8

Phase	PLANCHE ISOLEE		GRAND BLOC		P. Aéro / P. Spot	% Coût total	Observations
	Aérienne	Spot	Aérienne	Spot			
Acquisition des données	mobilisation de l'avion + prise de vues: 18 kF/pl	programmation + achat de 2 scènes P. soit 28 kF	mobilisation de l'avion + prise de vues: 16 kF/pl	1/2 scène/planche soit 7 kF	1 à 3	10 %	Avantage Spot: -pas de restriction, ni délai d'autorisation de vol -pas de mise en place de l'avion Avantage Aéro: -plus souple
Canevas	12 couples environ: 8 points XYZ 4 points Z soit 12 points	6 à 8 points	1700 couples environ: 100 points XYZ 220 points Z soit 320 points	60 points XYZ	2 à 6	20%	Avantage Spot: -délais plus courts
Restitution	aérotriangulation 12 c. mise en place 12 c. restitution alti + plani	mise en place 1 couple restitution alti + plani	aérotriangul. 1700 c. mise en place 1700 c. Restitution alti + plani	spatiotriangul. 120 c. mise en place 120 c. Restitution alti + plani	2 à 3	25%	-coût d'un passage d'un couple: Aéro=Spatio -rendement de la restitution Spot légèrement >
Complètement					0.5 à 1	25 %	dépend du type de paysage, mais plus lourd avec Spot
Edition					1	20 %	pour carte régulière au trait, phase identique

Prenant en compte le poids de chaque phase dans le processus complet, le rapport final Coût Aérienne / Coût Spot est d'environ 1.8. Ce chiffre, en accord avec les évaluations des travaux IGN [7], est évidemment à moduler en fonction de nombreux facteurs dont le plus important est le type de paysage à lever. En effet l'utilisation de Spot permet de réaliser des économies plus importantes dans des régions peu développées (zones arides ou semi-désertiques) que dans des pays tempérés et développés où les travaux de complèment sont pénalisants.

L'imagerie Spot et les nouvelles techniques numériques nous permettent d'obtenir toute une gamme de produits moins traditionnels que la carte au trait mais pouvant être très performants et très économiques.

Ainsi une ortho-image et son MNT associé couvrant quatre coupures au 1/50 000 peuvent être réalisés, par corrélation et traitement d'images, pour un coût d'environ 120 000.F soit 30 000.F par planche; ce prix inclut l'acquisition des scènes mais pas de travaux terrain.

Ce type de documents demande certes une approche différente de l'utilisateur, mais coûtant de 5 à 10 fois moins cher que la carte régulière, il s'adapte mieux aux financements susceptibles d'être consacrés aux travaux cartographiques par les pays non encore couverts.

Quant aux délais, les gains sont également très importants, une spatiocarte pouvant se réaliser dans les trois mois suivant la programmation du satellite si les conditions climatiques sont favorables. Ce délai est habituellement à l'export de l'ordre de 12 mois par des moyens traditionnels, pénalisés par la mise en place de l'avion et l'obtention des autorisations de vol.

5. CONCLUSION :

Quatre ans après le lancement de Spot 1, son intérêt comme source de données pour la cartographie topographique est confirmé. Ses images constituent une alternative aux photographies aériennes pour la réalisation de cartes aux échelles égales ou inférieures au 1/50 000, avec toutefois quelques limitations du contenu sémantique dans les régions à paysage dense et complexe.

Mais l'apport de l'imagerie Spot ne se limite pas à l'établissement ou l'entretien des cartes régulières traditionnelles.

Actuellement nous constatons que le caractère numérique des informations géographiques à toutes échelles entraîne des changements dans la présentation des documents cartographiques. Avec le développement des Systèmes d'Informations Géographiques, des banques de données cartographiques et les progrès de l'édition graphique, l'utilisateur pourra créer, éditer ses propres cartes spécifiques et désirera les mettre à jour régulièrement.

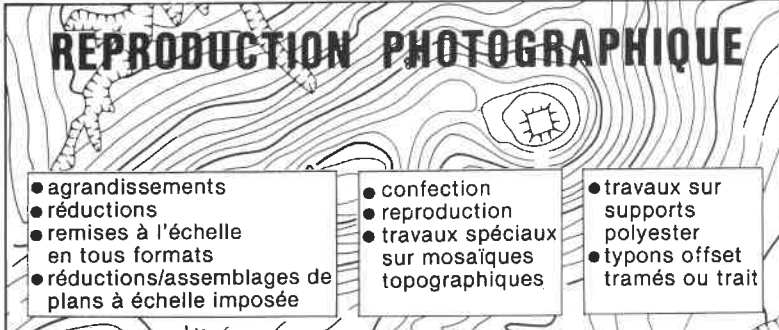
Dans ce contexte, la gamme de produits numériques Spot, par sa diversité et sa qualité, trouvera place dans de nombreux domaines d'application tels que l'aménagement de grands projets, la géologie ou les télécommunications.

Bibliographie:

- [1] AJ Brandenberger - Gosh SK "The worlds topographic and cadastral mapping operation" PE&RS n°51 - 1985
- [2] Ph Munier "Spécifications des produits films de niveau AP" 07/89
- [3] I Veillet (IGN) "Triangulation Spatiale d'un bloc d'images Spot" ADEF, Bulletin IGN n°57, sept 89
- [4] G Guillouet - P Denis (IGN) "Evaluation de la restitution photogrammétrique" ADEF, Bulletin IGN n°57 sept 89
- [5] IJ Dowman, "Mapping from satellite data: the state of the art", Survey and Mapping 89, Univesity of Warwick, 1989
- [6] L Renouard (ISTAR) "Création automatique de MNT à partir de couples d'images Spot" Spot1, coll. Paris 1987
- [7] A Jaloux (IGN), "Contribution des images Spot à la cartographie topographique", Spot1, coll. Paris 1987

REPERTOIRE DES ANNONCEURS - N° 43-44

C.I.I.C. Centre D'information de l'industrie cimentière, coupon-réponse	2 ^e CV
WILD + LEITZ FRANCE	4
NIKON	8
SEDASIS	17
SERCEL	20
SLOM	25-46
CARL ZEISS	28
CNIG	32
EURECART	33
MESURES ET SYSTEMES	34
LART	42-92
A.P.E.I.	43
SETAM INFORMATIQUE, coupon-réponse	44
GEOTRONICS, coupon-réponse	45
SLOM	46
JS INFO, coupon-réponse	47
LE PONT EQUIPEMENTS	48
ESIC	49
GEOMETRI INFORMATIQUE, coupon-réponse	50
BORNES ET BALISES	52
DIAL INFORMATIQUE	68
AFT LIVRE J.-J. LEVALLOIS	72
LART	92
C.R.M. COMPAGNIE RADIO-MARITIME	3 ^e C
TOPO CENTER	4 ^e C



REPRODUCTION PHOTOGRAPHIQUE

- agrandissements
- réductions
- remises à l'échelle en tous formats
- réductions/assemblages de plans à échelle imposée

- confection
- reproduction
- travaux spéciaux sur mosaïques topographiques

- travaux sur supports polyester
- typons offset tramés ou trait

HAUTE PRECISION




PHOTO-REPROGRAPHIE PHOTO-CARTOGRAPHIE

LES APPLICATIONS DE LA REPRODUCTION TECHNIQUE

5, rue de la Véga
75012 PARIS

(1) 43.47.15.92

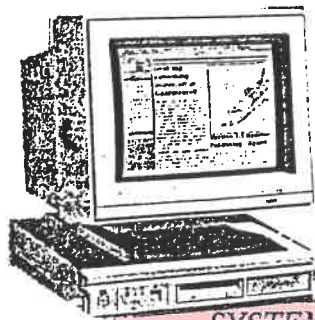
PRISES DE VUES AERIENNES



AVIONS RAPIDES
COUVERTURE
EUROPEENNE
2 EQUIPAGES :
365 JOURS SUR 365
MATÉRIEL FMC

A D R E S S E

APEI
Aérodrome de Moulins
03400 YZEURE
Tél. **70 20 63 67**
Téléc : 980 882 - Fax : 70 20 04 87



SETAM Informatique

2, rue du Square Jean.Gibert-78114 - Magny-les-Hameaux

Au service des géomètres depuis 1973

☎ 16 (1) 30 52 23 82 + 30 52 40 49 Télécopie 16(1)30 52 11 25

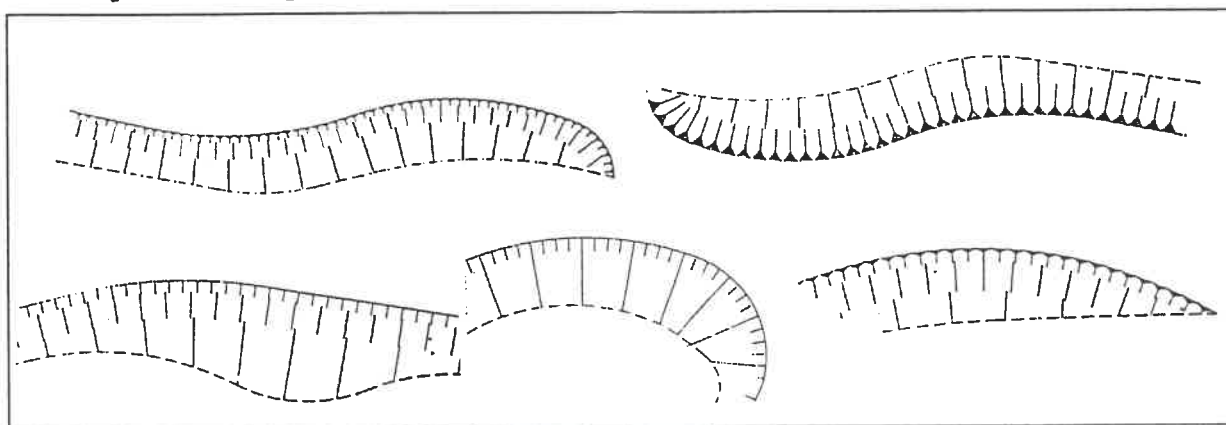
Organisme de formation agréé

SPECIALISE AUTOCAD Conseils-Assistance-Formation
SYSTEMES CLES EN MAIN sur P.C. et Multipostes(réseau NOVELL)

Développement spécifique EN AUTOLISP sur devis

TOPOLISP = Utilisation d'Autocad dans un environnement "Topo" (travaille sur les numéros de points) : Commandes nouvelles de construction géométrique - Calculs automatiques de points et de superficies. (lotiss. et projets) - Cotations automatiques, tableaux de coordonnées avec éléments d'implantations - Dessin de profils en long/travers - Talus cartographiques/topographiques - Cadre, carroyage et coordonnées. Interpolation de courbes de niveau. - Plans d'intérieurs et héberges. Lien avec Dbase - Non Chevauchement des écritures - Accélérateur en mode d'accrochage

GEOSET - Traitement de carnets électroniques. - Calculs topométriques de base. Report de points sur imprimante. - Report de points sur table traçante. - Digitalisation.-.



AUTODESK

FORMATION AUTOCAD EN TOPOGRAPHIE

PRIX A LA JOURNEE

Pour 1 - 2 ou 3 personnes maximum.

Configuration pour Petits Moyens et Grands Cabinets

A retourner à SETAM Informatique
Monsieur FORLANI
2, rue du Square Jean Gibert
78114 MAGNY LES HAMEAUX

Demande de renseignement sans engagement de ma part:

Nom : Tél :

Adresse :

Responsable :

UNE PREMIERE MONDIALE!

GEODIMETER 460

WISE POUR VOUS

*il vous suffit
de déterminer les points et
l'ASSERVISSEMENT AUTOMATIQUE
fera le reste*

Une fois que vous aurez essayé le nouveau Geodimeter 460, vous n'aurez plus envie d'effectuer des visées angulaires manuellement avec votre station complète !

Traditionnellement, la visée et le fin calage d'un instrument sont les manipulations les plus longues à effectuer de tout le cycle de mesure.

La manipulation des vis de pointée a été remplacée sur le Geodimeter 460 par des servomoteurs grâce auxquels vous pouvez travailler dans de meilleures conditions de confort et avec plus de rapidité.

Il vous suffit désormais d'indiquer le numéro de point pour que l'instrument le vise automatiquement avec la même précision qu'un appareil manuel.

Cette précision allie une très grande rapidité, de sorte que vous aurez par exemple en implantation, la possibilité de travailler avec deux porte-prismes en parallèle.

Un autre atout très important : la recherche automatique par l'instrument d'une série de prismes en polygonation avec un affichage des écarts éventuels entre les positions de cercle face I et face II.

De plus, le Geodimeter 460 peut être équipé d'une mémoire interne de 128 K qui vous permet de stocker 3.600 points.

Le Geodimeter 460 vous apportera les caractéristiques classiques d'une station complète série 400 avec en plus des avantages incontestables au niveau rendement et confort d'utilisation.

DECouvrir 48 48 87

COUPON A RETOURNER A GEOTRONICS



Geotronics SA, Parc d'Activités "Les Portes de la Forêt"
Allée du Clos des Charmes, 77090 COLLEGIEN
Téléphone, (1) 60 06 13 14, Téléfax (1) 60 17 40 56
Telex 69 30 99 geodata

M. Société Adresse

Tél. souhaite ☐ UNE DEMONSTRATION
☐ UNE DOCUMENTATION
DU GEODIMETER 460

LA TECHNOLOGIE DE **L'EXTRÊME**



CLICHÉ TOPO-FRANCE BOURGOIN-JALLIEU
NORVEGE - LATITUDE DU CERCLE POLAIRE

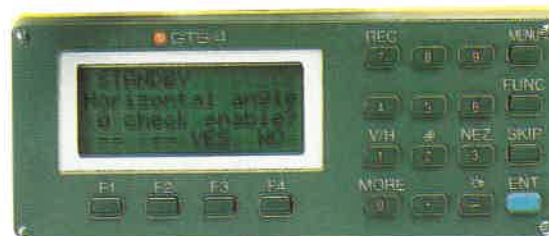
GTS-4

- Portée avec 1 prisme : 2.000 m.
- Précision
Distances : $\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$.
Angles : 2 cc.
- Écart type : 5 cc (selon norme DIN 18723).
- Programmes de calculs intégrés.

GTS-4 B

- Portée avec 1 prisme : 1.400 m.
- Précision :
Distances : $\pm (3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm})$.
Angles : 10 cc.
- Écart type 15 cc (selon norme DIN 18723)
- Programmes de calculs intégrés.

2 ÉCRANS A 4 LIGNES D'AFFICHAGE.



MENU SÉQUENTIEL A L'ÉCRAN

QUAND LA PRÉCISION S'IMPOSE



A LA MESURE DES DIMENSIONS DU GRAND RADIOTELESCOPE DE NANÇAY

par Y. OMNES, directeur Développement - Diversification, Société ESIC

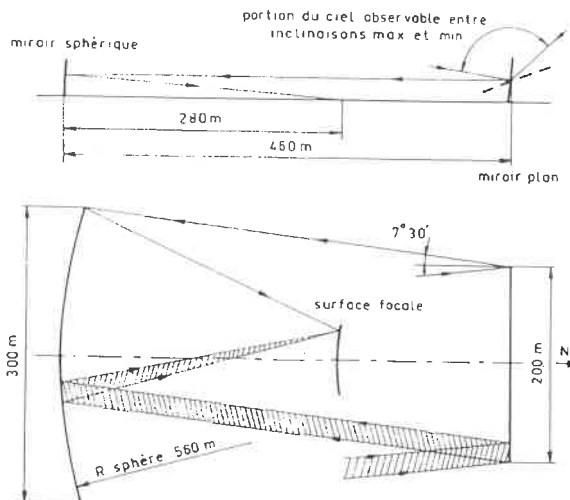
1. L'INSTRUMENT

Le grand radiotélescope de la station de Radioastronomie de Nançay est un instrument très spectaculaire, il est l'un des plus grands du monde par ses dimensions.

Construit en 1964 par la Compagnie Française d'Entreprises, cet instrument est un outil remarquable au service des équipes de chercheurs radio-astronomes français et étrangers.

Il se compose de deux surfaces réfléchissantes recouvertes de grillage en regard l'une de l'autre. La première, au nord, est un miroir plan mobile autour d'un axe horizontal qui renvoie les ondes radioélectriques venues du ciel sur un autre miroir concave fixe situé au sud. Celui-ci concentre le rayonnement reçu vers un foyer où se déplace un chariot porteur de cornets collecteurs et de récepteurs.

En donnant au miroir plan une inclinaison convenable, on peut alors recevoir le rayonnement de régions bien localisées dans le ciel.



2. LES BESOINS DE MESURE

L'une des exigences essentielles de cet instrument concerne la géométrie des antennes. Désireux de faire connaître exactement l'état actuel de cette géométrie, la station de Radioastronomie de Nançay a chargé la Société ESIC d'effectuer les mesures.

Ces dernières ont consisté à déterminer :

- les défauts de surface par mesure d'une tranche de chaque miroir respectivement 40 × 40 m et 60 × 35 m sur les miroirs plan et concave,
- la déformation de la zone sélectionnée du miroir plan à deux inclinaisons différentes,
- les défauts de forme d'ensemble de chaque miroir,
- la position relative de chaque miroir et du foyer.

L'incertitude de mesure sur chaque antenne est inférieure à 1,5 mm, tandis que celle concernant la position relative (rattachement) est de 2,5 mm.

3. LES MOYENS ET SOLUTIONS

Ce projet a nécessité la mise en œuvre des techniques topographiques et photogrammétriques.

3.1. Défauts de surface

La mesure des défauts de surface a été réalisée par photogrammétrie à vues convergentes à multi-expositions. La séquence suivie a été la suivante :

- Simulation numérique interactive pour optimiser au préalable les conditions opératoires conduisant à la qualité spécifiée de mesure. La simulation donne les incertitudes de mesure a priori pour une configuration de prises de vues, elle indique les conditions de réglage de la chambre de prises de vues.
- Pose de cibles rétro-réfléchissantes : 850 sur miroir concave et 550 sur miroir plan.

- Prises de vues à l'aide d'une chambre métrique de grand format (23 × 23 cm).

La prise de vues a été effectuée au flash, l'opérateur et la chambre de prises de vues étaient embarqués dans une nacelle sous une grue.

Remarquons que les prises de vues les plus hautes ont été faites à 57 m du sol et à une distance moyenne de la scène de plus de 70 m.

- Développement des films (sur le site).
- Lecture des films sur monocomparateur et calcul en bloc par méthode de compensation de faisceaux avec autocalibration simultanée de la chambre de prise de vues.
- Analyse et représentation graphique.

Il faut signaler que l'acquisition des mesures a été rapide (de l'ordre d'une heure pour chaque antenne) et qu'elle a été effectuée dans des conditions météorologiques propices à une bonne stabilité thermique donc dimensionnelle des miroirs.

3.2. Défauts de forme d'ensemble

Sur chaque miroir, environ 150 cibles étaient réparties sur l'ensemble de la surface ; ces cibles inaltérables avaient été développées spécialement par ESIC à cette occasion.

Ces cibles ont été observées par théodolites numériques de précision (T3000), les indications angulaires ont été saisies sur carnet électronique de terrain. Pour couvrir chaque miroir, neuf stations ont été nécessaires. Les positions de stations ont été relevées de manière très approchée dans un référentiel commun.

D'ailleurs, la position de ces stations théodolites a été optimisée au préalable, c'est-à-dire choisie pour donner la qualité de mesure voulue avec le nombre de stations nécessaire et suffisant.

A l'issue des observations, les données angulaires (H et V) ont été traitées par un logiciel de compensation de faisceaux qui traite en bloc tous les points et toutes les stations. Ce logiciel décline du logiciel de photogrammétrie utilisé pour le relevé par photogrammétrie.

3.3. Position relative des antennes

Le canevas de base a été complété par de nouveaux piliers. La géodésie de surface (triangulation, nivellement de précision) a été réalisée à l'aide d'instruments de haute précision :

- théodolites numériques T2000 - T3000
- distancemètre de précision DI2000
- niveaux optiques de haute précision N3.

L'ensemble des observations a été traité en bloc.

4. LES RESULTATS

D'une manière générale, les incertitudes de mesures obtenues sont meilleures que celles qui avaient été spécifiées. Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

• Géométrie des miroirs

Valeur quadratique moyenne - en unités millimètre

	X	Y	Z
• Photogrammétrie (zone sur chaque miroir)	0.7	0.3	0.3
• Théodolites (ensemble de chaque miroir)	0.8	0.4	0.5

Légende : X : normale à miroir

Y,Z : dans le plan du miroir

L'ensemble des résultats présente une homogénéité et une cohérence remarquable.

• Géodésie

Le rayon moyen d'indécision global est de 0,4 mm.

Cette opération illustre les possibilités de ces outils qui trouvent leur place dans des activités industrielles d'assistance à la construction, de contrôle de conformité ou d'inspection en service.

ESIC

Prestation de Services - Assistance Technique - Développement - Formation
Terre-plein des Mielles
50110 TOURLAVILLE - Tél. : 33.22.09.99

PLANICAD[®]

MODULES POUR AUTOCAD[®]

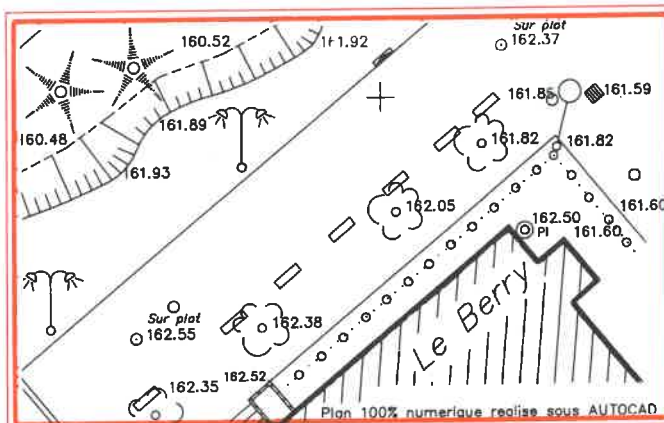
AUTOCAD = Leader mondial de la CAO-DAO sur micro-ordinateur
 AUTOCAD + PLANICAD = Le must du DAO pour plans topographiques 100% numeriques

GEOMETRES-EXPERTS
TOPOGRAPHES
BUREAU D'ETUDES
ADMINISTRATIONS
SERVICES TECHNIQUES
TRAVAUX PUBLICS
LYCEES TECHNIQUES
ECOLE D'INGENIEURS
ARCHITECTES

AUTOCAD

BLOCS
 COTATION
 ECRAN
 DESSIN
 EDITION
 RENSEIGN
 PLAN
 MODES
 TRACEUR
 SCU
 UTILIT

3 D
 SAUVEGRD



PLANICAD

NUM-2D
 SAUV-PTS
 NUM-3D
 ROT-ALTI
 ECH-ALTI
 ECH-NUM

TALUS
 CADRE
 COTAT-PT
 COTAT-S

DESSIN
 EDITION

CHARGEMENT AUTOMATIQUE DE POINTS (N X Y Z et symboles)
ROTATION des ALTITUDES (Selective ou generale)
ECHELLE des ALTITUDES et NUMEROS modifiable
Dessin du CADRE et CARROYAGE automatique
LIAISONS par les numeros des points du leve
SAUVEGARDE (N X Y) des points crees
COTATION automatique des distances
Dessin des TALUS automatique

Nouveau PLANICAD disponible pour AUTOCAD Version 10 anglaise

PROFIL EN LONG

2

ECHELLE DES LONGUEURS : 1/ 500
 ECHELLE DES HAUTEURS : 1/ 50

PLAN DE COMPARAISON 49 m

NUMEROS DES PROFILS EN TRAVERS	1	2	3	4	5	6
ALTITUDES DU TERRAIN NATUREL	90.74	95.05	91.80	92.02	95.81	95.19
ALTITUDES DU PROJET						
DISTANCES PARTIELLES	8.88	13.34	4.70	8.44	18.03	10.03
DISTANCES CUMULEES	0.00	8.88	22.22	30.66	48.69	58.72
(Lignes parametrables)						

PROFIL EN LONG realise sous AUTOCAD + PLANICAD avec saisie directe a l'ecran de la trace des profils dans la vue en plan

Textes du cartouche parametrables
 Temps d'execution de l'exemple avec un 386/20
 5 minutes entre la saisie de la trace et la visualisation a l'ecran du profil demande.

PROFILCAD : Profils en long et en travers a partir de la vue en plan.
 Applications pour profils en long de lignes electriques.

PLANICAD marque deposee de la societe GEOMETRI

CONSEILS-INSTALLATION-ASSISTANCE-FORMATION

SOCIETE : _____ Tel: _____
 ADRESSE : _____
 NOM : _____
☐ Je desire recevoir une documentation
☐ Je desire que vous preniez contact avec notre Societe par telephone

COUPON A RETOURNER A



GEOMETRI
Informatique

5 Av. de St-Donat
 26100 ROMANS-tel: 75.05.22.30



LA FORMATION DU GEOMETRE-TOPOGRAPHE

1993 ET L'OUVERTURE DES FRONTIERES DE L'EUROPE

Alain BOURCY
Secrétaire Général du Comité de Liaison
des Géomètres Européens

Cette séance a attiré dans l'amphithéâtre de très nombreux étudiants et jeunes professionnels ; les questions furent nombreuses suite aux exposés de **MM. de PREESTER** et **J. de GRAEVE**.

Monsieur **de PREESTER**, Inspecteur Général de l'Education Nationale, exposera l'état de l'évolution de l'enseignement en **FRANCE** ; il précise que les travaux qui ont débutés voici bientôt 30 ans sont sur le point d'aboutir et que le Ministère de l'Education Nationale devrait pour la rentrée 1990 avoir sorti son projet, car il y a urgence pour ne pas décourager et décevoir la jeunesse qui s'interroge sur son devenir.

L'idée essentielle de cette réforme est d'aboutir pour le géomètre-topographe au titre d'ingénieur pour faciliter l'assimilation avec les titres de nos voisins européens, mais encore de mettre en place toutes les passerelles nécessaires pour que ceux qui s'en sentent la force puissent suivre tout le cursus à partir de chaque niveau de formation.

L'examen préliminaire disparaissant au profit d'un **BTS** donnant un titre de technicien enfin reconnu.

Cette réforme est urgente, souhaitons qu'elle aboutisse.

Le second intervenant, **J. de GRAEVE**, Président de l'Union des Géomètres Belges, exposera les problèmes posés par l'ouverture des frontières de l'Europe en 1993.

Il nous dira que la Belgique n'a pas attendu pour être une terre d'accueil et qu'elle a su recevoir ses voisins du Nord et de l'Est, du Sud et de la péninsule ibérique depuis des siècles ; mais après cette boutade il nous dira l'espoir immense d'une Europe unie dans une paix enfin mieux assise et que si « l'Europe des marchands » avance avec les heurts que nous constatons, la véritable Europe ne peut se faire sans la participation des « esprits » et que le géomètre-topographe, comme les autres professionnels, a son rôle à jouer, qu'il est nécessaire de tirer la formation vers le haut et que dans la compétition qui s'ouvre, ce seront les meilleurs qui gagneront.

Malgré la mise en place de la directive de reconnaissance mutuelle des diplômes d'enseignement supérieur (**dite bac + 3**) qui planifie sur un niveau relativement bas, il convient de maintenir à la formation française son caractère de qualité.

La réaction de la salle et plus particulièrement des étudiants a montré que cette exigence était bien leur souci essentiel.

La mesure de la terre et son aménagement sont choses trop sérieuses pour être confiées à des hommes insuffisamment formés.

Le géomètre-topographe est un homme de qualité et doit le rester dans la compétition qui s'ouvre pour que l'homme vive heureux.

BORNES & BALISES

B. P. 14 - Zone Industrielle
17290 AIGREFEUILLE d'AUNIS
Tél. : (46) 35-54-00

Une nouvelle technique révolutionnaire de bornage :

le système BISS de BORNES et BALISES, le complément indispensable d'un plan de récolement

Le système BISS de BORNES et BALISES est une technique révolutionnaire de matérialisation d'un point géométrique couplé à un mode de localisation permanent et précis au centimètre près.

PRINCIPE

Il est composé de deux éléments : le premier, actif, est un émetteur récepteur radio calé sur deux fréquences prédéterminées — l'une, d'émission, l'autre de réception — (Sondeur 2B SENSOR) ; le deuxième, passif, dénommé "BORA" (borne radio).

Son principe correspond à une antenne qui renvoie sous un code précis le signal émis par l'émetteur 2B SENSOR.

AVANTAGES

Depuis de nombreuses années, l'évolution des engins agricoles et de travaux publics ont rendu les bornes de plus en plus vulnérables. Grâce au système BISS, on peut raisonnablement concevoir aujourd'hui que chaque borne implantée permettra d'être conservée dans le temps et, par conséquent, amènera une économie importante dans la recherche de ces points.

En effet, par ses caractéristiques, le système BISS apporte les avantages suivants :

- durée de vie illimitée de la borne (élément passif sans énergie) ;
- pose et manutention ultra-rapides (poids de la borne : 50 g ; longueur : 11,5 cm ; diamètre : 2 cm) ;
- facilité de recherche du point grâce à sa personnalisation ;
- localisation unique sans interférence (aucun écran d'arrêt tel que béton armé, plaque de fer, pierres, eau, etc...) ;
- rétablissement du point avec une précision à la verticale d'environ 2 cm.



A gauche :
Repère topographique
de réseau.

A droite :
Borne radio
"BORA".

Au centre :
Émetteur-récepteur
"2B SENSOR".

APPLICATIONS

Les performances de cette nouvelle technique de bornage ont amené la Société BORNES et BALISES à affecter des fréquences d'utilisation en accord avec les Administrations concernées :

- 25 Khz : IGN, Cadastres, bornes géodésiques, bornes de triangulation.
- 33 Khz : bornes foncières contrôlées par l'Ordre des Géomètres-Experts.
- 40 Khz : repère topographique affecté pour les repères de drainage, d'adduction d'eau et d'assainissement.

Le système BISS de BORNES et BALISES devient donc un outil indispensable dans le cadre des Banques de Données Urbaines et des nouvelles structures d'aménagement rural.



Détermination de verticalité
d'un point avec émetteur-
récepteur 2B SENSOR.

Tous les topographes savent que la réalisation d'un plan de récolement nécessite en complément un balisage des points singuliers définis par rapport à la topographie des lieux. Au fur et à mesure des années, cette topographie peut changer et il devient plus compliqué pour les utilisateurs qui recherchent ces points, de les redéfinir.

Grâce au système BISS, le gain de temps dans la recherche va donc être considérablement augmenté ou accru et il apportera une économie extrêmement intéressante, en particulier, dans le cadre de la recherche de réseaux.

L'ensemble des Administrations concernées a déjà implanté 10 000 points en FRANCE et les tests de recherche réalisés ont amené ces Administrations à homologuer définitivement ce système.

LA FORMATION DES GEOMETRES ET TOPOGRAPHES FACE A L'ESPACE TOPOGRAPHIQUE EUROPEEN



Roger de PREESTER
Inspecteur Général de l'Éducation Nationale

1. Introduction

Formation en topographie, évolution de l'enseignement, comparaison des formations, équivalence des diplômes, vaste programme pour cet exposé. Avant de commencer il me semble intéressant de préciser chaque thème et de souligner les interdépendances qui les lient.

En France, les formations ont le qualificatif de Géomètre et de Topographe. La topographie est considérée comme discipline d'enseignement. Au lieu de dire Formation en Topographie je dirai donc Formation des Géomètres et Topographes.

Abordons, dans cet exposé liminaire les thèmes les uns après les autres.

1.1. Formation des Géomètres et Topographes

Lorsque l'on parle de formation deux questions se posent :

- pour faire "quoi" ?
- dans quel contexte ?

La raison d'être d'une formation est de munir celui que l'on forme d'une compétence professionnelle qui lui permette d'assumer, dans la vie active, les tâches pour lesquelles il a été formé et lui permettre une évolution, soit dans la poursuite d'étude, soit dans la vie professionnelle, grâce à la Formation continue (fig. 1).

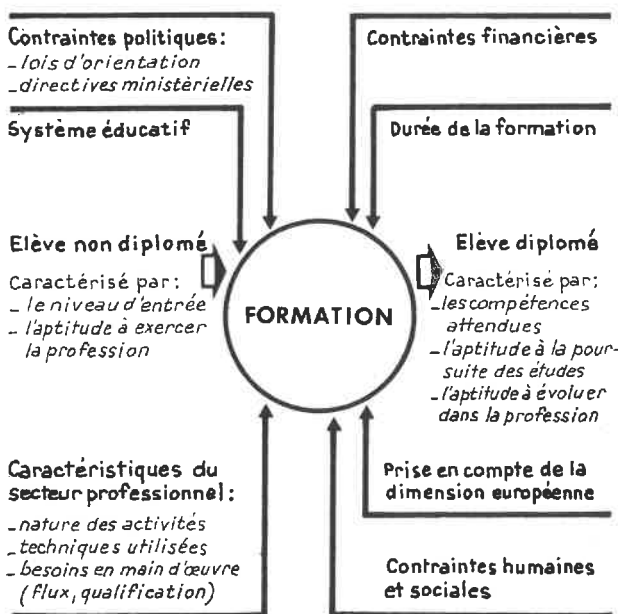


Fig.1

Le contexte, c'est l'ensemble des données, des contraintes qui sont à prendre en compte lorsque l'on élabore une formation (fig. 1). Elles sont caractéristiques d'un pays et sont difficilement transposables. Ce sont entre autres :

- la nature du système éducatif
- le mode de délivrance des diplômes
- les décisions politiques (loi d'orientation, directives ministérielles...)
- les caractéristiques du secteur considéré :
 - nature des activités
 - techniques utilisées
 - besoin en main d'œuvre (flux, niveau de qualification)
- les contraintes financières
- les caractéristiques humaines, sociales de l'environnement national
- la prise en compte de la dimension internationale.

1.2. Evolution de l'enseignement

Lorsque l'on modifie l'enseignement, on change la formation. Il est facile de comprendre que la modification de l'une quelconque des données, des contraintes prises en compte entraîne une remise en cause de l'enseignement. Lorsque les contraintes sont relativement peu changées on actualise sinon il faut restructurer les formations (nouveaux programmes, nouvelles durées, nouveaux diplômes...).

La prise en compte de la dimension européenne entraîne inévitablement l'évolution des formations.

1.3. Comparaison des formations

Que signifie comparer ? Le "Petit Robert" dit que comparer, c'est examiner les rapports de ressemblance, de différence. Examiner ne peut se faire sans observer et l'observation n'est efficace que si elle est dirigée si son but est connu.

Pour les formations de Géomètres et Topographes, nous pourrions prendre comme but la comparaison les programmes, la durée des études, la qualité des formés, mais cela n'est guère possible ni efficace car les contraintes sont très différentes d'un état à l'autre. La comparaison doit partir d'un but plus large. La confrontation des programmes ou des durées d'étude ne seront que des travaux induits par le but fixé. Ils fourniront des éléments qui permettront de tirer des conclusions, de faire évoluer nos formations.

Dans cet exposé, le but de la comparaison est le suivant : nos formations actuelles permettront-elles à nos

diplômés, en 1993, lorsque la libre circulation des biens, des personnes et des services sera effective, d'affronter avec le minimum de chances la concurrence qui s'exercera tant sur le marché national qu'europpéen ?

1.4. L'équivalence des diplômes

Dans le bulletin des communautés, il est écrit :il faut que chaque citoyen ait la possibilité d'exercer, s'il le veut et se sent capable des efforts d'adaptation nécessaires, une activité professionnelle dans un autre état membre que celui où il a acquis ses connaissances professionnelles.

Sachant que les connaissances professionnelles sont obtenues au cours de la formation, que l'attestation de compétence est le diplôme et que les formations sont différentes d'un pays à l'autre, il est indispensable de dresser des règles qui permettent d'affirmer que des diplômes sont équivalents afin de permettre aux titulaires de s'insérer dans le pays d'accueil compte tenu des droits nationaux (conventions collectives, profession réglementée...).

Une commission est chargée de ce problème dans le cadre de la Communauté Européenne.

2. Description des formations de géomètres et topographes en Europe

Cet exposé liminaire étant terminé, le but de la comparaison étant précisé, nous allons prendre connaissance des formations de géomètres topographes, des diplômes et des flux de diplômés dans quelques pays d'Europe.

Les renseignements m'ont été fournis en grande partie par les services Scientifiques et Techniques des Ambassades Françaises dans les pays concernés, par les organismes professionnels et par certaines parties du rapport du Professeur Allan.

2.1. Autriche

Formation de technicien

Il n'existe pas de formation en Autriche, mais cette matière est enseignée dans deux types d'établissements :

- établissement d'enseignement Secondaire supérieur des Techniques de construction, option "infrastructure, adaptation de terrain" ;
- établissement d'enseignement Secondaire Supérieur Agricole et Forestier.

Il existe également une formation courte post-baccalauréat pour personnes déjà intégrées à la vie professionnelle. Elle est dispensée dans l'établissement fédéral d'enseignement secondaire supérieur Technique et d'expérimentation de Vienne.

Formation de niveau supérieur

La formation de Géomètre et Topographe est assurée par l'enseignement Supérieur.

2.2. Danemark

Niveau V

"Assistant topographe,

Cette formation semble relever de l'apprentissage. La durée est de trois années.

Niveau I.II

Formation Universitaire d'arpenteur géomètre (land inspector) d'une durée de cinq années.

Cette formation ressemble beaucoup aux formations françaises.

Le flux de sortie est de trente à quarante étudiants par an.

2.3. Espagne

L'enseignement Technique Supérieur Espagnol comporte :

- 1^{er} cycle : étude d'ingénierie supérieure
- 2^e cycle : ingénierie supérieure.

La formation de Topographe n'est assurée qu'au premier cycle (bac + 3).

- la durée des études est de trois années ;
- le recrutement se fait : à partir de l'équivalent du baccalauréat ou après cinq années de formation professionnelle à partir de la classe de 3^e (en construction, dessins, agronomie) (30 % des places leur sont réservées) ;
- horaire : 30 à 32 h par semaine ;
- nombre d'écoles : 6 plus 1 en 1990 ;
- flux d'élèves : 1987....60
1988....72
1989....94

Le nombre d'élèves formés depuis 1956 est de 1 536.

L'analyse du programme montre que les diplômés sont essentiellement des topographes. Il n'y a aucun cours d'aménagement, d'urbanisme, de droit...

Une seule langue étrangère est apprise, l'anglais.

En 2^e et 3^e année des travaux pratiques d'une durée de trois (3) semaines sont réalisés.

Le diplôme nécessite la soutenance d'un projet de fin d'études qui ne peut avoir lieu qu'après avoir satisfait aux autres épreuves.

Je n'ai pas de renseignements sur les formations de techniciens.

Une réactualisation des formations est en cours.

2.4. Grande-Bretagne

En Grande-Bretagne, la première étape dans la formation des Ingénieurs est l'obtention du "Bachelor of Science" ou du "Bachelor of Engineering" dans une université.

A partir du "A. Levels" (niveau équivalent à notre baccalauréat) il y a 4 possibilités pour devenir Bachelor :

Bachelor of science

- Préparation classique (acquisition de connaissances scientifiques de base).

3 ou 4 années sans stage (préparation adaptée à la formation d'ingénieur).

- Thin sandwich

4 années de formation avec des alternances de 6 mois entre l'industrie et l'université ou le Polytechnic.

- Tchick Sandwich

5 à 6 années de formation comprenant une année dans l'industrie, 3 à 4 années en université ou en polytechnic et une année de stage.

Bachelor of engineering

La formation dure 4 années. Elle associe beaucoup de pratique. C'est la formation la plus adaptée à l'étudiant qui désire devenir ingénieur.

Ce diplôme permet de devenir "graduate member" d'une institution. Dans le cadre de cette "institution" l'étudiant fera 2 années de stage suivies au moins de 2 ans d'exercice de son métier avec de hautes responsabilités qui lui donneront l'expérience nécessaire pour obtenir le titre de "Chartered Engineer".

Il y a 15 institutions qui délivrent le titre d'Ingénieur auquel sont affiliées 25 autres institutions.

Les "Chartered Engineer" sont spécialisées par domaine. C'est ainsi que les "Land Surveyor", "Hydrographic Surveyor", "Minerals Surveyor",... sont des Chartered Engineers. La formation qu'ils ont reçue les

spécialise dans chaque domaine. Ils sont donc opérationnels immédiatement.

Le flux annuel est important mais je ne puis le chiffrer car les "Chartered... surveyor" recouvrent des domaines autres que celui de la Topographie.

Il existe des Techniciens dont je n'ai pu obtenir le déroulement de la formation.

2.5. L'Islande

Il n'y a pas de formations spécifiques. Elles se font à l'étranger.

Dans les formations de Génie Civil existe un enseignement de Topographie sur deux semestres :

— 1^{er} semestre : 2 h de cours et 2 h de pratique par semaine.

— 2^e semestre : 2 h de cours et 4 h de pratique par semaine.

Une partie optionnelle consiste en la réalisation d'un projet d'une durée de deux semaines.

2.6. Italie

Je n'ai reçu aucun document mais, une communication téléphonique de l'Ambassade de France à Rome m'a informé que les formations allaient être renouvelées dans les instituts techniques pour Géomètres et que, courant janvier je recevrai des informations officielles du Ministère italien de l'Instruction Publique.

Les informations sur la formation des Géomètres et Topographes dans l'enseignement supérieur me seront communiquées courant janvier.

2.7. Luxembourg

Formation des techniciens

Il y a deux écoles et la durée de la formation est de trois ans.

Le flux moyen actuel est de 30 à 40 élèves.

Formation ingénieurs techniciens (Bac + 3)

Les entreprises privées ont souvent recours à des techniciens issus de la section Génie Civil de l'Institut Supérieur de Technologie.

Le flux des diplômés est de 12 à 15.

Formation d'ingénieurs géomètres

Il n'en existe pas et ceux qui exercent au Luxembourg sont formés à l'étranger. Presque exclusivement en RFA et en Suisse.

2.8. Norvège

Formation des techniciens

Après l'école obligatoire et avoir choisi une filière professionnelle, il est possible de s'inscrire dans trois écoles pour y suivre des cours de topographie et de photogrammétrie.

Les élèves peuvent poursuivre leurs études ou entrer dans la vie active comme technicien.

Formation post-bac

— Une école d'agronomie assure en une année une formation de géomètre.

Les élèves poursuivent leurs études en 2^e année de l'université agronomique ou entrent dans la vie active comme technicien.

— Une école d'Ingénieur offre une formation de Géomètre en 1 an aux élèves ayant suivi la filière "Bâtiment" dans une école d'ingénieur (bac + 3) ou aux élèves ayant un diplôme de niveau équivalent en agronomie.

Les élèves qui ont suivi cette formation ont une spécialisation à leur diplôme d'ingénieur ou entrent :

— en 4^e année à l'Université d'Agronomie ;

— en 4^e année à l'Université de Technologie.

— Les instituts universitaires régionaux donnent aussi des cours dans ce domaine.

Les étudiants obtiennent un niveau bac + 2 ou bac + 3.

Formation (bac + 5)

Les universités Agronomiques et Technologiques forment des Géomètres au niveau bac + 5. Ce sont les Ingénieurs Civils.

2.9. Pays-Bas

Les formations de niveau CAP sont réalisées par la voie de l'apprentissage.

Niveau technicien

Après des études dans l'enseignement secondaire général moyen (3 ans), les élèves (18 ans) suivent des cours en MTS (Ecole d'enseignement technique moyen). La scolarité se déroule sur 4 années (deux années à l'école, une année de stage, une année à l'école).

Niveau ingénieur technicien

Après des études dans l'enseignement secondaire général supérieur (4 ans), les élèves (19 ans) s'inscrivent dans une HTS (Ecole d'enseignement technique supérieur). La scolarité est de 4 années (2 années à l'école, 1 année de stage, 1 année à l'école).

Niveau ingénieur

Après des études préacadémiques (5 ans) les élèves (20 ans) s'inscrivent à l'université de technologie (TH). Cinq années d'étude les mènent au diplôme d'ingénieur géodésien.

Dans l'enseignement secondaire général deux langues étrangères sont obligatoires.

Dans l'enseignement préacadémique trois langues étrangères sont obligatoires.

2.10. Portugal

Le Portugal possède très peu d'enseignement technique. Il commence seulement à se développer.

Toutes les formations se situent après la 12^e année (équivalent de notre baccalauréat).

La formation de technicien se fait dans deux écoles (écoles militaires). La durée des études est de deux ans avec deux fois six mois de stage.

La formation des techniciens supérieurs est réalisée en trois ans avec deux fois six mois de stage par l'Ecole d'Enseignement Supérieur Polytechnique.

Une seule école forme des ingénieurs diplômés en 4 ans.

Les flux ne sont pas connus.

2.11. République Fédérale d'Allemagne

Formation de niveau V

Ces formations se font dans le cadre de l'apprentissage et durent trois années avec un stage de trois mois en début de formation.

Le système de formation est un système dual. La formation est partagée entre l'entreprise (cours pratiques et quelques cours théoriques) et l'école (cours théoriques).

Le nombre d'établissements de formation n'est pas connu.

Le nombre de formés par an est de 850.

Formation de technicien supérieur

Cette formation n'existe pas en Allemagne.

Formation d'ingénieurs

Cette formation se fait dans deux types d'établissements.

— Les Fachhochschulen

La formation dure 3 à 4 ans avec un stage de qualification de 1 an et demi (ces formations varient d'un land à l'autre).

Il existe 12 écoles de ce type qui délivrent 550 diplômes par an.

— Les Technisches Hochschulen

La formation dure 4 ans et demi avec un stage de qualification de 2 années et demi.

Il existe 9 TH qui délivrent 240 diplômes par an.

Formation du docteur ingénieur

Cette formation se déroule dans une université technique ou scientifique. Elle dure de trois à six années. Le flux de sortie annuel est de 15 diplômés.

2.12. Suisse

Niveau V

Dessinateur géomètre (certificat fédéral).

Formation en apprentissage durant 4 ans dans un bureau de mensuration cadastrale. L'apprenti est tenu à suivre des cours professionnels. Il est délivré un certificat général de "dessinateur géomètre".

Flux annuel = 130.

Niveau technicien

Technicien géomètre (certificat fédéral).

Pour se présenter à l'examen il faut avoir le certificat fédéral de dessinateur géomètre depuis 6 ans et avoir travaillé à plein temps dans la mensuration officielle depuis un minimum de 4 ans. Il est délivré un certificat fédéral de technicien géomètre.

Flux annuel = 55.

Niveau ingénieur technicien

La formation est réalisée dans des écoles techniques supérieures (ETS).

— Ecole d'ingénieur de l'Etat de Vaud.

flux = 4

— Ecole d'ingénieur des deux Bâles.

flux = 17

Les diplômés portent le titre de : Ingénieur ETS en mensuration, et Génie Rural.

L'enseignement est dispensé sur 6 semestres (4 500 heures).

Niveau ingénieur

Deux écoles forment les ingénieurs. Ce sont :

— Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

flux = 16

— Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich (ETHZ)

flux = 38

Les diplômés délivrés sont :

— docteur ès sciences

— ingénieur du génie rural

— ingénieur géomètre

— ingénieur du génie de l'environnement

La durée des études est de 8 semestres (3 500 heures).

Deux ans et demi après avoir terminé la formation théorique, les ingénieurs EPF peuvent passer un examen pratique (durée 2 semaines) pour acquérir le titre d'Ingénieur Géomètre Breveté. Le nombre de titre décerné chaque année est de 15.

La formation vient d'être actualisée.

2.13. France

2.13.1. Organisation des formations jusqu'en septembre 1989

La figure 2 donne, sous forme de schéma, l'organisation des filières de formation des Géomètres et Topographes du niveau I.II au niveau V. J'en préciserai certains points.

2.13.1.1. Niveau V

Ce niveau comporte 2 diplômes, le CAP d'opérateur Géomètre et le BEP.

2.13.1.1.1. CAP : ce diplôme est préparé exclusivement par la voie de l'apprentissage. Il ne débouche que sur la vie active.

2.13.1.1.2. BEP : il est préparé dans les Lycées Professionnels. Il débouche sur la vie active et certains titulaires de ce diplôme (40 %) poursuivent leurs études au niveau IV des secteurs de la topographie, du bâtiment et des Travaux Publics par le biais des "premières d'adaptation".

2.13.1.2. Niveau IV

Le Brevet de Technicien (BT) Topographe est le seul diplôme de niveau IV. Il est préparé dans cinq établissements. L'un est privé.

Il n'existe aucune passerelle qui permette la poursuite d'études au niveau III du secteur de la Topographie.

Les titulaires du BT Topographe se dirigent soit vers la vie active, soit, pour un faible pourcentage, vers des sections de niveau III du Bâtiment ou des Travaux Publics.

2.13.1.3. Niveau III

Il n'existe aucune formation réelle de niveau III dans le secteur de la Topographie bien qu'un arrêté du 22 juin 1962 dise que l'attestation de réussite à l'examen préliminaire vaut pour les titulaires, titre de Technicien Supérieur Breveté.

Cet examen est préliminaire à celui de Géomètre-Expert Foncier. Sa préparation n'est pas orientée vers une entrée dans la vie active. Elle ne permet en aucun cas au titulaire de l'attestation de réussite, d'occuper un emploi de niveau Technicien Supérieur dans un cabinet ou une entreprise sans un passage obligé par des activités habituellement confiées aux titulaires de diplômes de niveau V et IV.

2.13.1.4. Niveau I.II

Ce niveau est couvert par des formations d'Ingénieurs-Géomètres ou Topographes issus de trois Ecoles et par les Géomètres-Experts Fonciers DPLG.

2.13.1.4.1. Ingénieur-Géomètre ou Topographe : trois écoles forment des ingénieurs dans cette spécialité. Ce sont :

— l'Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes.

Cette école est une composante de l'Institut National des Sciences Topométriques. Elle dépend du CNAM ;

— l'Ecole Nationale des Sciences des Arts et de l'Industrie de Strasbourg ;

— l'Ecole Spéciale des Travaux Publics.

2.13.1.4.2. Géomètre-Expert Foncier : deux voies sont possibles pour se présenter à l'examen final du diplôme de Géomètre-Expert Foncier. Ce sont :

— après l'obtention de l'examen préliminaire au diplôme de "Géomètre-Expert", suivre trois fois moins de cours à l'Institut de Topométrie, autre composante de l'Institut National des Sciences Topométriques. Ces cours sont situés entre des périodes de stage. La durée totale des stages est de quarante-huit mois ;

— après l'obtention du diplôme d'Ingénieur-Géomètre ou Topographe, effectuer trente six mois de stage.

Dans les deux cas, les stages doivent être effectués dans des cabinets de géomètres, des entreprises ou des administrations agréées par la commission consultative du diplôme. Les stages sont validés par les conseils régionaux de l'Ordre des Géomètres.

Le titre de Géomètre-Expert Foncier permet aux titulaires de s'inscrire au tableau de l'Ordre des Géomètres ou d'occuper des postes dans le secteur public ou privé "hors Ordre".

Les Ingénieurs Géomètres Topographes sous certaines conditions peuvent être inscrits au tableau de l'Ordre des Géomètres-Experts sans le DPLG.

2.13.2. Recrutement, formation

2.13.2.1. Niveau V

A ce niveau, le problème se pose différemment suivant qu'il s'agisse du CAP ou du BEP.

2.13.2.1.1. CAP : Le recrutement est relativement faible bien que le nombre de présentés à l'examen soit de l'ordre de 540 candidats. Cela s'explique par le fait que tous les élèves préparant un BEP se présentent au CAP avec beaucoup de succès. Le CAP ne prépare qu'à la vie active.

2.13.2.1.2. BEP : Le recrutement varie suivant les régions et la répartition géographique des sections. Il en existe actuellement une trentaine qui forment entre 500 et 600 élèves par an.

2.13.2.2. Niveau IV

Le recrutement est bon, mais le flux de sortie est trop faible (environ 100 élèves).

2.13.2.3. Niveau III

2.13.2.3.1. : Si nous plaçons l'examen préliminaire dans les formations de niveau III bien qu'il ne prépare pas à la vie active, il apparaît que le recrutement diminue. Depuis 1980, 170 à 250 élèves se présentent à l'examen préliminaire et 48 à 65 % obtiennent l'attestation de réussite.

2.13.2.3.2. : L'AFPA forme également des Techniciens Géomètres Topographes dans deux centres : Egletons et Meaux. La formation dure 10 mois (1 560 heures).

Le recrutement est réalisé par le service de psychologie du travail de l'AFPA. Le niveau requis est celui des classes terminales des baccalauréats scientifiques.

L'AFPA ne délivre pas de diplômes mais un certificat de formation professionnelle qui a été homologué au niveau III dans la nomenclature des diplômes.

Le flux de sortie est d'environ 115 stagiaires par an.

2.13.2.4. Niveau I.II

Les modes de recrutement sont différents d'une filière à l'autre, d'une école à l'autre.

2.13.2.4.1. Ingénieur Géomètre et Topographe (niveau bac + 5)

2.13.2.4.1.1. ESGT : Le recrutement se fait sur concours à partir de préparation à l'examen préliminaire (l'attestation de réussite n'est pas exigée) et sur dossier pour les titulaires d'un DEUG.

La durée des études est de trois années.

Une langue étrangère est obligatoire. Le flux de sortie varie entre 26 à 37 diplômés.

2.13.2.4.1.2. ENSAIS : Le recrutement est réalisé sur concours à partir des classes préparatoires Technologiques ou de titulaires des baccalauréats C ou E ayant suivi une préparation de deux années dans l'école. La durée des études est de trois années.

Le diplômé porte le titre "d'Ingénieur ENSAIS option : Topographie".

Le flux de sortie est de 20 à 22 par an.

L'analyse du programme d'enseignement montre que la formation dépasse le cadre de la topographie puisqu'y figurent le Génie rural, l'urbanisme, l'expertise, le droit... Une seule langue est obligatoire.

2.13.2.4.1.3. ESTP : Le recrutement est réalisé sur concours à partir de candidats ayant le niveau de Mathématiques Spéciales (M, P' et éventuellement TA). La formation dure trois années.

Le diplômé porte le titre "d'Ingénieur-Géomètre de l'ESTP".

Le flux de sortie varie suivant les années de 15 à 30. Une langue étrangère est obligatoire, une autre est facultative.

2.13.2.4.2 **Geomètre-Expert Foncier DPLG** : Le nombre de candidats à l'examen final est étroitement lié au recrutement de l'examen préliminaire. La chute est continue jusqu'en 1984 mais une légère tendance à la hausse se fait sentir. Le flux annuel varie entre 50 et 75.

3. Analyse du système de formation français

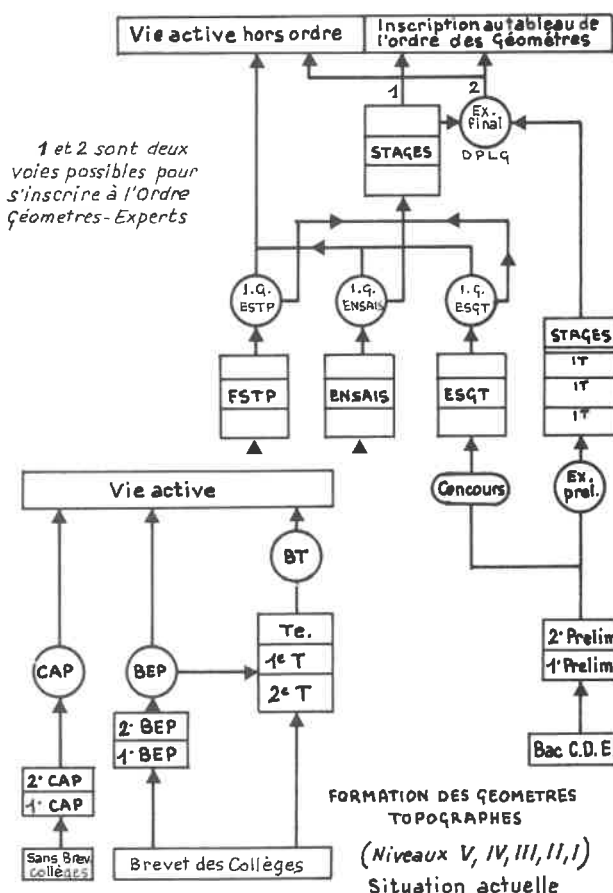


Fig 2

3.1. Causes de désaffection pour les formations de géomètres ou topographes

Actuellement le système de formation n'est pas attractif et les jeunes hésitent à entreprendre une formation qui les mène dans ce secteur professionnel. L'analyse qui suit montre pour chaque niveau les causes possibles de rejet.

Le BEP est plus prisé que le CAP mais l'examen des poursuites d'études possibles montre que, si le jeune désire continuer dans la voie qui est la sienne, il n'a que très peu de chances d'intégrer une formation de niveau IV et qu'il est impossible, même s'il est bon élève, de prétendre à un niveau III, puisqu'il n'existe pas.

La comparaison avec les autres secteurs professionnels : mécanique, génie civil, électronique... se fait au désavantage du secteur "Géomètre, Topographe".

3.1.1. Niveau IV

Actuellement cinq lycées possèdent ce type de section. Ils recrutent à partir de la 2^e ou du BEP.

Si nous analysons la situation, nous voyons que l'élève de 2° doit s'éloigner du domicile familial pour suivre cette formation, et qu'après la terminale il n'y a aucune poursuite d'étude possible dans le secteur des Géomètres et Topographes. Les parents ne sont pas enthousiastes pour orienter leurs enfants vers ce BT.

3.1.2. Niveau III

Ce niveau n'existe pas.

3.1.3. Niveau I.II

3.1.3.1. Filière Ingénieur Géomètre Topographe.

Les jeunes manquent d'information sur la perspective de déroulement de carrière de ce secteur. Ils connaissent mieux les grands secteurs professionnels tels la mécanique, le génie civil...

Les formations qui les préparent au concours sont :

— Pour l'ENSAIS les classes Préparatoires Technologiques qui ont comme support d'enseignement le génie mécanique.

Tous ces éléments font que nombreux sont les étudiants qui choisissent la filière Topographe parce qu'ils n'ont pas obtenu la section de leur choix.

— A l'ESGT, le concours est spécifique. Ceux qui s'inscrivent désirent effectivement être Géomètre ou Topographe mais le recrutement dans les classes préparatoires à l'examen préliminaire étant en baisse, l'ESGT en subit le contre-coup.

— A l'ESTP, le concours est commun aux quatre écoles :

- Travaux publics,
- Bâtiment,
- Mécanique Electricité,
- Topographie.

Les élèves choisissent l'école en fonction de leur désir et de leur rang. Là aussi les grands secteurs sont plus appréciés.

3.1.3.2. Filière Géomètre-Expert Foncier

L'étudiant qui, lorsqu'il a obtenu son baccalauréat, désire devenir Géomètre-Expert Foncier s'engage dans une formation qui dure sept années (deux pour le Préliminaire, une pour l'Institut de Topométrie et quatre pour les stages professionnels) en sachant :

— qu'aucun diplôme intermédiaire n'existe. S'il quitte en cours de formation ou s'il n'obtient pas le diplôme de Géomètre-Expert Foncier il n'est titulaire que de son baccalauréat ;

— que certains étrangers ayant suivi la formation de Géomètre-Expert Foncier ont eu des difficultés pour valider ce diplôme dans leur pays (au Luxembourg par exemple).

3.2. Adéquation "emploi-formation"

L'évolution des matériels qui permettent la saisie, le traitement et l'exploitation des données, l'élargissement du champ d'activité et l'outil informatique font que les formations ne sont plus adaptées à certains niveaux d'emplois.

3.2.1. Niveaux IV et V

Cette évolution montre que le flux actuel des titulaires de diplôme de niveau V qui entrent sur le marché du travail doit être réduit dans de notables proportions et que le flux du niveau IV doit être augmenté.

3.2.2. Niveau III

Les formations données à l'examen préliminaire ne permettent pas l'entrée dans la vie active mais préparent à la poursuite d'étude et au stage professionnel. Il n'est donc pas possible de parler d'adéquation "Emploi-Formation".

3.2.3. Niveau I.II

L'évolution des techniques XAO, GPS (Global Positionnement System), l'évolution rapide du droit de l'urbanisme, les banques de données localisées... nécessite une formation théorique de haut niveau.

Pour les deux filières existantes les analyses sont différentes.

3.2.3.1. Ingénieur Géomètre-Topographe

La formation est bonne si la vie active se situe hors-Ordre. Elle nécessite des compléments pour accéder au DPLG (gestion du personnel, gestion du cabinet (financière, économique)...).

3.2.3.2. Géomètre-Expert Foncier

Depuis plus de dix ans, l'Ordre des Géomètres demande à ce que les formations qui mènent au DPLG soient réactualisées.

3.3 Prise en compte de la dimension européenne

La libre circulation des biens et services va permettre à tout ressortissant d'un état membre de la Communauté, d'exercer une activité professionnelle réglementée ou non, dans un état membre autre que celui où il a acquis ses connaissances professionnelles ou d'y "vendre" des services.

L'équivalence des diplômes se pose. La directive "reconnaissance mutuelle des diplômes" entrera en vigueur le 4 janvier 1991. Elle permet la reconnaissance des qualifications professionnelles acquises dans un Etat par l'ensemble des Etats membres ; un ingénieur d'un Etat sera considéré comme ingénieur dans l'ensemble de la Communauté ; toutefois si la formation reçue diffère notablement par son contenu ou sa durée, des mesures de compensation sont prévues ; ainsi les ingénieurs dont la formation est inférieure de plus d'un an à celle reçue dans le pays d'accueil, pourront voir leur employeur exiger en plus du diplôme une période d'activité professionnelle du double de la durée de formation manquante, sans que celle-ci puisse toutefois excéder quatre ans. Si le contenu des formations est jugé par trop différent, le migrant aura le choix entre une épreuve d'aptitude ou un stage d'adaptation.

En France, la formation des ingénieurs est située à bac + 5 alors que dans les Etats membres elle est comprise entre bac + 3 et bac + 6.

Le nombre d'ingénieurs fournis est trop faible. Il suffit de comparer les chiffres annoncés dans la description des formations tout en les relativisant par rapport à la population du pays. Ainsi, l'Allemagne Fédérale forme chaque année 550 ingénieurs dans les Fachhochschulen, 240 dans les Technische Hochschulen et 15 ingénieurs-docteurs ; la Grande-Bretagne forme un grand nombre de "Chartered Engineers" dans le secteur des Géomètres et Topographes ; le Danemark, avec ses 5 millions d'habitants en forme 30 à 40 alors qu'en France le flux annuel est de 75 Ingénieurs Géomètres ou Topographes et 75 Géomètres-Experts Fonciers. De plus, il apparaît que le "type" d'ingénieur que nous formons est vite "aspiré" par des fonctions autres que celles pour lesquelles ils ont été formés. Qui occupera les postes attribués aux ingénieurs dans les entreprises, les cabinets, les administrations en 1993 ? Je vous laisse répondre à cette question.

Le Ministère de l'Education Nationale est directement concerné par les équivalences de diplômes, aussi le Ministre a-t-il chargé Monsieur le Professeur Bernard Decomps de réaliser une étude sur l'évolution des formations d'Ingénieurs et de Techniciens Supérieurs. Les points qui nous intéressent particulièrement sont les suivants :

- la France forme trop peu d'ingénieurs ;
- la formation continue diplomante est difficile d'accès et demeure marginale ;

— la désaffectation des fonctions d'ingénieurs de production et d'application au profit des fonctions d'ingénieur de conception.

Les conclusions formulées sont :

- maintenir la croissance actuelle des ingénieurs "classiques" ;
- créer une nouvelle formation d'ingénieur qui aurait un fort contenu technologique et pratique, fruit de l'alternance de périodes passées en entreprise et dans les établissements d'enseignement supérieur.

Le texte qui suit est un extrait du rapport présenté par Monsieur le Professeur Bernard Decomps. Il précise la position des nouvelles formations par rapport aux formations dites "classiques" et donne des orientations pour l'obtention du titre par la formation initiale et par la formation continue (fig. 3).

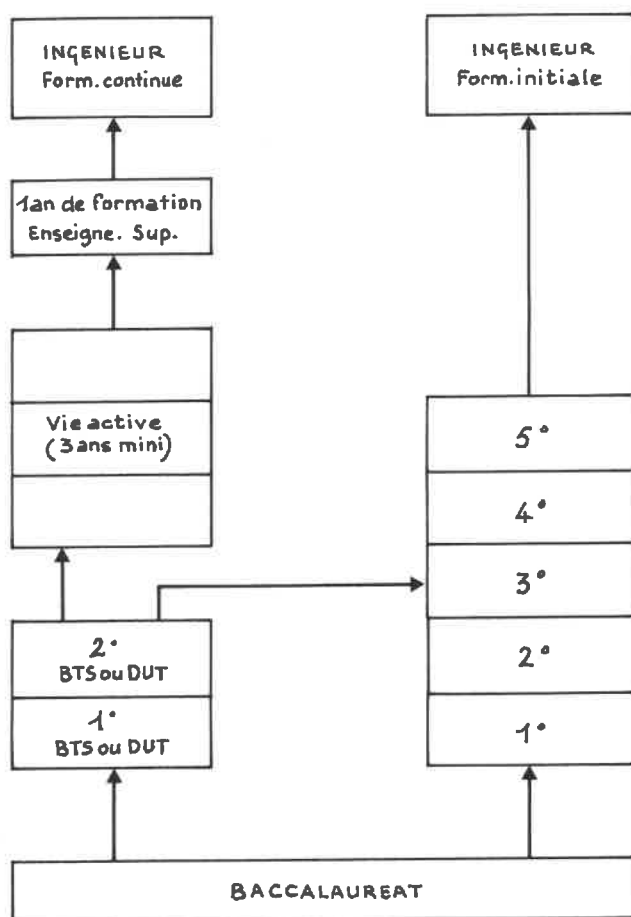


Fig 3

"Pour mettre l'accent sur l'identité des niveaux des deux formations d'ingénieur dans la diversité de leurs profils aucune modification de la durée de référence des formations françaises d'ingénieur — c'est-à-dire 5 ans — n'est proposée.

La durée semblable des formations recouvre des parcours différents. Pour les ingénieurs classiques, les cinq années se subdivisent en deux années de formation scientifique générale (CPGE ou premier cycle) suivies de 3 années d'apprentissage du métier d'ingénieur.

Pour les nouveaux ingénieurs : l'apprentissage du métier d'ingénieur occupera les cinq années en donnant à la formation dans l'entreprise une part beaucoup plus longue, de l'ordre de 2 années.

La formation initiale sera organisée pour des bacheliers ; ce modèle de recrutement prépondérant au niveau du bac n'exclut pas les entrées parallèles, en particulier celles de titulaires de DUT/BTS qui pourront obtenir le plus facilement et avec le plus de profit la validation de leurs acquis. La formation en entreprise sera encadrée conjointement par un professeur de l'établissement d'enseignement et par un — "professeur praticien" — de l'entreprise. L'entrée directe après le bac dans une filière d'ingénieur spécialisée incluant des périodes longues de formation en entreprise devrait attirer les candidats qui feront le choix d'un métier plus que d'un statut ; la perception propre aux élèves de CPGE d'un futur doucement flou, un peu irréel devrait céder la place à une appréhension plus vive des réalités et perspectives du métier d'ingénieur.

Pour la formation continue des techniciens supérieurs, il sera possible de valider les acquis en entreprise pendant la période d'exercice professionnel. Leur période de formation dans un établissement académique sera limitée à un an équivalent temps plein et pourra être précédée par des stages de remise à niveau. Cette période de formation pourra être découpée en modules hebdomadaires, mensuels ou autre, de façon à offrir aux salariés et aux entreprises les modalités de formation continue les plus souples et les mieux adaptées".

Ces propositions, à quelques nuances près, ont été acceptées et la mise en place de ces formations risque d'être rapide (dès la rentrée 1990 il me semble).

4. Projet pour un système de formation plus adapté

Avant d'aborder cette partie, il convient de préciser que ce projet (fig. 4) donne l'état des travaux aujourd'hui. Seules les parties mises en application sont acquises. Les autres sont toujours susceptibles d'être modifiées.

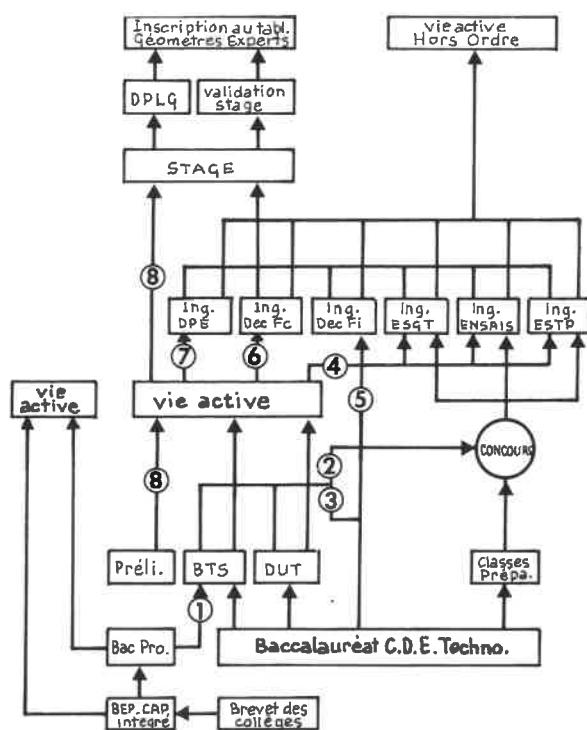


Fig 4

Le système nouveau doit prendre en compte :

- les hypothèses ayant trait à la diminution du recrutement ;
- l'évolution rapide des outils et des méthodes ;
- l'équivalence des diplômes dans le cadre de la Communauté Européenne ;
- l'échéance de 1992.

Il est donc important que les points suivants soient satisfaits :

- des classes passerelles ou des enseignements de soutien doivent permettre à ceux dont l'aptitude est reconnue de suivre la filière jusqu'au plus haut niveau ;
- des diplômes qualifiants et reconnus doivent jalonner toute la filière et permettre à ceux qui désirent quitter la formation d'entrer dans la vie active dans de bonnes conditions ;
- la formation continue doit être l'un des modes d'accès au diplôme d'Ingénieur Géomètre ou Topographe ;
- les diplômes sanctionnant les formations doivent permettre aux diplômés de s'insérer avec succès dans le contexte européen.

4.1. Niveau V

Le BEP actuel est rénové et caractérisé par le CAP d'opérateur Géomètre-Topographe. C'est-à-dire que le référentiel du CAP est inclus dans celui du BEP.

Le référentiel du CAP ne prend en compte que la sortie en vie active, celui du BEP s'étoffe en s'ouvrant sur le Bâtiment et les Travaux Publics afin d'offrir aux jeunes de meilleures chances de poursuite d'études.

Le CAP peut être délivré seul, le BEP ne l'est que si le CAP qui le caractérise est obtenu. C'est la garantie d'un véritable savoir-faire pratique pour les titulaires du BEP. Nous aurons donc deux types de diplômés : CAP seul et BEP + CAP.

4.2. Niveau IV

Le BT actuel peut rester ce qu'il est ou devenir un autre diplôme de niveau IV, tel que le Baccalauréat Professionnel. Les élèves issus du BEP rénové peuvent ainsi poursuivre leurs études vers ce diplôme de niveau IV de la Topographie mais également vers ceux du Bâtiment et des Travaux Publics.

Cette formation répond aux désirs de la profession qui, face à l'évolution de matériels et des méthodes demande à réduire le flux d'entrée en vie active au niveau V et d'augmenter très sensiblement celui au niveau IV.

4.3. Niveau III

Les tâches habituelles confiées à des titulaires de diplômes de niveau III sont accomplies par les stagiaires après l'examen préliminaire.

Le niveau I.II se faisant à partir des classes préparatoires M, P' ou TA, la formation qui mène à l'examen préliminaire doit être supprimé. L'emploi au niveau III étant en augmentation, il est indispensable de créer une réelle formation de Technicien Supérieur.

Les sections de préparation à l'examen préliminaire de Géomètre-Expert Foncier transformées en sections de Techniciens Supérieurs Géomètres et Topographes répondent à ces besoins sans bouleverser l'environnement actuel (mêmes lieux, mêmes professeurs) et de plus, l'arrêté du 22 juin 1962 classait déjà les sections du "Préli" sous le régime des sections de Techniciens Supérieurs.

Le recrutement en section de Technicien Supérieur se fait à partir des sources suivantes :

- Baccalauréat C-D-E ;
- Baccalauréat technologique ;
- Baccalauréat Professionnel ou Diplôme de niveau IV (voie 1 recrutement très limité).

Outre l'accès à la vie active, les titulaires du BTS peuvent accéder au titre d'ingénieur et devenir s'ils le veulent "Géomètre-Expert".

Les formations d'ingénieur leur sont ouvertes sur concours en formation initiale (voies 2 et 3) et par la voie de la formation continue (voie 4, 6 et 7).

4.4. Niveau I.II

4.4.1. Ingénieur Géomètre ou Topographe

La proposition prend en compte les solutions existantes auxquelles elle ajoute celles proposées par le rapport de Monsieur le Professeur Bernard Decomps.

4.4.1.1. Formation initiale

- les trois écoles existantes recrutent sur concours à partir de classes préparatoires M, P' ou TA ;
- une formation nouvelle recruterait à partir du baccalauréat, en cinq années comprenant l'équivalent de deux ans de stage, en cinq années comprenant l'équivalent de deux ans de stage, et arriverait au diplôme d'ingénieur (voie 5).

Les titulaires du BTS ou du DUT pourraient intégrer ces classes en 3^e année dans la limite des places disponibles (voie 3).

4.4.1.2. Formation continue

Trois possibilités sont offertes :

- se présenter à l'examen d'Ingénieur Topographe DPE (voie 7) ;
- accéder aux écoles d'Ingénieur comme le permet l'arrêté du 31-1-74 (voie 4) ;
- accéder à une formation diplômante d'une année dans un établissement d'enseignement supérieur après un BTS ou le DUT et trois ans minimum de vie professionnelle (voie 6).

4.4.2. Géomètre-Expert Foncier

Pour accéder à la formation de Géomètre-Expert Foncier, il faut obligatoirement être Ingénieur diplômé et suivre un stage dont l'objectif terminal est la préparation à l'exercice de la profession libérale dans le cadre de la libre circulation des personnes et des services en 1993. Cette formation doit munir le futur "chef d'entreprise" qu'est le Géomètre-Expert, d'outils qui permettent de gérer un cabinet de Géomètre-Expert Foncier dans les conditions les meilleures tant au niveau financier, commercial, qu'humain.

La voie 8 est une mesure transitoire qui permet aux titulaires de l'examen préliminaire d'obtenir le DPLG en respectant les conditions de stage et d'examen.

Ce projet devrait améliorer sensiblement la structure des formations de Géomètres-Topographes mais cela ne suffit pas. Si nous désirons être les partenaires compétitifs sur le marché européen, il est indispensable, lorsque nous élaborons les contenus de formation, d'analyser les activités professionnelles des Géomètres et Topographes des autres états d'Europe afin de voir si, sans trop charger les programmes, sans apporter de distorsion, il est possible d'en tenir compte.

Un second point très important c'est la maîtrise des langues étrangères. Comme vous avez pu le voir, en France, les ingénieurs parlent une langue étrangère, rarement deux, pourtant, si nous voulons être des "vendeurs" et pas seulement des "acheteurs", trois à quatre langues étrangères sont nécessaires. Les Pays du "Nord" l'ont bien compris.

Cet exposé est terminé. Ce que je puis souhaiter, c'est que le projet se réalise rapidement, que l'enseignement français de la Topographie soit parmi les meilleurs et que son efficacité nous permette d'entrer dans l'Espace Européen avec le sourire.

PRIX HENRI COURBOT 1991 : un nouveau règlement

Le prix Henri COURBOT a pour but de distinguer, tous les deux ans, un ou plusieurs ouvrages de littérature scientifique, technique, d'organisation ou de gestion, visant les industries et services connexes et contribuant à la formation ou au perfectionnement des ingénieurs dans ces domaines.

Créé en 1982 par le Centre d'Etudes, d'Information et de Formation pour les Ingénieurs de la Construction et de l'Industrie (CEIFICI), ce prix honore la mémoire du président fondateur de cette association sans but lucratif. Il a déjà été attribué à quatre reprises.

Depuis 1986, la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris (CCIP), dont Henri COURBOT fut également le Président, s'est associée au CEIFICI pour accentuer ses efforts et augmenter encore la notoriété du prix, désormais placé sous ce double patronage.

Le prix Henri COURBOT 1991 sera décerné par un jury composé de hautes personnalités du Bâtiment, des

Travaux Publics et de l'Industrie, présidé par Louis LEPRINCE-RINGUET, membre de l'Académie Française et de l'Académie des Sciences, qu'assisteront en tant que vice-présidents, Bernard CAMBOURNAC, Président de la CCIP, et Jean DEZELLUS, Président du CEIFICI.

L'année 1991 verra une **innovation importante**. En effet, pour distinguer les deux grandes catégories d'ouvrages nécessaires à la culture et aux connaissances de l'ingénieur, c'est-à-dire :

- les ouvrages scientifiques et techniques, d'une part,
 - les ouvrages de culture générale technique, d'organisation, de gestion ou de droit appliqué, d'autre part,
- il sera attribué deux prix : le **Prix Henri COURBOT** proprement dit, d'un montant de **50 000 francs** et le **Prix spécial du jury** d'un montant de **20 000 francs**. Le jury aura à choisir entre les deux catégories pour l'attribution des deux prix.

*Le règlement du concours est disponible au secrétariat commun, assuré par le CEIFICI
41, rue de Passy, 75016 Paris. Tél. (1) 40 50 15 36. Télécopie (1) 40 50 06 69*

*Les candidatures devront y être déposées avant le 12 novembre 1990
et les prix seront attribués au cours du 2^e trimestre 1991*

once 1ère annonce 1ère annonce 1ère annonce 1èr

FI3G 1992

L'information géographique sans frontières

Le prochain Forum International pour
l'Instrumentation et l'Information
Géographiques (FI3G) aura lieu

à STRASBOURG (France)
en 1992

Comme le premier Forum tenu à Lyon en juin 1987, FI3G 1992 couvrira l'ensemble des activités et produits géographiques, avec un accent particulier sur :

- . la mise en oeuvre des systèmes d'informations géographiques (SIG)
- . les normes d'échange de données géographiques numériques
- . la modernisation des réseaux géodésiques européens
- . les enjeux économiques et industriels à l'échelon international.

Pour tout renseignement, s'adresser

136 bis rue de Grenelle
75700 Paris

Téléphone (33) 1 43 98 83 12

Télécopie (33) 1 45 55 07 85

Telex 204 989 F



**SYMPOSIUM INTERNATIONAL
DE CARTOGRAPHIE THÉMATIQUE
DÉRIVÉE DES IMAGES SATELLITAIRES**

**CONCEPTION CARTOGRAPHIQUE
ET MODES D'AIDE À LA DÉCISION
ET AU DÉVELOPPEMENT**

**INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON THEMATIC MAPPING
FROM SATELLITE IMAGERY**

**CARTOGRAPHIC DESIGN
MODES OF USE BY DECISION-MAKERS
CONTRIBUTION TO DEVELOPMENT**

October 2-3-4 octobre 1990
IGN : 2 avenue Pasteur - S'-Mandé - 94
FRANCE

Commission « cartographie thématique dérivée
des images satellitaires ».

Commission on « thematic mapping from
satellite imagery ».



ANNUAIRE BONNIER DU MODELISME-MAQUETTISME



Editions Jérôme BONNIER - B.P. 1 - 27790 ROSAY-SUR-LIEURE
RCS : ROUEN A 349 936 781 - n° gestion 89 A 236

INVITATION A U



**UN JOUR OU L'AUTRE
VOUS EN AUREZ
BESOIN !**

"De Pythagore à la Micropuce"

S'adresser à **Deutscher Verein für Vermessungswesen e.V.**
Örtlicher Vorbereitungsausschuß
74. Deutscher Geodätentag 1990
- Geschäftsstelle -
Postfach 10 28 36
4300 Essen 1

**74. Deutscher
Geodätentag Essen**

5. bis 8. September 1990

LE DEVELOPPEMENT DE LA PROFESSION DE GEOMETRE ET TOPOGRAPHE DANS L'ESPACE EUROPEEN



Jan de GRAEVE
Président de l'Union Belge des Géomètres

Tout d'abord permettez-moi, Mesdames et Messieurs, de remercier l'Association Française de Topographie pour m'avoir invité à ce congrès et permettre ainsi que je m'adresse à vous.

Je vous prie également d'excuser notre président de l'Union Belge des Géomètres, notre confrère Albert Vanderlinden qui préside aujourd'hui un colloque de notre association de Bruxelles.

Votre président m'a suggéré de développer quelques idées sur l'intégration et les perspectives du rôle des géomètres et topographes dans le cadre européen de 1992.

Malgré des réticences politiques des uns, et actuellement de Mme Thatcher outre-manche, malgré les réticences nationales et internationales, le traité de Rome a été la base des développements en Europe occidentale ces trente dernières années.



En effaçant les frontières et les taux de change de Lisbonne à Athènes et à Berlin, les hommes ont créé une entité géographique plus ou moins définie, rassemblant des peuples dont les origines remontent souvent à l'orée de l'Histoire, qui ont dominé telle partie du monde ou tel continent et qui ont guerroyé sur notre sol quasiment pendant 2000 ans.

Ainsi nous, (petits) Belges, avons eu la visite des Romains au temps de Jules César, et nous nous souvenons qu'il a dominé toute la Gaule, sauf un petit village d'Armorique... guidé par Abraracourcix, le chef de tribu. Voilà pour les Italiens.

Clovis, le premier, a réuni une grande partie de l'Europe occidentale actuelle, et sa capitale fut d'abord chez nous, à Tournay, avant que Paris lui fut préféré.

Faut-il rappeler Charles Quint au XVI^e siècle et les hallebardes espagnoles qui sont à l'origine des crinières foncées chez nous.

Les Anglais ont régulièrement bloqué nos ports au XVII^e siècle et les Autrichiens se sont invités au XVIII^e. Votre petit caporal nous a rendu une petite visite de courtoisie et j'allais oublier votre maréchal de Villeroi qui, sous Louis XIV, a eu la délicatesse de détériorer le centre de Bruxelles nous permettant aujourd'hui d'avoir une des plus belles grandes places du monde.

Guillaume d'Orange a été renvoyé en 1830 et, depuis lors, un autre caporal a voulu réaliser la Grande Europe sous le poids des bottes.

Tout ceci pour vous dire que l'Europe "on connaît" et, comme disait un Ecossais, "on a déjà donné".

Aujourd'hui nous voyons une Europe se construire et créer ce marché unique de 300 millions d'habitants qui formera une force commerciale rarement égalée.

Au siècle passé, les Etats-Unis d'Amérique ont pu intégrer des forces vives venues d'Europe, d'Afrique et d'ailleurs pour synthétiser une culture qui leur est propre, une synergie de connaissances et de dynamisme qui, en ce XX^e siècle, ont dominé et dirigé le monde entier.

Rendons-nous compte, toutefois, qu'en cette fin de siècle, l'évolution se déplace vers le Pacifique et surtout le Japon.

Dans chaque pays d'Europe occidentale la propriété foncière existe. C'est d'ailleurs l'un des droits fondamentaux et une aspiration du droit de propriété.

Le rôle d'ordre public du géomètre est de garantir les limites et le contenu de cette propriété foncière.

Le petit Larousse définit ainsi le topographe : "spécialiste de topographie" et la topographie : "Art de représenter sur un plan les formes du terrain avec les détails naturels ou artificiels qu'il porte. Description d'un lieu, de sa disposition".

Dans divers pays, les praticiens se réunissent, d'abord pour se connaître, ensuite pour collaborer et prévoir des services communs, tels des systèmes d'assurances, des barèmes d'honoraires, des fonds de pensions, des bulletins d'information, des cours et recyclages, des banques de données, des silos de bornes, l'organisation de congrès et la représentation devant les autorités nationales et internationales.

Ainsi, il y a 110 ans, en 1878 à Paris, était créé par sept associations nationales : la France, la Hollande, l'Angleterre, la Suisse, l'Allemagne, l'Espagne et la Belgique, la Fédération Internationale des Géomètres.

Ce centenaire a d'ailleurs été célébré en 1978 lors d'un Congrès de la FIG à Paris. Ce fut pour moi l'occasion de rencontrer personnellement votre confrère Jacques Tassou, qui m'invita et que je remercie.

Cette FIG comporte actuellement neuf commissions consacrées aux aspects particuliers du géomètre.

J'aurai l'honneur de présider la première commission après 1990 à Helsinki, sur le thème de la pratique professionnelle : exercices professionnels, organisation, bases juridiques et légales.

La deuxième : éducation professionnelle et littérature.

La troisième : système d'information du territoire.

La quatrième : levés hydrographiques.

La cinquième : instruments et méthodes.

La sixième : levés pour le génie.

La septième : cadastre et aménagement foncier rural.

La huitième : systèmes d'aménagement urbain (planification et développement).

La neuvième : évolution et gestion des propriétés foncières.

Revenons à la première commission. Elle a créé divers groupes :

- un groupe étudiant l'histoire des géomètres ;
- une sous-commission de la condition féminine géomètre ;
- une sous-commission qui informe sur l'éthique des géomètres-experts en libre profession.

Ce texte fut approuvé sous la présidence de Jacques Tassou à la première commission de la FIG, mais nous y reviendrons.

Fut créé également un comité de liaison des géomètres européens qui avait pour but d'examiner, au sein des pays membres de la communauté, les études et l'exercice de la profession pour en déduire les équivalences.

Pendant quelques années ce comité a bien fonctionné. Mais aucune échéance menaçante n'apparaissant pour cette fin du siècle, la lassitude et la léthargie s'en emparèrent.

Il fallut une intervention énergique à Londres, au début de la présidence de Charles Weir, dans une réunion où siégeaient MM. Breton et Bourcy pour l'Ordre des géomètres français, M. Rafaelli pour l'Ordre des géomètres italiens et notre éminent Léon Marstboom, le docteur Kuhnhausen pour l'Allemagne et moi-même, pour que cette commission sortit de sa torpeur.

Rappelons qu'à cette réunion, le français fut confirmé comme langue officielle et de référence de la FIG, formant avec l'allemand et l'anglais les trois langues usuelles des réunions.

A ce jour, M. Bourcy, notre président, assure le secrétariat général. Son assiduité et son savoir joint à son expérience des Seplis et groupements professionnels multidisciplinaires ont permis un dialogue constructif avec nos nouveaux partenaires grecs et espagnols et contribuent activement à l'intégration du monde des géomètres.

Le professeur Allan, de l'université de Londres, a préparé un document diffusé à la FIG et auprès des membres des gouvernements et de la CEE. Il reprend l'étude minutieuse et critique qu'il a effectué sur :

1. Les bases des études de géomètre, la formation à l'université et en hautes études équivalentes, les périodes de stages.

2. L'exercice des activités de géomètre.

Le tout présenté en diagrammes et disponible en disquettes McIntosh à la RICS.

Une mise à jour est prévue. Nous constatons en effet qu'en Italie, depuis deux années, la formation des géomètres a été nettement améliorée, qu'en Belgique un cycle de quatre années d'étude à l'université débutera en 90, suivi d'un an de stage. A Madrid, une université a été réaménagée dans un nouveau campus pour les géomètres. Par contre, au Portugal toute vie associative a été perdue après le passage politique d'une période communiste, et nous avons des difficultés à obtenir des renseignements.

A Bruxelles, le comité de liaison s'est réuni les 2 et 3 novembre 1989. Il a remercié le professeur Allan et il a examiné :

1. La mise en application de la directive générale sur la reconnaissance mutuelle des diplômes d'enseignement supérieur.
2. Le projet de directive sur la reconnaissance mutuelle des diplômes d'enseignement secondaire.
3. Le projet de directive sur les marchés publics de services.

Certaines professions ont obtenu une directive européenne spécifique pour reconnaître une équivalence de diplômes, la mobilité et l'intégration à l'intérieur de l'Europe. C'est le cas, par exemple, des architectes et des avocats. Ainsi nous pouvons voir des avocats français plaider aux Cours de Bruxelles (le plus souvent assisté par un confrère national). Un cas récent fut un avocat anglais représentant les "holigans" du Heysel.

Mais le comité de liaison n'a pas dégagé d'unanimité pour demander une telle directive sectorielle. Il a cependant jugé intéressant d'adopter une politique de "wait and see", et d'examiner les effets de la directive générale concernant la reconnaissance des diplômes d'enseignement supérieur.

Au sein de la FIG, actuellement, nous constatons une évolution. On étudie l'activité des géomètres-topographes plutôt que la fonction des géomètres et ceci ouvrira des perspectives nouvelles à partir d'Helsinki 1990.

Sur les chantiers importants les entrepreneurs font souvent appel, sous contrat d'emploi, à leur géomètre ou topographe.

Les équipements, tant en hommes qu'en matériel, nécessitent des structures aptes à y répondre.

L'on attend pas de son médecin traitant qu'il ait un scanner à sa disposition, ou qu'il puisse opérer sur place : les cliniques et hôpitaux vous accueillent pour les traitements compliqués et coûteux.

Ainsi n'attend-t-on pas de tel confrère qu'il mesure et cartographie la ville de Metz ou la ville de Nancy. Les organes gouvernementaux sont désignés dans chaque pays pour pourvoir à ses demandes. Par exemple, l'IGN français s'est vu désigner certaines tâches d'intérêt national concernant la défense, la recherche ou le développement.

Le cadastre et la perception équitable de l'impôt foncier sont un résultat de la révolution française. Un grand nombre de fonctionnaires-géomètres y consacrent leur vie active. Mais les cadastres européens ne sont pas organisés de façon uniforme, loin s'en faut. Le Grundbuch allemand ou suisse garantit les limites et peu de contestations résultent de la méconnaissance de ces limites. Par contre, chez vous et chez nous, il y a de la matière pour nourrir encore bon nombre de générations d'experts judiciaires, surtout si les notaires vendent d'après "données cadastrales bien connues des acquéreurs..." et oublient de faire borner et mesurer le terrain par le géomètre assermenté.

Au Pays-Bas, bastion du cadastre, l'effectif de 3 300 géomètres sera réduit à 2 000 en 1993. Les travaux sont délégués à des bureaux privés, qui accueillent d'ailleurs

les ex-fonctionnaires nouveaux salariés, et qui garantissent les normes de mesurages et de procédure. Une quinzaine de bureaux font actuellement un chiffre d'affaires de 12 à 13 millions de francs français. La privatisation est en vogue, les contingences budgétaires imposent l'utilisation optimale des ressources et des hommes disponibles : voilà réellement l'enjeu de 1992.

La FIG regroupe les géomètres diplômés et les associations nationales. Dans certains pays, comme en Suisse et en France, seuls les géomètres indépendants sont membres effectifs de l'Ordre des Géomètres.

Les Pays-Bas n'ont pas de géomètres privés. Mais il existe des bureaux pluridisciplinaires importants. Notre confrère Jacobs est directeur d'une firme de 1 000 personnes, dont 150 géomètres.

Chez nous, en Belgique, l'Union Belge des Géomètres accueille des géomètres diplômés privés, des géomètres fonctionnaires et des géomètres sous régime salarial. Ce système n'a pas toujours bien fonctionné et certains se sont constitués en fédération des géomètres indépendants et Association Nationale de Géomètres-Experts (géomètres fonctionnaires) ANGE. Le tout sous l'ombrelle de la Chambre Belge des Géomètres-Experts, afin de parler d'une seule voie devant les ministres et responsables.

Dans l'exercice de son activité quotidienne, le géomètre n'exerce pas nécessairement à temps plein les activités que nous pourrions appeler monopolistiques (le bornage, la reprise des mitoyennetés, les mesurages en vue de mutation ou autres), mais bien souvent il effectue des opérations techniques de topographie ou topométrie, des levés altimétriques, des implantations de génie civil, des plans de remembrement rural ou d'aménagement de site, des relevés de voirie ou d'aménagement de cours d'eau.

La nous rencontrons nos collègues topographes.

Nous les rencontrons et heureusement de plus en plus auprès du bureau d'étude ou auprès du maître d'ouvrage, à la commune ou au service d'aménagement du territoire, lors de la collecte ou de la recherche de renseignements techniques.

La concurrence ? Oui, mais organisée comme préconisée par le Comité de liaison,

- tenant compte des normes de qualité,
- tenant compte des normes éthiques professionnelles.

Les frontières s'ouvrent. N'intervenons pas comme cow-boys en pays conquis. La sagesse nous apprend à collaborer avec le confrère local qui connaît les lois et coutumes locales, les réglementations et qui a ses introductions et des relations personnelles.

Ainsi, si je suis appelé à mesurer d'urgence au Grand Duché de Luxembourg, je ne vais pas pratiquer un procès-verbal de mesurage mais un levé technique qui ne garantit pas les limites juridiques si je ne peux me faire assister ou collaborer avec un confrère Grand Ducal. Cette collaboration se fera en association temporaire.

En sociétés anonymes multinationales, en sociétés civiles ou en sociétés personnelles, les législations sont différentes ainsi que les systèmes de taxation.

Pour conclure, je vous invite à travailler ensemble, à mieux nous connaître et nous apprécier pour préparer l'Europe de 1992 en bonne connaissance de cause et en franche confraternité.

REPertoire DES ANNONCEURS - N^{os} 41-42

WILD LEITZ	2 ^e CV
SIG-GIS	2
LART	4-55
SAGEM	6
CORALIS	10
BORNES ET BALISES	11
SETAM INFORMATIQUE	12
LE PONT	15
APEI	19
MESURES ET SYSTEMES	20
SPOT	46
SLOM	49
JENOPTIK	50-51
GEOTRONICS	52
SOKKISHA FRANCE	54
GEOGRAPH	64
MICROS G.	70
GEOID	72
L.M.P.	73
MESURES ET SYSTEMES	80
FIG	82
C.R.M.	3 ^e CV
TOPO CENTER	4 ^e CV

URGENT

N'oubliez pas de régler votre cotisation 1990

Merci

Le prix littéraire des ingénieurs

Le Conseil d'Administration du CNIF a décidé la création d'un prix littéraire, destiné à distinguer une œuvre littéraire de fiction d'expression française pour le grand public, contribuant à faire connaître la réalité du métier de l'ingénieur.

Les critères pris en compte pour l'attribution du prix sont :

- l'intérêt de l'action,
- la qualité du style,
- la qualité de la description du milieu professionnel et du métier de l'ingénieur,
- l'intérêt du rôle joué par l'ingénieur en relation avec l'action.

Un comité de lecture a opéré une première sélection de 9 livres, soumis à un jury composé de personnalités du journalisme, de la littérature, de l'économie et du monde des ingénieurs.

La cérémonie d'attribution du prix est prévue courant octobre.

LISTE DES MEMBRES DU JURY

Président :

M. Yvon GATTAZ, président de la Fondation « Jeunesse et Entreprise », ancien président du CNPF,

membre de l'académie des Sciences Morales et Politiques.

Membres :

Jean-Jacques BARON, ancien président de la Société des Ingénieurs de France et du Conseil National des Ingénieurs Français.

Raymond CHERADAME, ancien directeur des Etudes à l'Ecole Polytechnique.

Yvan COMOLLI, président honoraire du Conseil National des Ingénieurs Français.

Albert DUCROCQ, journaliste au Figaro, journaliste à Europe n° 1.

Jean-Maurice ESNAULT, président-directeur général de l'Institut Français de Gestion.

Jean GANDOIS, président-directeur général de Péchiney.

Daniel GOURISSE, directeur de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.

Daniel GRENON, président de l'APROCERD, président de H. Neumann France, vice-président exécutif du Groupe H. Neumann International.

Véronique RAIMBAULT, membre du Conseil d'administration du Conseil National des Ingénieurs Français.

Jean YANOWSKI, ancien journaliste à France-Culture, membre de la fondation Bull.

LES OUVRAGES RETENUS

1987	Denis DESFORGES	Le Pacifique	ALBIN Michel
1987	Robert MORISSON	Jeu de l'Horloge	RTL Edition
1986	Jean PETOT	L'Or de Guyane	Editions CARIBÉENNES
1985	Thierry BRETON	Vatican III	Robert LAFFONT
1985	Thierry BRETON	Softwar	Robert LAFFONT
1984	René DZAGOYAN	Le Système Aristote	FLAMMARION
1984	Michel BARBA	Un Cadre Surgelé	Editions FRANCE-EMPIRE
1983	Philippe SAINT-GIL	L'Ile d'Acier	FLAMMARION
1982	Louis OURY	Mon Village à l'Ere Nucléaire	MESSIDOR

Au cours de sa réunion du 30 mai, le jury a sélectionné les trois ouvrages parmi lesquels sera désigné le lauréat.

Ces ouvrages sont :

- L'Ile d'Acier.
- Un Cadre Surgelé.
- Mon village à l'heure nucléaire.

Le choix définitif se fera lors d'une ultime réunion fixée au 19 septembre 1990.

VILLE de MULHOUSE

recrute

UN INGENIEUR-GEOMETRE

pour son service de topographie

Conditions requises :- titularisation du diplôme de géomètre-expert D.P.L.G. ou équivalent (E.N.S.A.I.S.)

- nationalité française

Les candidatures avec curriculum vitae et copie des diplômes sont à adresser le plus rapidement possible à Monsieur le Député-Maire - Service du Personnel BP 3089 - 68062 MULHOUSE CEDEX.

LA**SOLUTION BUREAU D'ETUDE**

"MAITRE D'ŒUVRE"

**Gestion intégrée, administrative
et économique de projets BTP - VRD**

**BASES DE DONNEES
EXTERNES
(Autocad, Architrion)**



NOMENCLATURES

Lots de
travaux

Postes de
travaux

Articles
de prix

Projets
modélisés

Notes et
références

**AUTRES
BIBLIOTHEQUES
D'ARTICLES**



DOSSIER PROJET CLIENT

ESTIMATIF

**SUIVI DE
CHANTIER**

**BORDEREUX
DE PRIX**

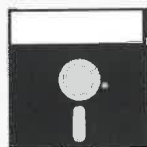
**GESTION
INTEGREE**

SITUATIONS

APPEL D'OFFRE

**PLANNING
DES TRAVAUX**

**COMPARAISON
DES OFFRES**



DIAL Informatique
Créateur de DIALGEO
Gestion intégrée d'un Cabinet
Le "must" des Géomètres Experts

Je suis intéressé par "MAITRE D'ŒUVRE"

- ☐ Veuillez m'adresser une documentation
☐ Je souhaite assister à une démonstration
☐ Envoyez moi également une documentation sur DIALGEO

Nom : Prénom :

Raison sociale :

Voie : N° :

Ville : Code Postal :

Tél. : Fax :

Dial Informatique
Gérard BONALD
Chemin de Tuyère
83440 FAYENCE
TEL. 94 76 05 80
FAX 94 84 14 79



RAPPORT DE SYNTHESE

Guy DUCHER, Ingénieur général géographe à l'IGN

L'Association Française de Topographie m'a à nouveau confié le redoutable honneur de vous présenter en clôture une synthèse de ces trois journées qui furent particulièrement denses et au cours desquelles chacun a pu beaucoup apprendre.

En guise de synthèse des brillantes synthèses que nous firent les quelque 18 intervenants de ce congrès et qui constituèrent des panoramas complets des possibilités des diverses techniques et des problèmes actuels, je vous ferai plutôt part de quelques réflexions, recueillies au cours de ces journées.

Pour essayer de bien en apprécier le sens, j'ai eu la curiosité de me reporter aux Actes du précédent congrès de l'AFT, son premier congrès, dédié à la "topographie du futur", et qui s'est tenu il y a déjà 5 ans, pratiquement jour pour jour et qui fut, comme celui-ci, suivi avec une remarquable assiduité par une assistance jeune et nombreuse. Il serait d'ailleurs intéressant de faire la moyenne d'âge des participants et de la comparer à celle d'autres rencontres ; j'ai bien l'impression que l'on ne doit se situer pas tellement au-dessus de 35 ans, signe de vitalité de l'AFT.

Que de chemin parcouru depuis 5 ans ! A cette époque le CNIG n'existait pas encore. On avait entre les mains le rapport de la commission nationale mais la structure restait à créer. Depuis, ce furent le Forum FI3G à Lyon en 1987, les Journées de la Recherche Géographique en 1988 et en 89 et tout un réseau d'activités dans lesquelles se rassemble l'ensemble de la profession.

Chaque jour démontre un peu plus la nécessité des actions que mène le CNIG, même si l'on voudrait quelquefois aller plus vite encore, pour rattraper le temps perdu antérieurement, favoriser les rencontres, imaginer de nouvelles incitations, activer les dialogues producteurs-usagers et ingénieurs-chercheurs-constructeurs.

Au CERN, à Genève, le LEP était évoqué à titre de projet ; maintenant il fonctionne avec un succès auquel les topographes ont largement contribué et dont ils peuvent être fiers.

En géodésie spatiale, le GPS prenait son essor avec une première constellation de 5 ou 6 satellites. Actuellement, 7 ou 8 sont utilisables et l'on se dirige allègrement vers 12, en attendant les 18 satellites en orbite, prévus pour 1992, après un retard entraîné par la catastrophe du Challenger. Il y a 5 ans, on commençait à s'équiper en récepteurs. Maintenant les possibilités du GPS sont bien évaluées : GPS c'est tout un univers en soi. Il couvre toute une gamme de produits, adaptés aux précisions et aux distances les plus diverses entre points à localiser. Il s'utilise en avion, en voiture et permet des mesures très fines en mode cinématique. Chaque jour voit se développer de nouvelles applications pratiques de ce système.

Le satellite français d'observation de la terre SPOT faisait il y a 5 ans l'objet de simulations. Actuellement il a déjà recueilli 1,4 million de scènes sur toute la planète et sa longévité est le double de celle prévue. Jamais un système n'aura été préparé puis évalué avec autant de minutie, par un éventail international aussi riche de laboratoires dont les conclusions sont toutes convergentes. Les recherches sur SPOT constituent tout un cortège de sigles tels que PEPS, SPOT-aval, ADEF, PNTS, OEEPE... ; elles devront se poursuivre pour évaluer le système DORIS prévu sur le satellite SPOT-2 qui doit être lancé le 10 janvier 1990.

Actuellement la cartographie spatiale SPOT passe en production, en particulier là où ses données s'avèrent les plus efficaces : 25 000 km² cartographiés à Djibouti, d'autres travaux au Yémen, au Mali, en Libye, en Malaisie, sans oublier les programmes affichés par le Brésil ou l'Indonésie. Avec la triangulation spatiale appliquée à des ensembles de scènes SPOT, disposées selon de longues bandes ou en larges blocs, suivie de la restitution automatique du relief par corrélation numérique, le coût des produits SPOT va encore baisser. C'est ainsi que les cartes sur fond d'images surchargées des courbes de niveau et groupées sur de vastes zones devraient être considérablement plus économiques que les produits similaires obtenus à partir de prises de vues aériennes au 1 : 50 000. On devrait largement dépasser la valeur de 1,8x annoncée à ce congrès pour le gain et aboutir à un ratio peut-être de 5 voire 10 à terme pour ce type de produit qui se caractérise par une quantité et une qualité d'informations à peine deux fois moindres de ceux issus de clichés aériens au 1 : 40 000 et se révèle parfaitement adaptés aux nombreuses régions encore dépourvues de cartographie correcte et à jour.

L'informatique commençait il y a 5 ans à pénétrer tous les replis de la profession de topographe. Avec son alliée l'électronique, elle a maintenant gagné tous les instruments de terrain. On code le micromètre des niveaux, on automatise les pointés, on motorise les systèmes, on associe théodolites et mesures inertielles, on robotise les déterminations de chantier par couplage en temps réel des stations intégrées, le topographe investit la métrologie industrielle. On numérise les clichés aériens pour les transformer en orthophotographies par ordinateur et caméra à laser.

Cette automatisation permet d'améliorer tous les paramètres de fonctionnement des systèmes : rapidité, sécurité, fiabilité, précision, confort opératoire. En réduisant les coûts, elle permet de démultiplier les interventions du topographe sans générer nécessairement du chômage. L'automatisation considérée ainsi comme un enrichissement ne peut rencontrer aucun phénomène de rejet. La voie est ouverte aux mesures en continu, à haute

J.J. LEVALLOIS

MESURER LA TERRE

300 ANS
DE GEODESIE FRANCAISE

De la toise du Châtelet
au satellite



Presses de la
Ponts et chaussées

Association
Française de
Topographie

JEAN-JACQUES LEVALLOIS

Avec la collaboration de C. BOUCHER, J. BOURGOIN,
A. COMOLET-TIRMAN et A. ROUBERTOU

MESURER LA TERRE
300 ANS DE GÉODÉSIE FRANÇAISE

Préface de H. LACOMBE, Membre de l'Académie des Sciences

De Jean PICARD aux conclusions tirées de l'observation des satellites artificiels, en nous décrivant l'œuvre des CASSINI, les expéditions de Laponie et du Pérou (XVIII^e siècle), l'observation de la méridienne de DELAMBRE et MECHAIN, les travaux des ingénieurs géographes du XIX^e siècle et ceux de leurs successeurs modernes, l'auteur et ses collaborateurs se sont proposés de retracer l'histoire de la contribution française à la géodésie.

"C'est une histoire assez typique de la façon dont progresse une science avec ses théories, ses expériences, ses querelles scientifiques ou personnelles, ses tâtonnements et ses succès. Il n'est pas mauvais que ceux qui ne la connaissent point puissent se faire une idée de l'ingéniosité, du labeur, des concours qu'a exigé la lente élaboration du canevas géodésique de notre pays, et de la part due à nos devanciers ou à nos contemporains."

Embelli de multiples citations originales, le texte est illustré de nombreux documents souvent anciens. L'ouvrage est complété des cartes du réseau géodésique en 1744, 1864 et 1973 (3 planches hors texte format 70 x 100 cm) et un tableau des travaux hydrographiques.

Il passionnera tous ceux qui s'intéressent à la géodésie, l'astronomie, la navigation, la conquête spatiale mais également tous les amateurs d'une histoire si proche et souvent méconnue.

Sommaire

Introduction	XII
I - La Géodésie	XIII
II - Les précurseurs - l'œuvre de Picard	XIV
III - La triangulation des Cassini	XV
IV - La terre est un sphéroïde aplati	XVI
V - La méridienne vérifiée : Théorie de Clairaut	XVII
VI - Le système métrique - La méridienne de Delambre et Méchain	XVIII
VII - Les acquisitions théoriques	XIX
VIII - La géodésie au temps du Consulat et de l'Empire	XX
IX - La triangulation des Ingénieurs Géographes	
X - Le nivellement	
XI - Vers la nouvelle triangulation	
XII - De 1860 à 1914, la géodésie s'internationalise - Nouveaux thèmes de recherches	
XIII - Le service géographique de l'Armée - Le service du nivellement général de la France	
XIV - Entre les deux guerres	
XV - De 1940 à l'ère spatiale - Travaux de l'IGN	
XVI - De 1940 à l'ère spatiale (suite) - Coopération internationale	
XVII - Témoins du passé	
XVIII - La géodésie spatiale : les premiers pas	
XIX - La géodésie spatiale depuis 1971	
XX - Contribution des hydrographes et marins	
XXI - Les débuts de l'hydrographie française	
XXII - Les temps modernes de 1800 à nos jours	
XXIII - La géodésie marine	
Table des matières	

Co-édition AFT et Presses de l'ENPC, 1 volume 21 x 29,7, 400 pages, nombreuses illustrations, 1988 - ISBN 2-85978-114-5 - ISBN 2-907586-00-9 Broché - Prix F 230 Relié - Prix F 300 (tirage limité)

Des conditions particulières sont accordées aux étudiants, enseignants, bibliothèques, centres de documentation et d'information et retraités ainsi que pour les commandes supérieures à 5 exemplaires : nous consulter.

Bon à adresser : ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE - 136 bis, rue de Grenelle - 75700 PARIS

☐ Veuillez m'adresser l'ouvrage MESURER LA TERRE - 300 ANS DE GÉODÉSIE FRANÇAISE
en exemplaires brochés,
en exemplaires reliés.

Je vous prie de trouver ci-joint le règlement par chèque libellé à l'ordre de L'AFT.
Un reçu me sera envoyé à l'adresse suivante :

NOM ADRESSE

RECEPTION DE L'AFT A L'HOTEL DE VILLE DE PARIS



Photo W20, 20, rue de Wattignies, 75012 Paris.

Allocution de M. Philippe CHAIX, Conseiller de Paris

Mesdames,

Messieurs,

Je suis très heureux de vous accueillir ici, dans les Salons de l'Hôtel de Ville, au nom de Monsieur le Maire de Paris. Géographes, physiciens, ingénieurs, vous êtes venus de la France entière et de plusieurs pays étrangers pour échanger vos points de vue et confronter vos conclusions à l'occasion du 2^e congrès international de l'Association Française de Topographie.

Parce que vous contribuez à faire de la Capitale par cette manifestation, un grand centre de recherche scientifique, de débat entre savants et industriels et de rencontre pluridisciplinaire, les Elus de la Ville de Paris ne peuvent que se sentir très honorés de collaborer à une telle initiative.

J'ai parlé à l'instant de "pluridisciplinarité", mot que l'on prononce parfois un peu vite, mais qui s'applique parfaitement à vos travaux. Vous êtes en effet les représentants de toutes les sciences qui permettent de définir, en termes physiques ou juridiques, l'espace terrestre, et que je n'énumérerai pas, de peur d'en oublier quelques-unes. Une telle mise en commun des connaissances de chacun, même si l'immense et fort complexe objet de la topographie l'exige, est suffisamment rare pour qu'on la salue... surtout quand elle s'accompagne de surcroît de contacts entre civils et militaires, chercheurs et industriels.

Sans remonter à l'astronomie égyptienne, il est aisé de constater combien la topographie et toutes les sciences qu'elle mobilise, sont une préoccupation ancienne. La raison de cet intérêt précoce et constant réside certes dans l'envie d'ordre spéculatif, de connaître le milieu dans lequel on vit, mais aussi dans le besoin de mesurer la terre pour mieux pouvoir la parcourir, la conquérir, l'exploiter ou la protéger, suivant les époques : si, aussitôt fondée par Colbert, l'Académie des Sciences prend en 1688 toute une série de dispositions visant à mieux connaître la configuration du royaume, on se doute bien qu'elle conjugait ainsi amour de la science et intérêt politique ou stratégie !

La topographie est de plus une science qui sert à tous et c'est sans doute dans ses multiples applications et ses nombreux utilisateurs, conscients ou inconscients, qu'il faut chercher l'explication de son formidable développement ainsi que celle de sa nécessité : je n'évoquerai pas les intérêts qu'elle peut représenter pour les militaires et les autorités juridiques, ils sont évidents ! et j'insisterai plutôt sur le fait qu'elle est en même temps outil et moteur pour la science.

Outil, quand, pour ne prendre qu'un exemple, elle permet en océanologie et en climatologie de mieux connaître le niveau exact des océans aux divers points du globe et ses variations au cours des siècles. Dans ce cas, elle sert non seulement la science, mais les autorités et les citoyens nécessairement concernés par le problème de l'environnement et de ses altérations.

La topographie est en outre moteur de la science et de la technologie parce qu'elle oblige à mettre au point un matériel de pointe — des satellites par exemple — nécessaire à ses recherches. En amont d'elle-même donc, comme en aval, elle fait progresser la connaissance.

A cet intérêt scientifique de la topographie, s'ajoutent des applications industrielles nombreuses : l'élaboration d'un instrument de mesure précis, que fait la topographie, ne bénéficie-t-elle pas aux industriels qui viennent à votre congrès ? L'étude de la modification de certaines caractéristiques de la surface terrestre quand il y a, en sous-sol, des poches de gaz ou des gisements, ne permet-elle pas de les localiser efficacement ?

Enfin il ne faudrait pas oublier la foule des particuliers, automobilistes, promeneurs, vacanciers ou plaisanciers, qui sont heureux d'avoir à leur disposition des cartes à échelles variées, précises et adaptées à leur besoin.

Pour tous ces travaux, pour ce congrès qui facilite les contacts entre chercheurs et utilisateurs, je vous remercie.

Je tiens à vous féliciter du soin que vous prenez, au sein de l'Association Française de Topographie, à maintenir à un très haut niveau la recherche topographique.

Réponse du Président SCHAFFNER

Monsieur le Conseiller,
Mesdames, Messieurs,

Au nom de tous les participants à notre 2^e Congrès ici présents, je remercie cordialement et par votre intermédiaire Monsieur le Conseiller, Monsieur le Maire de Paris et son Conseil d'avoir bien voulu nous recevoir en ce haut lieu qu'est votre Hôtel de Ville.

Cela fait cinq ans, presque jour pour jour, qu'ont été reçus ici les participants du 1^{er} Congrès. Nous avions alors 5 ans et notre thème fut "la Topographie du Futur". Aujourd'hui à 10 ans, nous faisons le point, en tenant "les Etats Généraux de la Topographie" ; avant de nous tourner vers l'avenir pour sonder à nouveau le futur.

Comme nous ne voulions pas rester seuls, à tourner en rond et faire de l'autosatisfaction, nous avons fait appel à nos collègues étrangers afin qu'ils nous fassent part de leur expérience et pour mettre en commun nos soucis et nous armer en vue d'affronter le plus sereinement possible et sans complexes les inquiétantes échéances de cette fin de siècle. Notre appel a été entendu par quelques-uns et c'est ainsi que vous trouvez parmi nous — je vous les présenterai dans quelques instants — d'éminents représentants d'Allemagne, de Suisse, de Belgique, du Royaume-Uni, de Finlande, de Suède, du Bénin et de la Fédération Internationale des Géomètres. Vous rencontrerez également maints Ingénieurs Généraux, Chefs de Services et hauts responsables, des Géomètres-Experts, des Topographes en toutes spécialités, des Informaticiens et des Démonstrateurs de matériel sophistiqué... sans parler de ceux qui nous succéderont, les étudiants et qui portent tous nos espoirs.

Monsieur le Conseiller, vous-même venez de le dire, notre profession remonte à la plus haute antiquité. Et je déclare ici solennellement qu'on ne saurait aimer celle que l'on pratique soi-même sans jeter de temps à autre un regard en arrière, sur l'œuvre de longue haleine accomplie par nos ancêtres et nos prédécesseurs immédiats pour y puiser l'énergie et le courage de la parfaire continuellement. Il est bon, en somme, de remonter l'histoire dans un sens pour la faire dans l'autre sens.

Aussi, au nom de l'Association Française de Topographie et de son Conseil, permettez à M. Vincent, Président d'Honneur, M. Bailly, Directeur de notre Congrès et à moi-même, de vous offrir en souvenir de ce jour, l'ouvrage de l'un de ces éminents maîtres, M. Jean-Jacques Levallois : "300 ans de Géodésie Française".

Un roman, que dis-je, une aventure passionnante qui a débuté ici même, à Paris, il y a plus de trois siècles et qui se prolongera pour plus longtemps encore.



MM. Vincent, Chaix, Bailly, Mémier pendant l'allocution du président.

Photo W20

L'album de la réception à l'Hôtel de Ville de Paris...



MM. Schaffner, Bancroft, Bailly, Eichhorn, Chaix, de Graeve, Bourgoin, Vincent, Kirvesniemi, Comolet-Tirman.



MM. d'Hollander, Bercher, Mmes Bailly, Bercher, M. Boutonnier, Mmes Boutonnier, Ranuzzi, M. Felce, Mme Felce.

L'album de la réception à l'Hôtel de Ville de Paris...



Nous reconnaissons

MM. Roubertou Fleury Bourgoin Challine



*Le buffet
dans le somptueux salon
de l'Hôtel de Ville*

L'album : photos W20, 20 de Wattignies. '5012 Paris.

Sciences géographiques, connaissance du monde et conception de l'Univers dans l'Antiquité

par Raymond d'HOLLANDER, ingénieur général géographe

2. SCIENCES GEOGRAPHIQUES DURANT LA PERIODE GRECQUE

CHAPITRE 3.

GÉOGRAPHIE ET ASTRONOMIE GRECQUES DURANT LA DEUXIÈME MOITIÉ DU 5^E SIÈCLE ET LE 4^E SIÈCLE AVANT J.C.

INTRODUCTION

Durant la deuxième moitié du 5^e siècle et le 4^e siècle avant Jésus-Christ on assiste à un véritable épanouissement de la géographie et de l'astronomie grecques.

Hérodote opère la transition entre la géographie ionienne primitive et une géographie plus élaborée. Après lui le célèbre philosophe **Platon**, qui porta un grand intérêt aux sciences géographiques, aura une influence considérable sur l'astronomie grecque, qu'il enferma ainsi que les astronomies postérieures - durant 19 siècles - dans le dogme du mouvement circulaire et uniforme des corps célestes.

Le mathématicien-astronome **Autolycus** fournit, par des considérations uniquement géométriques, les éléments nécessaires à la prédiction des levers et des couchers héliaques des étoiles, qui jouaient un grand rôle dans la vie pratique des Grecs.

Platon eut pour disciple **Eudoxe de Cnide**, avec lequel on assiste à l'apogée de l'astronomie géométrique grecque ; la véritable astronomie mathématique n'apparaîtra que plus tard avec **Hipparque**, créateur de la trigonométrie. **Eudoxe** fut le premier à proposer un modèle cinématique rationnel de l'Univers, expliquant notamment les stations et les rétrogradations des planètes. Son modèle fut perfectionné par **Callippe** et **Aristote**, qui conservera durant des siècles un prestige immense. Son œuvre aura sur la pensée médiévale, tant arabe qu'occidentale, une influence prépondérante. Le grand géomètre de l'Antiquité **Euclide** s'est aussi intéressé à l'astronomie.

Alexandre le Grand, disciple d'Aristote, par son expédition en Asie étendit considérablement l'étendue de l'œcumène grec en longitude, alors qu'à peu près au même moment **Pythéas**, astronome et géographe massaliote (marseillais) l'étendait en latitude, par son voyage maritime au nord de l'Europe.

Tels sont brièvement évoqués les principaux pro-

tagonistes des Sciences géographiques durant la deuxième moitié du 5^e siècle et le 4^e siècle avant Jésus-Christ, auxquels nous consacrerons les chapitres 3, 4 et 5.

3.1 Hérodote (485 - 425)

3.1.1 Rappel de la géographie d'Hécatee

Nous avons laissé la géographie grecque à **Hécatee**, à la charnière des 6^e et 5^e siècles avant Jésus-Christ (voir n° 2.1.3) et nous avons reproduit à la fig. 2.4 sa mappemonde. Rappelons que l'Asie y est très comprimée entre la Méditerranée et l'Océan périphérique, qui présente une échancrure dans le «Golfe Caspien», dont seule la rive occidentale avait été reconnue, de sorte qu'on n'avait pas encore pris conscience qu'il s'agissait d'une mer fermée.

Rappelons l'étrange diffluence de l'Ister (Danube), dont une branche venait se jeter dans l'Adriatique et la très courte chaîne de montagne, sans nom, où l'Ister prenait sa source. On notait aussi sur la carte d'Hécatee l'absence de tout relief en «Libye» (Afrique du nord actuelle) et le fait que le Nil s'alimentait dans le Grand Océan Circulaire.

3.1.2 Hérodote historien et géographe

Hérodote naquit à Halicarnasse, ville doriennne de la Carie en 484 avant J.C., alors que **Xerxès** envahissait la Grèce. Il se réfugia à Samos, qui doit être considéré comme sa seconde patrie. Après un long voyage dont nous relaterons les principales étapes, Hérodote se fixa vers 446 à Athènes, où il devint l'ami de **Périclès** et de **Sophocle**. Il participa en 444 à la colonisation de la ville de Thourioi, ville lucanienne de l'Italie péninsulaire et il put visiter la «Grande Grèce» dans les dernières années de sa vie.

Hérodote fut à la fois historien et géographe ; il y avait eu certes avant lui des écrivains historiques que l'on a nommés «logographes» et qui florissaient aux 6^e et 5^e siècles avant J.C., mais Hérodote eut le mérite de concevoir une sorte d'histoire universelle, dans laquelle on sent un souffle épique ; à la lutte de la Grèce contre **Xerxès** il a su rattacher le présent et le passé des nations alors connues des Grecs ; au récit des événements il dresse le tableau des peuples et il décrit les lieux ; c'est en cela que son œuvre est digne d'intérêt pour la géographie. Au point de vue de cette discipline on peut le rattacher à l'Ecole Ionienne, bien qu'il n'ait pas hésité à critiquer ses prédécesseurs ; il conserve toutefois la



Fig 3.1 Mappemonde d'Hérodote

Terre plate et l'horizon fixe de ceux-ci. On a reproché à Hérodote d'avoir émaillé ses récits de fables extravagantes, qui peuvent jeter un discrédit sur l'ensemble de son œuvre : par exemple le dromadaire a deux cuisses et deux genoux à chaque jambe de derrière, il existe en Arabie des serpents ailés, etc...

Sa méthode géographique est une sorte de combinaison de la description d'unités régionales, à laquelle **Ptolémée** donnera le nom de «chorographie»⁽¹⁾, et de considérations ethnographiques.

3.1.3 Les voyages d'Hérodote

Hérodote fut un voyageur curieux, attentif, observant les mœurs des peuples, recueillant des renseignements de toute sorte. Le détail de ses voyages n'est pas connu avec précision. Il visita l'Égypte, d'où il rapporta la conviction que le Nil ne s'alimentait pas dans l'Océan circulaire ; le Nil ayant une embouchure face à celle du Danube, c'est-à-dire à peu près à la même longitude, les sources des deux fleuves devaient être aussi face à face. Aussi fit-il décrire au Nil une large boucle à peu près symétrique de celle du Danube, à partir d'une source située dans l'Atlas. Ainsi le Nil « vient de l'ouest » et il « coupe la Libye par le milieu ». (voir carte 3.1). Cette

croyance s'apparente à celle qui relie l'Oued Draa au Nil (voir au n° 2.1.3 le périple d'Euthymène) ; de façon analogue les peuplades noires du Soudan s'imaginaient que le « Nil des Noirs », le Niger, était le même que le Nil d'Égypte.

On voit apparaître pour la première fois sur le Nil, le nom de Syène (l'actuelle Assouan) qu'Hérodote ne dépassa pas ; mais, d'après des renseignements qu'il recueille, il ajoute Meroë, cité royale des Ethiopiens. On désignait par Ethiopie la Haute Égypte et toute la zone soudanaise, les Ethiopiens orientaux étant les peuples qui vivaient entre la Perse et l'Indus.

Il visita aussi Cyrène et une partie de la « Libye ». Il représente sur sa carte la chaîne des Oasis, qui commence non loin du Nil, à la hauteur de Thèbes et qui se prolonge jusqu'aux approches de l'Atlas : Ammon (actuellement Siwa), Augila (actuellement Aoudjila).

Au nord des Ethiopiens il situe trois sortes de peuples :

- la première comprend les peuples du littoral jusqu'au lac Triton (chott el Djerid),
- la deuxième correspond aux nomades de l'intérieur entre l'Égypte et le méridien du Lac Triton ; ce sont les « Garamantes »,
- la troisième à l'ouest des précédents, formés surtout de cultivateurs : les « Atlantes ».

L'accent est mis sur la description des mœurs et des coutumes souvent étranges : c'est plus un récit de voyageur qu'une étude géographique. Il visita aussi la Mésopotamie, où il observa la mise en valeur du pays : l'irrigation avec ses canaux et ses

(1) Rappelons qu'on appelle «cartes chorographiques» les cartes à échelles comprises entre le 1/200 000 et le 1/500 000, qui permettent justement des études régionales.

«norias», la culture intensive des céréales, les plantations de palmiers-dattiers,... Dans cette zone sa mappemonde s'affine par rapport à celle d'**Hécatée** ; il mentionne Babylone sur l'Euphrate, Suse sur un affluent du Tigre, Ninive sur le Tigre ; le Golfe Persique s'étire quelque peu par rapport à la carte d'Hécatée, mais pas suffisamment.

Il visita aussi les colonies grecques du Pont Euxin et il se représentait la région située au nord de cette mer fermée sous forme d'un carré, divisé en plusieurs bandes nord-sud par le réseau hydrographique. Il étudia les différents peuples de cette zone : Scythes au sud, puis les Budini ou Boudins, plus au nord les Neures, les Androphages et enfin les hommes du Grand Nord ou Hyperboréens, dont il savait qu'ils dorment la moitié de l'année, écho des voyageurs qui dans ces zones boréales avaient observé la grande longueur des nuits de part et d'autre du solstice d'hiver.

Le réseau hydrographique est traité à part ; à l'est de l'Ister (Danube) on trouve successivement : le Tyras (Dniestr), le Borysthène (Dniepr) dont la large boucle est totalement escamotée, le Gerrhos et le Tanais (Don) qui se jette dans la Méotide (Mer d'Azov). La presqu'île de Crimée est complètement rabotée.

Entre le Tyras et le Borysthène est figuré un petit fleuve, dont le nom n'est pas indiqué : c'est l'Hypanis (Boug), à l'embouchure duquel, à Olbia, Hérodote fit un séjour, où il obtint ses informations sur la Scythie (pays des Scythes).

A l'est du Pont Euxin Hérodote décrit assez bien trois zones différenciées par leur couverture végétale : la steppe grise de l'ouest, la steppe plus boisée plus à l'est, la steppe désertique entre l'Oural non figurée et la Caspienne bien représentée en mer fermée.

3.1.4 La mappemonde d'Hérodote

Hérodote n'a évidemment pas visité toute l'étendue de sa mappemonde. Pour les régions non parcourues il utilise les renseignements qu'il a pu obtenir. A l'ouest du Pont Euxin est figuré l'Ister (Danube) pour lequel la diffluence de la carte d'Hécatée vers l'Adriatique est heureusement supprimée ; l'orographie sommaire de la mappemonde d'Hécatée est quelque peu améliorée : les monts Hémus sont prolongés vers l'ouest, rejoignent et dépassent Pyrène, dessinant plus ou moins bien le grand arc alpin, avec une ramification représentant la chaîne du Pindé.

D'après **Vivien de Saint Martin** (Bibl 1) Hérodote aurait assimilé Pyrène à une ville et c'est la raison pour laquelle sur sa mappemonde (fig. 3.1) il place un petit cercle ; toujours d'après le même auteur, Pyrène désignerait le Brenner, d'où sort l'Inn, le principal affluent du Danube. En fait durant longtemps encore les grecs connaîtront très mal la Celtique et ils confondront les Pyrénées avec les Alpes sous le toponyme commun : Pyrène.

Comme Hécatée, Hérodote emprunte au «périple de Scylax» tout ce qui concerne l'Inde, qu'il limite aux provinces riveraines de l'Indus et au nord-ouest du pays ; il ne dispose pas d'information sur le Gange ; au delà de l'Inde l'Asie n'est plus «qu'un désert sur lequel on ne sait rien».

Hérodote avait aussi à sa disposition quelques informations résultant du périple de **Sataspès** (485 - 465). Pour un viol Sataspès fut condamné par Xerxès à contourner l'Afrique par les Colonnes d'Hercule et à revenir par la partie ouest de la Mer Erythrée (ensemble Mer d'Oman - Mer Rouge). Xerxès lui confia un bateau et un équipage. Arrivés en vue du Sénégal, Sataspès et ses coéquipiers, effrayés par les dangers de la navigation, par la chaleur torride, par des feux de brousse sur la côte, acquirent la conviction que cette zone était infranchissable. Sataspès décida de rentrer, malgré ce qui l'attendait, c'est-à-dire d'être empalé. La croyance en une zone équatoriale inhabitable et infranchissable persistera durant des siècles jusqu'à l'époque des grandes découvertes.

Hérodote le premier rejeta l'Océan Circulaire ; en évoquant ses prédécesseurs il écrit : «ils dessinent l'Océan entourant de son cours la Terre, qui serait toute ronde, comme tracée au compas, et ils font l'Asie égale à l'Europe». Toutefois il crut à l'existence d'une mer continue de l'Atlantique à l'Inde, divisée en Océan Austral et Mer Erythrée (voir carte 3.1). Il fut le premier aussi à reporter du Nil à l'isthme de Suez la limite entre l'Afrique et l'Asie.

Mais il ignore pratiquement tout de la géographie de l'Europe du nord et de celle de la «Bretagne», désignation traditionnelle des Grecs pour la Grande Bretagne actuelle ; il nia à tort l'existence des îles Cassitérides (actuelles îles Sorlingues), fréquentées à son époque pour le commerce de l'étain.

3.1.5 Successeurs d'Hérodote l'ouvrage «Des airs, des eaux et des lieux»

Hérodote eut deux successeurs :

- **Ctésias**, originaire de Cnide, qui vivait vers 400 ans avant J.C., dont l'œuvre géographique comporte une «**Périégèse**» en 3 livres, un ouvrage sur les tributs de l'Asie (impôts que les peuples d'Asie payaient au roi de Perse) et un ouvrage sur l'Inde : Indica.

- **Ephore**, qui écrivait dans la seconde moitié du 4^e siècle, à la veille de l'expédition d'**Alexandre** et de la croisière de **Pythéas**, est le dernier représentant de la géographie ionienne. Il a composé une histoire naturelle en 30 livres, dans laquelle deux livres concernent la géographie, l'un deux est consacré à l'Europe, l'autre à l'ensemble Asie-Afrique, car pour lui comme pour Hécatée, Asie et Afrique ne formaient qu'un continent.

Sa description suit l'ordre de la Périégèse d'Hécatée, longeant le pourtour de la Méditerranée dans le sens horaire. Il connaît des villes situées au delà des Colonnes d'Hercule, comme Karikon Teichos

qui est probablement l'actuelle Mogador, ainsi que quelques îles du détroit de Bab-el-Mandeb, qui termine la Mer Rouge.

Il nomme quatre vents : le borras, soufflant au nord
l'apéliotès, de l'est
le notos, du sud
le zéphyr, de l'ouest,

alors qu'avant lui on n'en considérait que de deux sortes : les vents du sud et les vents du nord ou vents «étésiens» (qui reviennent chaque année durant l'été) et qui interdisaient la navigation sur la Méditerranée orientale en direction du Pont Euxin.

Pour compléter l'état de la géographie grecque à la fin du 5e siècle, il convient de citer un traité : «Des airs, des eaux et des lieux» rédigé par un médecin anonyme et inséré dans le «Corpus hippocratique». Tout en se plaçant au point de vue médical, l'auteur en fait un ouvrage très géographique. Dans une première partie il étudie les vents et les maladies correspondantes ; dans une deuxième partie il classifie les eaux ; la troisième partie est relative aux pays et aux peuples d'Asie, d'Afrique et d'Europe.

3.2 Platon (424 - 347)

Le berceau de la science grecque était depuis le 6e siècle avant J.C. à Milet et en Ionie (Asie Mineure). Après un déplacement en Grande Grèce, avec l'école pythagoricienne, le foyer de l'Hellénisme va se fixer pendant un certain temps en Grèce continentale, à Athènes, et autour d'Athènes avec **Platon** et **Aristote**.

Quand Platon naquit en 424 avant J.C., l'Attique était parvenue à un très haut degré de civilisation ; il suffit de citer les sculpteurs **Phidias**, **Praxitèle** et les grands écrivains : **Euripide**, **Sophocle**, **Aristophane**. Elève de **Socrate**, condisciple d'**Alcibiade**, Platon avait pu admirer aussi dans sa jeunesse le grand homme d'état : **Périclès**.

A la mort de Socrate, Platon quitta Athènes, se rendit à Mégare, visita l'Italie, l'Afrique et même la Perse. Après 10 ans d'absence en 390 avant J.C. il revint dans sa patrie, fit ensuite un deuxième voyage en Italie inférieure, d'où il passa en Sicile ; là il fut vendu comme esclave. En 388 avant J.C. on le retrouve à Athènes, où il fonde «l'Académie».

Il ne saurait être question ici de dissenter sur l'œuvre philosophique de Platon, mais il est indispensable d'évoquer ses conceptions physiques et astronomiques, qu'il a diffusées dans le «Timée», «la République» et qui ont été complétées dans «l'Epinomis»⁽¹⁾ ; elles s'inspirent souvent des idées pythagoriciennes, en particulier en ce qui concerne la prédilection pour les nombres.

(1) *L'Epinomis* est attribué généralement à Philippe de Medma ou Philippe le Locrun, disciple de Platon.

3.2.1 La physique platonicienne

Les éléments derniers de la matière sont les corps simples c'est-à-dire des polyèdres réguliers, dont la théorie remonte à l'école pythagoricienne. De ces polyèdres Platon ne considère que la surface, en négligeant leur substance. Des cinq polyèdres quatre correspondent aux éléments d'**Empédocle** :

le tétraèdre est la figure élémentaire du feu
l'octaèdre est la figure élémentaire de l'air
l'icosaèdre est la figure élémentaire de l'eau
le cube est la figure élémentaire de la terre.

Enfin le dodécaèdre, dont le nom n'est pas cité, jouit des propriétés suivantes :

il est limité par douze faces pentagonales dont chacune peut être divisée en 30 triangles ; cela fait en tout 360 éléments derniers ; ultérieurement ce polyèdre représentera l'éther. L'icosaèdre permet de se rapprocher le plus de la sphère, figure parfaite.

3.2.2 Le système du monde de Platon

Platon repousse la méthode d'observation et le recours à l'expérience. Le monde peut être l'objet de connaissances rationnelles parce que c'est une création ordonnée ; il demande en conséquence aux astronomes de réduire les mouvements apparents et parfois désordonnés des corps célestes (allusion aux stations et rétrogradations des planètes) à des mouvements réguliers et mathématiquement énonçables. Comme les Pythagoriciens, Platon affirme la sphéricité de la Terre et de tous les corps célestes. La Terre est immobile et occupe une position centrale, autour de laquelle les astres accomplissent leurs révolution à des distances variées, selon des mouvements circulaires et uniformes.

Dans la «République» les distances des astres à la Terre, en prenant pour unité la distance Terre-Lune, sont les suivantes :

Lune	Soleil	Vénus	Mercure	Mars	Jupiter	Saturne
1	2	3	4	8	9	27

Ces distances sont les termes enchevêtrées de deux progressions géométriques ayant pour raison 2 : 1,2,4,8 et pour raison 3 : 1,3,9,27

Rappelons que dans le système pythagoricien l'ordre était :

Lune, Vénus, Mercure, Soleil, Mars, Jupiter, Saturne, étoiles fixes.

Il n'y avait pas de doute possible pour les planètes supérieures : Mars, Jupiter, Saturne, rangées par ordre de durée de révolution croissante, mais il y avait ambiguïté pour Vénus, Mercure, Soleil qui ont la même durée de révolution géocentrique ; aussi dans le «Timée» l'ordre des planètes redeviendra l'ordre pythagoricien. Quant aux étoiles fixes elles conservent entre elles des distances angulaires invariables.

Dans le Timée encore, Platon considère à partir du centre du cosmos quatre sphères concentriques

correspondant aux quatre éléments évoqués plus haut. Leurs rayons sont calculés en prenant pour unité le rayon terrestre

sphère de la terre : 1
sphère de l'eau : 2
sphère de l'air : 3
sphère du feu : 10

Les trois premières sphères constituent le «monde sublunaire» ; dans la quatrième sphère se meuvent les astres. La distance de la Terre à la Lune est égale à 8 rayons terrestres ; celle de la Terre à Saturne la plus éloignée des planètes est de 13 rayons terrestres ; celle de la Terre à la sphère des fixes est de : $8 + 10 = 18$ rayons terrestres. Ce dernier chiffre indique la dimension du monde, qui selon Platon est fini.

Ces chiffres sont en contradiction totale avec ceux donnés dans la République : la distance Terre-Saturne y valait 27 fois la distance Terre-Lune, soit $27 \times 8 = 216$ rayons terrestres ; dans le «Timée» cette distance descend à 13 rayons terrestres ! On voit ainsi que dans la «République» et le «Timée», Platon est amené à donner des solutions très différentes en ce qui concerne les dimensions de l'Univers.

Mais dans «l'Epinomis» est introduit un cinquième élément : «l'éther» dont le corps élémentaire est le dodécaèdre. Il y a donc cinq sphères concentriques, celle de l'éther venant s'intercaler entre la sphère de l'eau et celle du feu. Les dimensions du monde en sont augmentées sans qu'il n'y ait aucune précision : les astres sont de «taille immense», le Soleil est beaucoup plus grand que la Terre.

En considérant la Terre comme immobile au centre du monde, Platon n'est donc pas en accord avec les derniers Pythagoriciens, en particulier **Philolaos**, mais d'après **Théophraste**, cité par **Plutarque**, Platon aurait abandonné son hypothèse d'immobilité de la Terre vers la fin de sa vie.

Dans la «République» Platon considère les cercles célestes comme appartenant à l'immense fût des Parques et il leur attribue les couleurs des astres qui les parcourent. Le premier cercle, celui des étoiles fixes, est scintillant ; le second, celui de Saturne et le cinquième, celui de Mercure sont plus jaunes que ceux du Soleil et de la Lune ; le sixième, celui de Vénus est moins blanc que celui de Saturne ; le troisième, celui de Jupiter, est le plus blanc de tous et le huitième, celui de la Lune emprunte à celui du Soleil sa lumière et sa couleur.

Toujours dans la «République», restant fidèle à la doctrine de **Pythagore**, Platon maintient la distinction entre le mouvement diurne du Soleil, de la Lune et des cinq planètes et les mouvements propres et «obliquement contraires» de ces mêmes corps. Mais il remarque que par la combinaison de ces deux mouvements, chacun des corps décrit, d'un tropique à l'autre, une spirale sur la surface de la sphère. La spirale est double : descendante depuis

la limite boréale jusqu'à la limite australe, ascendante depuis la limite australe jusqu'à la limite boréale. C'est ainsi que les cercles diurnes du Soleil constituaient selon Platon une spirale descendante de 182 tours $5/8$, depuis le tropique d'été jusqu'au tropique d'hiver et une spirale ascendante du même nombre de tours, du tropique d'hiver au tropique d'été, ce qui donnait d'un solstice au suivant 365 tours de spirale $1/4$.

Platon indique en outre l'arrangement mécanique des axes de la sphère des étoiles fixes et des sphères des planètes, réalisant ainsi la première tentative pour relier par une machine le mouvement diurne aux mouvements des planètes. Il substitue ainsi des organes matériels à la force centrale des Pythagoriciens.

A cette vision mécanique de l'Univers, Platon opposera plus tard dans «les Lois» une vision plus mystique ; les corps célestes ont une âme ; leurs rotations et leurs révolutions, sauf la Terre, s'expliquent par l'activité intelligente de l'âme du Monde et des âmes de tous les corps ; quant à l'immobilité de la Terre elle s'explique aussi par la force intelligente de son âme, résistant à la rotation du monde.

La Grande Année

Platon appelle «grande année» ou «année parfaite» la période après laquelle toutes les planètes se retrouvent ensemble à leur point de départ initial. Selon les commentateurs de Platon la durée de cette année parfaite serait de 12954 ou 15000 années solaires. On s'est demandé si cette «grande année» n'était pas en rapport avec la précession des équinoxes ; cela paraît très peu probable.

3.2.3 La corruption du monde sublunaire

Pour Platon les astres, si beaux soient-ils, appartiennent seulement au monde visible, qui n'est qu'une copie du monde réel des idées. L'espace compris entre la sphère de la Terre et la sphère de la Lune, appelé «monde sublunaire» est entaché de vulgarité, parce que soumis à des changements. Par contre au dessus de la sphère de la Lune, les cieux sont inaltérables. Cette division de l'Univers en deux mondes distincts : l'un vil et corrompu, l'autre parfait et de nature divine sera repris par **Aristote** et les **Néoplatoniciens** ; le Néoplatonisme naquit à Alexandrie vers le 3^e siècle après J.C. et se prolonge jusqu'à 6^e siècle ; les figures les plus représentatives en sont **Ammonios** et **Plotin**. Le Néoplatonisme influença la doctrine des Pères de l'Eglise (dont **Saint Augustin**), puis la pensée médiévale et la scolastique.

3.2.4 Conclusion

Le dogme platonicien de la sphère et du cercle, figures parfaites, qui doivent être parcourues par les corps célestes selon des mouvements uniformes, allait jusqu'au 17^e siècle obliger les astronomes à mettre au point des systèmes sophistiqués pour expliquer les mouvements des planètes, leurs sta-

tions et leurs rétrogradations. Le premier de ces systèmes est celui des sphères homocentriques d'**Eudoxe**, qui sera étudié en 4.4. Il faudra attendre **Kepler**, c'est-à-dire plus de 19 siècles pour mettre fin au dogme du mouvement circulaire des planètes.

3.3 Autolycus de Pitane (fl. 330 avant J.C.)

Faute de son outil indispensable qu'est la trigonométrie, l'astronomie mathématique grecque ne pourra se développer avant **Hipparque** ; mais on pourra apprécier le génie spéculatif grec, en examinant comment par des raisonnements purement géométriques **Autolycus** est parvenu à prévoir les levers héliaques des principales étoiles.

Autolycus (ou Autolykos) est originaire de Pitane en Eolide. Il florissait vers 330 avant J.C. et on connaît de lui deux ouvrages :

«La sphère en mouvement»

«Les levers et couchers des étoiles»

«La sphère en mouvement» est le plus ancien traité d'astronomie qui nous soit parvenu des Grecs. Les deux ouvrages d'Autolycus sont aussi les deux premiers ouvrages d'une collection grecque que l'on appelle «la Petite Astronomie», par opposition à la «Grande Syntaxe Mathématique» de **Ptolémée**, plus connue sous le nom de «d'Almageste», que lui ont donné les arabes. Les autres ouvrages de «la Petite Astronomie» postérieures à ceux d'Autolycus sont dans l'ordre chronologique :

- ❑ d'**Euclide** : «les Phénomènes», auxquels on joint généralement «l'Optique»,
- ❑ d'**Aristarque de Samos** : «Des grandeurs et distances du Soleil et de la Lune»,
- ❑ d'**Hypsiclès** : «sur les Ascensions»,
- ❑ de **Théodose** : «Sphériques» - «Des jours et des nuits» - «Des habitations».

Alors que dans «la Grande Syntaxe Mathématique», Ptolémée emploie la trigonométrie, la collection «La Petite Astronomie» ne contient aucune

mention de cette discipline ; elle comporte des démonstrations géométriques de tout ce qui concerne en général le mouvement diurne et la sphéricité de la Terre, démonstrations qui remontent pour la plupart à l'Ecole de **Pythagore** et qui furent complètement élaborées à l'époque d'**Eudoxe**, dont malheureusement les écrits ne nous sont pas parvenus. On a une idée de l'œuvre d'Eudoxe par les auteurs de «La Petite Astronomie», de sorte que **Tannery** (Bibl. 8) a pu écrire que «La Petite Astronomie» nous présente Eudoxe, comme l'Almageste nous présente **Hipparque**. Dans son «Astronomie ancienne» (Bibl. 5) **Delambre** consacre 30 pages à Autolycus.

3.3.1 La sphère en mouvement

Ce livre comporte 12 propositions qui figurent toutes dans l'ouvrage de Delambre. Nous nous contenterons d'en indiquer trois.

Proposition 6. «Si sur une sphère le grand cercle immobile qui sépare la partie visible de la sphère de sa partie invisible est oblique sur l'axe, il sera tangent à deux cercles égaux et parallèles : l'un situé du côté du pôle visible, sera toujours visible : l'autre situé du côté du pôle invisible sera toujours invisible».

Il est évident que la sphère en question n'est autre que la sphère céleste et que l'on peut remplacer «le grand cercle immobile qui sépare la partie visible de la sphère de sa partie invisible» par «l'horizon» (A_0C_0), ce que fait d'ailleurs Delambre (fig. 3.2).

Nous passerons sur la démonstration qu'en fait Autolycus en s'appuyant sur des théorèmes connus des Grecs de son époque et en utilisant un raisonnement par l'absurde.

Il est clair que le cercle de diamètre A_0B_0 , tangent en A_0 à l'horizon A_0C_0 , limite une calotte sphérique à l'intérieur de laquelle les étoiles, sont toujours au dessus de l'horizon, donc toujours visibles la nuit ; elles n'ont ni lever, ni coucher ; ce sont des «étoiles circumpolaires».

Le cercle de diamètre A_0B_0 qui entoure le pôle boréal fut appelé par les Grecs «cercle arctique» de «arctos», qui en grec veut dire «Grande Ourse», car à la latitude de la Grèce les étoiles de la constellation de la Grande Ourse sont toujours visibles (étoiles circumpolaires). Si on désigne par φ la latitude du lieu qui n'est autre que la hauteur du pôle P_0 au dessus de l'horizon (A_0C_0), la déclinaison de ce «cercle arctique» est $EA_0 = 90^\circ - \varphi$. Elle dépend donc de la latitude du lieu considéré et n'a rien à voir avec notre «cercle polaire arctique» actuel, de déclinaison $66^\circ,33'$ ($90^\circ - 23^\circ,27'$).

Le cercle de diamètre C_0D_0 limite une calotte sphérique $C_0P_0D_0$, à l'intérieur de laquelle les étoiles sont constamment au dessous de l'horizon ; cette calotte est donc la zone du ciel qu'il est impossible d'explorer depuis un lieu de latitude φ .

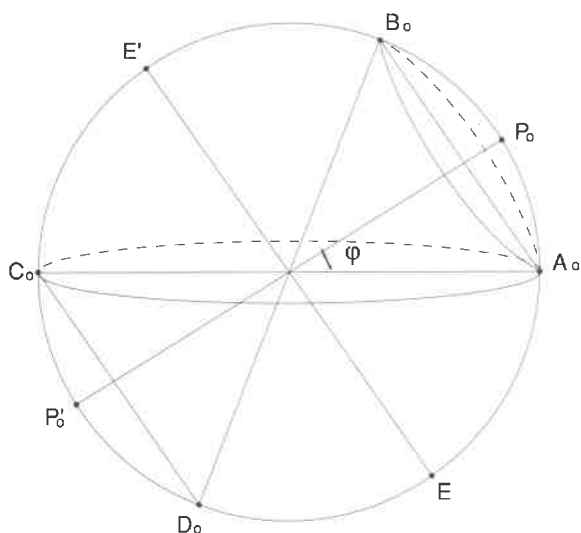


Fig. 3.2

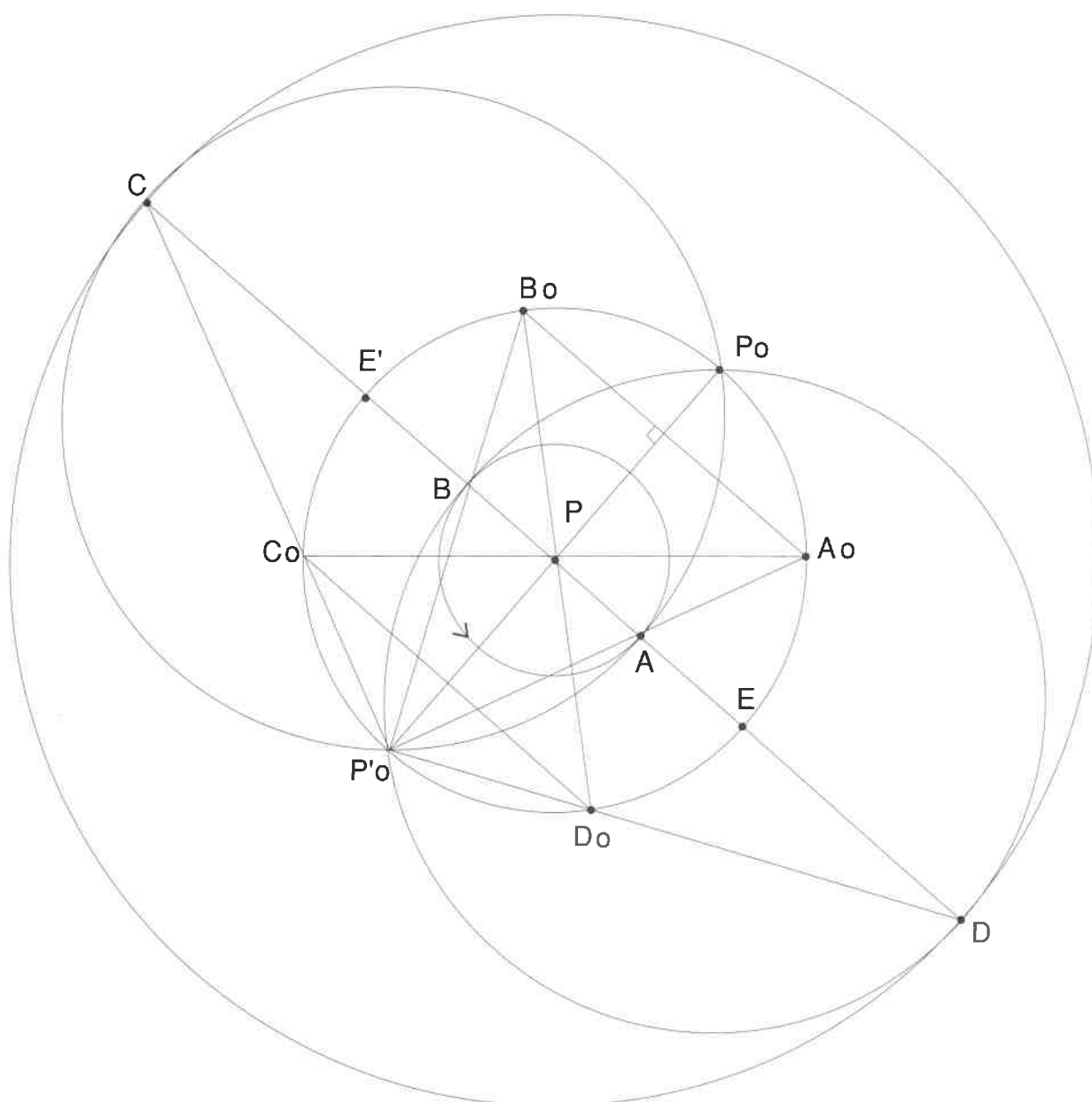


Fig. 3.3

Nous appellerons le cercle (A_oB_o) «le plus grand cercle de visibilité des étoiles» et le cercle (C_oD_o) «le plus grand cercle de non visibilité des étoiles».

Proposition n° 8. «Si sur une sphère oblique un grand cercle est tangent aux deux plus grands cercles de visibilité et de non visibilité des étoiles, il pourra au cours de sa rotation (autour de l'axe des pôles) coïncider avec l'horizon».

C'est un théorème très important, aux applications multiples que l'on peut énoncer autrement. «Pour une localité de latitude donnée toutes les positions de l'horizon peuvent être représentées par une série de cercles tangents à la fois au plus grand cercle de visibilité (A_oB_o) et au plus grand cercle de non visibilité des étoiles (C_oD_o)».

Pour mieux représenter le phénomène nous avons procédé fig. 3.3 à une projection stéréographique, sur le plan de l'équateur EE' , de la sphère céleste de pôles P_o et $P'o$, $P'o$ pôle austral étant le centre de projection. Le plus grand cercle de visibilité des étoiles de diamètre A_oB_o est représenté en projection par le petit cercle de diamètre AB . Le plus grand cercle de non visibilité des étoiles, de diamètre C_oD_o est représenté en projection par le grand cercle de diamètre CD .

Si on désigne par (A_oC_o) la position initiale de l'horizon sur la sphère céleste, la projection stéréographique en sera le cercle de diamètre AC , tangent en A au plus grand cercle de visibilité des étoiles et en C au plus grand cercle de non visibilité des étoiles.

Effectuons une rotation de 180° autour de $P_0P'_0$ amenant A_0 en B_0 , C_0 en D_0 (fig. 3.2) ; l'horizon de diamètre A_0C_0 prend la position du grand cercle (B_0D_0), dont la projection stéréographique (fig. 3.3) est le cercle de diamètre BD, tangent en B au plus grand cercle de visibilité des étoiles (petit cercle de diamètre AB) et en D au plus grand cercle de non visibilité des étoiles.

En projection stéréographique (fig. 3.3) on passe donc de la position de l'horizon de diamètre AC à celle de l'horizon de diamètre BD par une rotation de 180° amenant A en B et amenant C en D. Les cercles de diamètres AC et BD correspondent par exemple aux positions respectives de l'horizon au lever du Soleil et au coucher du Soleil au moment des équinoxes.

Lorsque la rotation de l'horizon autour de P est quelconque, le cercle horizon de diamètre AC vient prendre une position intermédiaire entre les cercles (AC) et (BD) ; la rotation de l'horizon s'effectue dans le sens du mouvement réel diurne (rotation de la Terre autour de son axe) représenté par une flèche sur le petit cercle de diamètre AB. Dans le paragraphe suivant nous aurons l'occasion d'utiliser cette propriété de rotation de l'horizon pour représenter le mouvement diurne par rapport aux étoiles supposées fixes.

Proposition n° 9. « Dans la sphère oblique, de tous les points qui se lèvent au même instant, ceux qui sont le plus voisins du pôle visible se coucheront plus tard ; de tous les points qui se couchent au même instant les plus voisins du même pôle visible se sont levés les premiers ».

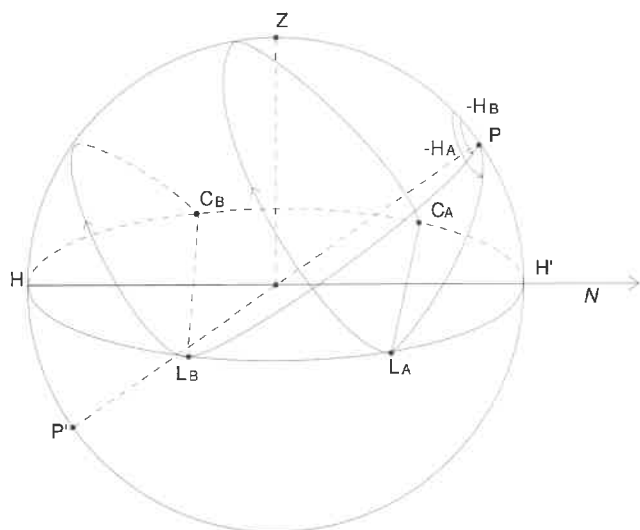


Fig. 3.4

Soient L_A et L_B deux levers d'étoiles au même instant T, le lever L_A étant le plus septentrional (fig. 3.4). Soient C_A et C_B les couchers de ces deux étoiles ; soit H_A l'angle horaire de C_A et $-H_A$ l'angle horaire de L_A l'instant du coucher C_A se situe à : $T + 2 H_A$.

Soit H_B l'angle horaire de C_B et $-H_B$ l'angle horaire de L_B ; l'instant du coucher C_B se situe à $T + 2 H_B$. Or il est clair que $H_A > H_B$, de sorte que l'instant du coucher C_A est plus tardif que celui de C_B ; c'est ce qu'indique la première partie de la proposition n° 9. La deuxième partie de la proposition est évidemment la corollaire de la première.

Le cas de la sphère oblique correspond à la position de la sphère céleste pour une latitude quelconque (axe des pôles incliné - donc oblique - par rapport à l'horizon).

Autolycus évoque aussi le cas de la « sphère droite », dans lequel l'équateur est perpendiculaire à l'horizon (hauteur du pôle nulle, cas de points situés à l'équateur) et le cas de la « sphère parallèle » où l'équateur est parallèle à l'horizon (hauteur du pôle égale à 90°), ce qui correspond à un point situé au pôle.

3.3.2 Les levers et couchers des étoiles. Livre I

A. Définitions. Les propositions d'Autolycus

Autolycus aborde dans cet ouvrage le problème qui consiste à établir des repères chronologiques durant l'année grâce aux levers et aux couchers des étoiles. Nous avons déjà précisé à propos d'**Anaximène** que notamment les travaux agricoles étaient réglés sur le lever et le coucher héliques de certaine étoiles, d'où l'importance de pouvoir prévoir ceux-ci. Le lever et le coucher héliques d'une étoile ont déjà été définis à propos de l'astronomie babylonienne (voir n° 1.2).

Autolycus divise les levers et couchers des étoiles en levers vrais et apparents, en couchers vrais et

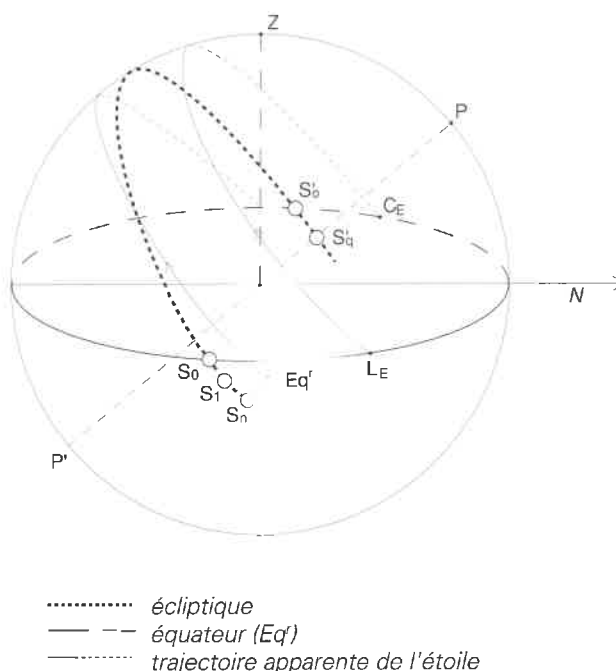


Fig. 3.5

..... écliptique
 --- équateur (Eq')
 - - - - - trajectoire apparente de l'étoile

apparents, les levers et couchers apparents n'étant autres que les levers et couchers héliques. Les levers et couchers vrais sont définis de la façon suivante (fig. 3.5) :

Le lever vrai du matin (LVM) a lieu quand une étoile E se lève en L_E à l'horizon vers l'est en même temps que se lève le Soleil en S_o , ce point étant l'intersection de l'écliptique, représenté en ponctué, avec l'horizon.

LVM = association $L_E S_o$.

Le coucher vrai du matin (CVM) a lieu quand une étoile E se couche à l'horizon vers l'ouest en C_E en même temps que le Soleil se lève en S_o .

CVM = association $C_E S_o$.

Le lever vrai du soir (LVS) a lieu quand l'étoile E se lève à l'horizon en L_E , vers l'est en même temps que le Soleil se couche en S'_o , point appartenant aussi à l'écliptique et diamétralement opposé à S_o ;

LVS = association $L_E S'_o$.

Le coucher vrai du soir (CVS) a lieu quand l'étoile E se couche en C_E en même temps que le Soleil se couche en S'_o .

CVS = association $C_E S'_o$.

Il est évident que ces levers et couchers vrais ne sont pas visibles puisque la lumière du Soleil ne permet pas de voir briller l'étoile : il faudra que le Soleil se soit abaissé d'un certain nombre de degrés au dessous de l'horizon pour que le lever ou le coucher de l'étoile soit visible.

Considérons une étoile qui se lève le jour J en L_E en même temps que le Soleil se lève en S_o . Le jour J + 1 cette même étoile aura accompli un tour complet en 23 h 56 m, alors que le Soleil ne se lèvera que 24 h environ après son lever précédent, ceci parce que de la position S_o il est passé sur l'écliptique en S_1 , ayant augmenté sa longitude écliptique d'environ 1° . Il a pris en un jour 4 minutes de retard sur l'étoile ; le lendemain, au jour J + 2 il aura pris sur l'étoile 8 minutes de retard et ainsi de suite. Il arrivera un jour J + n où le Soleil aura la position S_n sur l'écliptique, suffisamment basse par rapport à l'horizon pour que nous puissions observer le lever hélique de l'étoile E en L_E ; il s'agit du lever apparent du matin (LAM), selon la terminologie d'Autolycus ; LAM = association $L_E S_n$.

De même le lever apparent du soir (LAS) se produit en L_E lorsque le Soleil est suffisamment bas au dessous de l'horizon côté ouest, en un point tel que S'_q pour que l'étoile soit visible ; LAS = association $L_E S'_q$.

En ce qui concerne les couchers, on définit de même le coucher apparent du matin (CAM) lorsque l'étoile se couche en C_E et que le Soleil est du côté Est suffisamment bas au dessous de l'horizon pour que l'étoile soit visible. Le mouvement diurne permet de passer de la position L_E de l'étoile à sa position C_E ; l'écliptique participe à ce mouvement et vient prendre une position nouvelle, non représen-

tée sur la figure ; sur celle-ci il faudrait marquer un point S_p au dessous de l'horizon du côté est ; on a donc :

CAM = association $C_E S_p$.

On définit enfin le coucher apparent du soir (CAS) lorsque l'étoile se couche en C_E et que le Soleil est suffisamment bas sous l'horizon côté ouest, en un point S'_r , pour que l'étoile soit visible à son coucher ; on a donc : CAS = association $C_E S'_r$.

Il faut remarquer qu'un lever hélique ou lever apparent, de même qu'un coucher hélique ou coucher apparent constitue un phénomène nouveau, prévisible certes, mais d'autant plus spectaculaire que l'étoile est plus brillante et qu'il ne se produit qu'une fois par an. C'est ainsi que les Egyptiens fixaient le début de leur année au lever hélique de l'étoile Sirius. Suivant cette tradition, Eudoxe de Cnide plaçait l'origine de l'écliptique au point où se trouvait le Soleil lors du lever hélique de Sirius et il faisait débiter en ce point son signe du Lion.

Dans le livre I de son ouvrage «Les levers et les couchers des étoiles» Autolycus se propose d'étudier l'ordre des divers phénomènes visibles : LAM, LAS, CAM, CAS, pour une étoile donnée dans le courant de l'année. La considération des levers et couchers vrais permet à l'astronome de Pitane d'avoir des points de repère relativement aisés à mettre en évidence, et qui correspondent à des positions du Soleil à la fois sur l'horizon et sur l'écliptique. On peut donc définir leurs positions par la longitude écliptique du Soleil que nous évaluerons en degrés, mais Autolycus les définissait en jours à partir du point choisi comme origine sur l'écliptique. La transformation des degrés en jours est facile puisqu'à 360° correspondent 365 jours. Bien entendu Autolycus suppose que les phénomènes en question se reproduisent de manière identique d'année en année ; il fait abstraction de la précession des équinoxes et de la variation de l'obliquité de l'écliptique, qui sont encore ignorés de son temps. Le premier livre des «Levers et couchers des étoiles» contient 13 propositions dont nous énumérerons les cinq premières.

Proposition 1. «Les levers et couchers apparents du matin (LAM) et (CAM) suivent de quelque temps les levers et couchers vrais : (LVM) et (CVM) ; les levers et couchers apparents du soir (LAS) et (CAS) précèdent de quelque temps les levers et couchers vrais (LVS) et (CVS)». Avec nos abréviations on a : LAM > LVM ; CAM > CVM ; LAS < LVS ; CAS < CVS.

Proposition 2. «Les levers de toutes les étoiles sont visibles chaque nuit, depuis le lever apparent du matin (LAM) jusqu'au lever apparent du soir (LAS) et jamais à une autre époque ; la période pendant laquelle le lever de l'étoile est visible est plus courte qu'une demi-année».

Proposition 3. «Les couchers sont visibles chaque nuit depuis le coucher apparent du matin (CAM)

jusqu'au coucher apparent du soir (CAS), jamais dans un autre temps et le temps où on peut les observer n'est pas la moitié d'une année».

Proposition 4. «Les étoiles situées sur l'écliptique ont leur coucher apparent du matin (CAM) six mois après leur lever apparent du matin (LAM), celles qui sont au nord de l'écliptique (étoiles boréales) après plus de six mois et celles qui sont au sud de l'écliptique (étoiles australes) après un intervalle inférieur à six mois».

Proposition 5. «Les étoiles situées sur l'écliptique ont leur coucher apparent du soir (CAS) six mois après le lever apparent du soir (LAS) ; celles qui sont boréales plus de six mois après ; celles qui sont australes moins de six mois après».

Pour nous rendre compte de la validité de ces cinq propositions, nous ne raisonnerons plus sur la fig. 3.5, dans laquelle l'horizon HH' est supposé fixe, mais dans laquelle il faut à la fois : faire tourner les étoiles et faire tourner l'écliptique, qui participe aussi au mouvement diurne. Il est plus simple d'utiliser la proposition 8 de la «sphère en mouvement» d'Autolycus (voir n° 3.3.1) et les propriétés qui en découlent, à savoir notamment que l'on peut représenter le mouvement diurne en supposant les étoiles et l'écliptique fixes, mais en faisant tourner l'horizon et en utilisant la projection stéréographique. L'étoile E sera donc fixe, située en E, à la fois sur l'horizon qui correspond à son lever et sur l'horizon qui correspond à son coucher : voir figures 3.6 à 3.9.

La rotation de l'horizon s'effectue autour du pôle P, le cercle horizon représenté seulement partiellement restant constamment tangent au plus grand cercle de visibilité des étoiles comme nous l'avons vu en 3.3.1 : fig. 3.3. Sur cette figure comme sur les figures 3.6 à 3.9 le plus grand cercle de visibilité des étoiles est représenté par un tout petit cercle, avec flèche indiquant le sens de la rotation diurne.

La méthode ainsi utilisée s'apparente à celle que l'on utilise en astronomie de position, lorsqu'on veut observer des étoiles sous des hauteurs égales ; on fait alors tourner le calque des coordonnées locales, sur lequel figurent l'horizon, les cercles de hauteurs égales : 10 gr, 20 gr, 30 gr,... et les courbes d'égale azimut, par rapport à une carte du ciel fixe. Le calque est établi pour la latitude du lieu d'observation. C'est aussi le principe de l'astrolabe que nous étudierons ultérieurement, mais il y a interversion des mouvements : «l'araignée» qui porte les étoiles tourne par rapport à un «tympan» établi pour une latitude donnée, sur lequel figurent les courbes suivantes : écliptique, cercles de hauteurs égales, courbes d'égale azimut.

Sur les figures 3.6 à 3.9 nous avons représenté l'horizon correspondant au lever de l'étoile : c'est la portion de cercle supérieur et l'horizon correspondant au coucher de l'étoile : c'est la portion de cercle inférieur. Ces deux portions de cercle, tangentes au plus grand cercle de visibilité des étoiles se dédui-

sent, la seconde de la première, par une rotation dans le sens du mouvement réel diurne, marqué par la flèche. Nous avons hachuré les hémisphères situés sous les horizons. Le 4^e cercle représente l'écliptique, sur lequel le déplacement annuel du Soleil s'effectue dans le sens de la flèche. Le plus grand cercle de non visibilité des étoiles, de même que l'équateur n'ont pas été représentés.

Nous étudierons les 4 cas de figures 3.6 à 3.9 qui se distinguent par la valeur de la latitude écliptique de l'étoile :

- a) Cas où l'étoile est située sur l'écliptique, (fig. 3.6).
- b) Cas où l'étoile est zodiacale avec une latitude écliptique faible, mais positive, (fig. 3.7).
- c) Cas où l'étoile est boréale avec une latitude écliptique positive, plus élevée, (fig. 3.8).
- d) Cas où l'étoile est australe avec une latitude écliptique négative, (fig. 3.9).

Les intersections de l'écliptique et des horizons correspondent aux positions du Soleil lors des levers et couchers vrais de l'étoile E. Nous désignerons par SLVM la position du Soleil pour le lever vrai du matin, par SLVS la position du Soleil pour le lever vrai du soir, par SCVM la position du Soleil pour le coucher vrai du matin, par SCVS la position du Soleil pour le coucher vrai du soir de l'étoile E.

Reportons nous à la fig. 3.5 où nous avons défini le lever vrai du matin (LVM) par l'association $L_e S_o$. Dans la fig. 3.7 L_e devient l'étoile E, supposée fixe, à l'intersection de l'horizon du lever de l'étoile et de l'horizon du coucher de l'étoile.

Le point S_o situé à la fois sur l'horizon du lever et sur l'écliptique devient, avec nos conventions nouvelles, le point désigné par SLVM à l'intersection des deux cercles images de l'horizon et de l'écliptique en projection stéréographique.

Le point S'_o diamétralement opposé à S_o sur la fig. 3.5 devient le point désigné par SLVS situé en projection stéréographique au deuxième point d'intersection des deux cercles précédents. Les points S_o et S'_o d'une part, SLVM et SLVS d'autre part sont à la fois diamétralement opposés sur l'horizon et sur l'écliptique, ce qui n'apparaît pas sur la figure en projection stéréographique ; celle-ci déforme en effet les figures et le diamètre d'un cercle de la sphère n'apparaît pas comme tel sur le cercle transformé en projection.

Un raisonnement analogue permet de situer sur la fig. 3.7 les positions du Soleil SCVM et SCVS, eux aussi diamétralement opposés à la fois sur l'écliptique et sur l'horizon du coucher. Il est évident que dans le cas d'une étoile située sur l'écliptique (fig. 3.6) SLVM, SCVS d'une part, SCVM et SLVS sont confondues.

Pour les levers et couchers apparents nous utiliserons des notations analogues. SLAM est la position du Soleil sur l'écliptique pour le lever apparent du matin de l'étoile, SLAS est la position du Soleil

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5
$\beta = 0$	Durée	*	↑	↓
CAS à LAM	$2a = 30^\circ$	-	-	-
LAM à LAS	$180^\circ - 2a = 150^\circ$	+	+	-
LAS à CAM	$2a = 30^\circ$	+	-	-
CAM à CAS	$180^\circ - 2a = 150^\circ$	+	-	+

$\Sigma = 360^\circ$

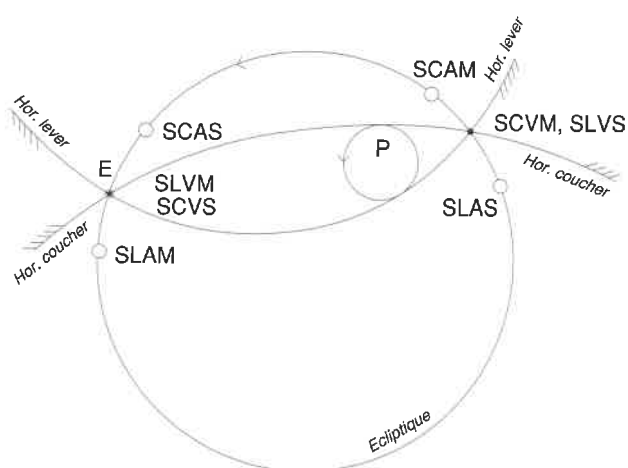


Fig. 3.6 Etoile sur l'écliptique

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5
$\beta > 0, \delta > 2a$	Durée	*	↑	↓
LAM à CAS	$Ab = \delta - 2a$	+	+	+
CAS à LAS	$Bb = 180^\circ - \delta$	+	+	-
LAS à CAM	$Cb = 2a + \delta$	+	-	-
CAM à LAM	$Db = 180^\circ - \delta$	+	-	+

$\Sigma = 360^\circ$

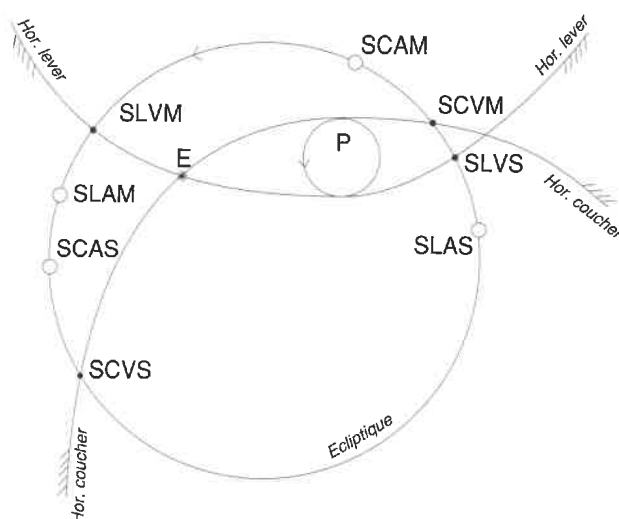


Fig. 3.8 Etoile boréale

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5
$\beta > 0, \delta < 2a$	Durée	*	↑	↓
CAS à LAM	$Az = 2a - \delta$	-	-	-
LAM à LAS	$Bz = 180^\circ - 2a$	+	+	-
LAS à CAM	$Cz = \delta + 2a$	+	-	-
CAM à CAS	$Dz = 180^\circ - 2a$	+	-	+

$\Sigma = 360^\circ$

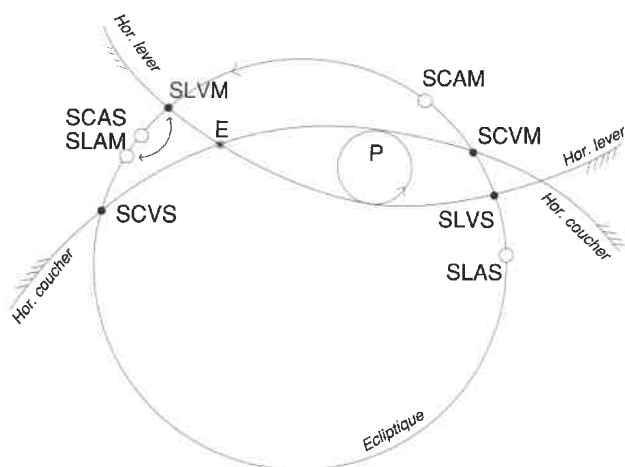


Fig. 3.7 Etoile zodiacale

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5
$\beta < 0$	Durée	*	↑	↓
CAS à LAM	$Aa = \delta + 2a$	-	-	-
LAM à CAM	$Ba = 180^\circ - \delta$	+	+	-
CAM à LAS	$Ca = \delta - 2a$	+	+	+
LAS à CAS	$Da = 180^\circ - \delta$	+	-	+

$\Sigma = 360^\circ$

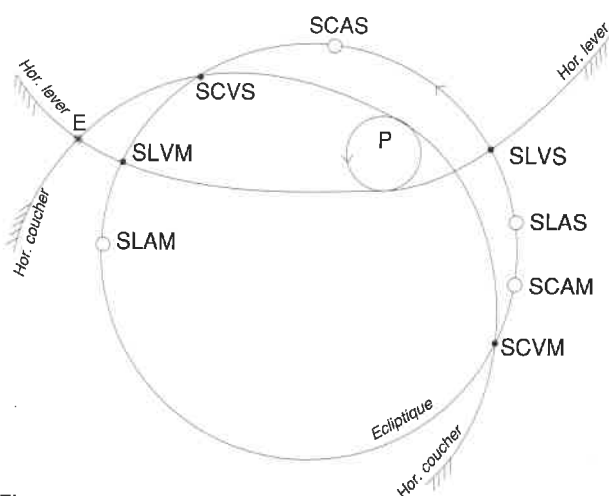


Fig. 3.9 Etoile australe

pour le lever apparent du soir, SCAM est la position du Soleil sur l'écliptique pour le coucher apparent du matin, SCAS est la position du Soleil pour le coucher apparent du soir.

Pour les levers et couchers apparents le Soleil est au dessous de l'horizon correspondant, sa position est matérialisée sur les fig. 3.6 à 3.9 par de petites circonférences. Pour les levers apparents le Soleil est sous l'horizon du lever de l'étoile en SLAM (matin) et SLAS (soir). Pour les couchers apparents le Soleil est sous l'horizon du coucher de l'étoile en SCAM (matin) et SCAS (soir).

En toute rigueur les longueurs des arcs compris entre un lever ou coucher vrai et le lever ou coucher apparent dépendent d'un certain nombre de facteurs : latitude du lieu, transparence de l'atmosphère à l'horizon, éclat de l'étoile, ... ; en particulier les parties ouest et est de l'horizon n'ont pas le même degré d'obscurité à l'approche du lever du Soleil. Mais Autolycus simplifie considérablement la question en supposant ces arcs comptés le long de l'écliptique égaux uniformément à un demi-signes du zodiaque, soit à : $a = 15^\circ$. On désigne habituellement cette hypothèse sous le nom de «règle de symétrie».

B. Détermination des intervalles de temps entre les levers et couchers héliaux d'une étoile.

Désignons par LVM la longitude écliptique du Soleil lorsqu'il est en SLVM, c'est-à-dire lorsque l'étoile est à son lever vrai du matin, par CVS la longitude écliptique du Soleil lorsqu'il est en SCVS etc... Posons $LVM = \ell$ et, comme Tannery (Bibl 8), désignons par δ la différence de longitude écliptique entre LVM et CVS ; on a donc :
 $CVS = LVM + \delta = \ell + \delta$.

D'après la remarque précédente concernant le fait que SLVM et SLVS sont diamétralement opposés, on a : $LVS = LVM + 180^\circ = \ell + 180^\circ$.
 De même : $CVM = CVS + 180^\circ = \ell + \delta + 180^\circ$.
 Pour une étoile située sur l'écliptique (fig. 3.6) on a évidemment : $\delta = 0$.
 Pour une étoile boréale ou zodiacale de latitude écliptique positive (fig. 3.7 et 3.8), on a : $\delta > 0$.
 Pour une étoile australe (fig. 3.9) on a : $\delta < 0$.

Désignons par LAM la longitude écliptique du Soleil pour le lever apparent du matin de l'étoile, par CAS la longitude écliptique du Soleil pour le coucher apparent du soir de l'étoile, etc... Comme Autolycus suppose les quatre arcs séparant lever ou coucher vrai du lever ou coucher apparent égaux à : $a = 15^\circ$, on a :

$$\begin{aligned} LAM &= LVM + a = \ell + a \\ CAS &= CVS - a = \ell + \delta - a \\ LAS &= LVS - a = \ell + 180^\circ - a \\ CAM &= CVM + a = \ell + \delta + 180^\circ + a \end{aligned}$$

Le signe plus ou moins devant "a" résulte simplement de l'examen des figures 3.6 à 3.9. Les résultats obtenus ci-dessus sont résumés dans le tableau 3.10 ci-dessous.

Il est facile de passer des différences de longitude écliptique à des intervalles de temps. A 30° de différence de longitude correspond 1 mois, à 360° de différence de longitude correspond une année, soit 12 mois, soit 365 jours.

Comme Tannery nous appellerons étoiles zodiacales celles pour lesquelles : $\delta < 2a$, soit $\delta < 30^\circ$ et boréales celles pour lesquelles $\delta > 2a$ soit $\delta > 30^\circ$.

B1 Etoiles situées sur l'écliptique. Fig. 3.6

C'est un cas particulier des étoiles zodiacales pour lequel $\delta = 0$. Il est facile de voir que l'ordre des levers et couchers apparents est : CAS, LAM, LAS, CAM, d'où les numéros d'ordre 1, 2, 3, 4 du tableau 3.10 ci-dessous.

1ère Période de CAS à LAM. La durée de cette période est : $LAM - CAS = \delta + 2a = 2a$, puisque $\delta = 0$. Or $2a = 30^\circ$, ce qui correspond à un mois. Pendant cette période le Soleil est soit au dessus d'un horizon, soit insuffisamment bas sous l'autre horizon ; l'étoile reste invisible durant toute la nuit ; il n'y a ni lever, ni coucher visible. C'est la période dénommée «crypsis» de l'étoile par les Anciens Grecs.

Nous résumerons les propriétés ainsi mises en évidence dans un tableau synoptique placé au dessus de chaque figure. La première colonne indique la partie de trajectoire du Soleil sur l'écliptique, la 2e colonne sa durée, la 3e colonne (*) la visibilité de l'étoile, la 4e colonne (↑) la visibilité du lever, la 5e

Longitudes écliptiques du soleil pour les levers et couchers vrais	Longitude écliptiques du soleil pour les levers et couchers apparents	ordre pour les étoiles	
		zodiacales ou sur l'écliptique	boréales
$LVM = \ell$	$LAM = \ell + a$	2	1'
$CVS = \ell + \delta$	$CAS = \ell + \delta - a$	1	2'
$LVS = 180^\circ + \ell$	$LAS = 180^\circ + \ell - a$	3	3'
$CVM = 180^\circ + \ell + \delta$	$CAM = 180^\circ + \ell + \delta + a$	4	4'

Tableau 3.10

colonne (↓) la visibilité du coucher. La visibilité est indiquée par le signe +, la non visibilité par le signe - ; toutefois en ce qui concerne la visibilité de l'étoile, si le signe - indique que l'étoile est invisible toute la nuit, le signe + indique que l'étoile est soit visible toute la nuit, soit durant une période plus ou moins grande de la nuit. Les propriétés que nous venons de mettre en évidence pour la période de «crypsis» de l'étoile se résument par trois signes - sur la première ligne du tableau synoptique de la fig. 3.6.

2e Période de LAM à LAS. La durée de cette période est : $LAS - LAM = 180^\circ - 2a = 150^\circ$, soit 5 mois. L'arc où se déplace le Soleil se trouve au dessous de l'horizon du lever et suffisamment bas sous celui-ci, les levers de l'étoile sont toujours visibles. Par contre le même arc se trouvant au dessus de l'horizon du coucher, les couchers de l'étoile sont invisibles ; d'où les signes + et - respectivement dans les colonnes 4 et 5 (2e ligne). Examinons les conditions de visibilité de l'étoile, lorsque l'horizon du lever passe par le Soleil, celui-ci se lève et il fait jour. Si le Soleil est près de SLAM il fait jour peu après le lever de l'étoile, de sorte que l'étoile n'est visible que dans la dernière partie de la nuit. Si le Soleil est près de SLAS, il commence à faire jour longtemps après le lever de l'étoile, de sorte que l'étoile est visible durant une grande partie de la nuit. Selon les conventions indiquées ci-dessus à 1ère période, le signe + de la colonne (*) 2ème ligne indique que l'étoile est visible durant une partie plus ou moins grande de la nuit.

3e Période de LAS à CAM. La durée de cette période est : $CAM - LAS = 2a = 30^\circ$, soit un mois. Lorsque le Soleil dépasse SLAS, il n'est plus suffisamment bas sous l'horizon du lever pour que le lever de l'étoile soit visible. En ce qui concerne l'horizon du coucher, le Soleil est soit au dessus de celui-ci, soit suffisamment bas par rapport à lui pour que le coucher soit visible. Il en résulte que l'étoile reste visible toute la nuit sans qu'on puisse voir, ni son lever, ni son coucher ; d'où les signes +, -, - respectivement dans les colonnes 3, 4, 5 (3e ligne).

4e Période de CAM à CAS. La durée de cette période est : $CAS - CAM = 180^\circ - 2a = 150^\circ$, correspondant à 5 mois. L'arc où se déplace le Soleil est constamment au dessus de l'horizon du lever, donc les levers de l'étoile sont toujours invisibles. Par contre le même arc étant entièrement au dessous de l'horizon du coucher, les couchers sont toujours visibles ; un raisonnement analogue à celui de la 2e période montre que l'étoile est visible durant une partie plus ou moins grande de la nuit. Il en résulte respectivement les signes +, -, + dans les colonnes 3, 4, 5 sur la 4e ligne.

Vérification : Somme des durées :
 $30^\circ + 150^\circ + 30^\circ + 150^\circ = 360^\circ$

B2 Etoiles zodiacales $\delta < 2a$ (fig. 3.7)

On distingue pour les étoiles zodiacales les quatre mêmes périodes que ci-dessus avec le même

ordre 1, 2, 3, 4 : en effet tableau 3.10 on voit que $CAS = \ell + \delta - a$ et que $LAM = \ell + a$; or $CAS < LAM$ puisque $\ell + \delta - a < \ell + a$, ce qui résulte de $\delta < 2a$.

1ère Période de CAS à LAM. La durée est :

$Az = LAM - CAS = \ell + a - (\ell + \delta - a) = 2a - \delta$. Comme en B, il n'y a ni lever ni coucher visible : c'est la période de «crypsis» de l'étoile ; d'où 3 signes - dans les colonnes 3, 4, 5 (1ère ligne).

2e Période de LAM à LAS. La durée est :

$Bz = LAS - LAM = 180^\circ + \ell - a - (\ell + a)$
 $Bz = 180^\circ - 2a = 150^\circ$ soit 5 mois. En raisonnant comme en B1 on constate que les levers de l'étoile sont toujours visibles et que les couchers sont toujours invisibles. Quant à l'étoile elle est visible durant une partie plus ou moins grande de la nuit ; d'où les signes +, +, - dans les 3 colonnes 3, 4, 5 (2e ligne).

3e Période de LAS à CAM. La durée est :

$Cz = CAM - LAS = 180^\circ + \ell + \delta + a - (180^\circ + \ell - a)$
 $Cz = \delta + 2a$. Pendant cette période, comme en B1, on voit l'étoile toute la nuit, sans qu'elle ne se lève, ni se couche ; d'où les signes +, -, - respectivement dans les colonnes 3, 4, 5 (3e ligne).

4e Période de CAM à CAS. La durée est :

$Dz = CAS - CAM = \ell + \delta - a - (180^\circ + \ell + \delta + a)$
 $Dz = 180^\circ - 2a$, soit 150° ou 5 mois. Pendant cette période le Soleil est constamment au dessous de l'horizon du coucher, le coucher est toujours visible, d'où le signe + dans la colonne 5. Par contre le même arc est en partie au dessus de l'horizon du lever ou insuffisamment bas au dessous de celui-ci : les levers ne sont pas visibles, d'où le signe - dans la colonne 4. L'étoile est visible durant une partie plus ou moins grande de la nuit, d'où le signe + dans la colonne 3.

Vérification : Somme des durées :

$$2a - \delta + 150^\circ + \delta + 2a + 150^\circ = 300^\circ + 4a = 360^\circ$$

Nous avons vu qu'Autolycus avait supposé égaux entre eux et à : $a = 15^\circ$ les arcs (SCAS \Rightarrow SCVS), (SLAS \Rightarrow SLVS), (SCVM \Rightarrow SCAM), (SLVM \Rightarrow SLAM). Cette «règle de symétrie» implique : $Bz = Dz$ et $|Az| + Dz = 2\delta$, ce qu'on peut vérifier aisément.

B3 Etoiles boréales : $\delta > 2a$ (fig. 3.8)

On a alors : $CAS > LAM$, car $\ell + \delta - a > \ell + a$, puisque $\delta > 2a$. L'ordre $CAS \Rightarrow LAM$ de la fig. 3.7 devient inversé sur la fig. 3.8 où LAM précède LAS, le reste étant inchangé, d'où l'ordre 1' 2' 3' 4' du tableau 3.10 pour les étoiles boréales. On distingue encore 4 périodes :

1er Période de LAM à CAS. La durée est :

$Ab = CAS - LAM = \ell + \delta - a - (\ell + a) = \delta - 2a$. Pendant cette période le Soleil se trouve suffisamment bas par rapport aux deux horizons pour qu'on puisse voir l'étoile se lever et se coucher ; l'étoile est visible durant une partie plus ou moins grande de la nuit ; d'où le signe + dans les colonnes 3, 4, 5 (1e ligne).

2e Période CAS à LAS.

La durée est :
 $Bb = LAS - CAS = 180^\circ + \ell - a - (\ell + \delta - a)$
 $Bb = 180^\circ - \delta$. Pendant cette période le Soleil est constamment sous l'horizon du lever ; donc les levers de l'étoile sont visibles. Par rapport à l'horizon du coucher le Soleil est soit insuffisamment bas, soit plus haut que cet horizon ; donc les couchers de l'étoile ne sont pas visibles ; d'où les signes + et - respectivement dans les colonnes 4 et 5. L'étoile est visible durant une partie plus ou moins grande de la nuit, d'où le signe + dans la colonne 3.

3e Période LAS à CAM.

La durée est :
 $Cb = CAM - LAS = 180^\circ + \ell + \delta + a - (180^\circ + \ell - a)$
 $Cb = 2a + \delta$. On voit l'étoile toute la nuit, sans qu'elle ne se lève, ni se couche pour les raisons indiquées en B2 3e, d'où les signes +, -, - respectivement dans les colonnes 3, 4, 5.

4e Période CAM à LAM.

La durée est :
 $Db = LAM - CAM = \ell + a - (180^\circ + \ell + \delta + a)$
 $Db = 180^\circ - \delta$. Mêmes commentaires qu'en B2 4e. Coucher de l'étoile toujours visible (signe + colonne 5), lever de l'étoile non visible (signe - colonne 4) ; l'étoile est visible durant une partie plus ou moins grande de la nuit, d'où le signe + dans la colonne 3.

Vérification.

Somme des durées :
 $(\delta - 2a) + (180^\circ - \delta) + (2a + \delta) + (180^\circ - \delta) = 360^\circ$

On vérifie aussi que la règle des symétries entraîne : $Bb = Db = 180^\circ - \delta$ et que $Ab + Cb = 2\delta$.

B4 Etoiles australes (fig. 3.9)

La latitude écliptique de l'étoile étant négative, celle-ci se trouve sous l'écliptique. Nous nous sommes contentés de faire la fig. 3.9 correspondante et de dresser le tableau synoptique, laissant le soin au lecteur d'en découvrir lui-même les justifications.

On vérifie aussi que la somme des durées est 360° , que $Ba = Da = 180^\circ - \delta$ et que $Aa + Ca = 2\delta$.

Revenons maintenant aux cinq premières propositions d'Autolycus énoncées plus haut. Les explications qui viennent d'être données ainsi que les fig. 3.6 à 3.9 permettent de vérifier le bien fondé de ces cinq propositions.

Proposition 1. On a bien dans les quatre cas de figure : $LAM > LVM$; $CAM > CVM$; $LAS < LVS$; $CAS < CVS$.

Proposition 2. Les tableaux synoptiques des quatre cas de figure montrent bien que les levers apparents sont visibles entre LAM et LAS.

Proposition 3. Les tableaux synoptiques des quatre cas de figure montrent bien que les couchers apparents sont visibles entre CAM et CAS.

Proposition 4. Pour les étoiles situées sur l'écliptique, on a : $CAM - LAM = 150^\circ + 30^\circ = 180^\circ = 6$ mois.
Pour les étoiles boréales, on a :
 $CAM - LAM = -Db = 180^\circ + \delta > 6$ mois.

Pour les étoiles australes, on a :
 $CAM - LAM = Ba = 180^\circ - \delta < 6$ mois.

Proposition 5. Pour les étoiles situées sur l'écliptique, on a : $CAS - LAS = 30^\circ + 150^\circ = 180^\circ = 6$ mois.

Pour les étoiles boréales, on a :
 $CAS - LAS = -Bb = 180^\circ + \delta > 6$ mois.

Pour les étoiles australes, on a :
 $CAS - LAS = Da = 180^\circ - \delta < 6$ mois.

Les propriétés de 8 autres propositions du livre I d'Autolycus sur les «levers et couchers d'étoiles» sont implicitement contenues dans notre étude.

3.3.3 Levers et couchers des étoiles. Livre II

Dans le livre II des «levers et couchers des étoiles» Autolycus cherche à mettre en évidence l'ordre de grandeur du temps qui sépare les différents phénomènes. Il énumère 18 propositions qui figurent toutes dans «l'Astronomie Ancienne» de Delambre (Bibl 5). Les propriétés sont aussi implicitement contenues dans l'étude que nous venons d'effectuer, en nous inspirant des études de Tannery (Bibl 8) et de Neugebauer (Bibl 9), auquel nous avons emprunté l'idée de visualiser les phénomènes par l'utilisation de la projection stéréographique. Nous ne citerons que deux propositions du livre II.

Proposition 4. «Toute étoile qu'elle soit boréale ou australe parviendra en cinq mois de son lever apparent du matin (LAM) à son lever apparent du soir (LAS)». Il suffit d'effectuer la différence $LAS - LAM$. Pour les étoiles boréales cette différence vaut :
 $Ab + Bb = \delta - 2a + 180^\circ - \delta = 180^\circ - 2a = 150^\circ = 5$ mois.
Pour les étoiles australes cette différence vaut :
 $Ba + Ca = 180^\circ - \delta + \delta - 2a = 180^\circ - 2a = 150^\circ = 5$ mois.

Proposition 8. « Les étoiles boréales ont leur coucher apparent du soir (CAS) avant leur lever apparent du soir (LAS). C'est le contraire pour les étoiles australes ». Nous avons vu pour les étoiles boréales que l'ordre était (CAS) puis (LAS), avec $LAS - CAS = 180^\circ - \delta$, donc bien inférieur à 180° ou 6 mois. Pour les étoiles australes l'ordre est (LAS) puis (CAS), avec $CAS - LAS = 180^\circ - \delta$, encore inférieur à six mois.

3.3.4 Vérification de Delambre par le calcul

Delambre vérifie par le calcul la validité des propositions d'Autolycus. C'est ainsi qu'il considère l'étoile boréale «Arcturus» en 300 avant J.C. ; il suppose qu'elle est observée à Thèbes à la latitude : $\ell = 38^\circ 20'$. Compte tenu de la date choisie, il calcule la longitude et la latitude écliptique de l'étoile, qu'il transforme ensuite en coordonnées équatoriales : ascension droite et déclinaison. Au chapitre d'Autolycus, Delambre ne donne aucune justification théorique des formules assez compliquées qu'il utilise, mais il reprend la question à propos d'Hipparque dans ces termes : «que la latitude et la déclinaison étant données on en conclut le point qui est au

méridien, le point culminant de l'écliptique, le point orient de l'écliptique, ce qui forme une des opérations trigonométriques les plus longues et les plus compliquées de l'astronomie».

Le point orient de l'écliptique est évidemment le point de l'écliptique qui se lève en même temps qu'Arcturus. Si on place le Soleil en ce point on a affaire au lever vrai du matin (LVM) d'Arcturus. De la longitude écliptique du Soleil au LVM d'Arcturus, on déduit la longitude du Soleil correspondant au coucher vrai du soir : CVS, au lever vrai du soir (LVS), au coucher vrai du matin (CVM) d'après la partie gauche du tableau 3.10 ci-dessus. En utilisant la partie droite du même tableau, on en déduit les longitudes écliptiques du Soleil correspondant aux levers et couchers apparents du matin et du soir.

Nous n'infligerons pas au lecteur les détails du calcul de Delambre, mais nous aurons l'occasion de traiter un type de problème analogue pour reconstituer la date de l'appareillage de la flotte de **Néarque** (voir n° 5.25). Nous utiliserons des formules moins compliquées que celles de Delambre, en ramenant l'algorithme de calcul à la résolution successive de 4 triangles sphériques rectangles.

Voici les résultats obtenus par Delambre pour Arcturus en 300 avant J.C., à la latitude de Thèbes.

LVM	158°,553	LAM	174°,204
CVS	233°,239	CAS	205°,844
LVS	338°,553	LAS	322°,896
CVM	53°,239	CAM	80°,063

Tableau 3.11 Arcturus

Les longueurs des arcs (LVM \Rightarrow LAM) (CAS \Rightarrow CVS) (LAS \Rightarrow LVS) (CVM \Rightarrow CAM) ne sont pas uniformément égaux à 15° comme le suppose Autolycus.

En examinant la fig. 3.8 relative à une étoile boréale, comme l'est Arcturus, on constate bien que l'ordre de la figure : LVM, LAM, CAS, CVS, LAS, LVS, CVM, CAM est conforme aux expressions en degrés de ce tableau. Delambre vérifie que les propositions d'Autolycus sont bien conformes aux résultats obtenus par le calcul.

Nous aurons l'occasion de comparer les durées des périodes qui résultent de ce tableau avec celles du parapegme d'Eudoxe, qui sera étudié dans le prochain chapitre (voir n° 4.2).

3.3.5 Conclusion


Nous pensons avoir donné dans l'étude précédente une idée assez précise de l'état de l'astronomie grecque au 4^e siècle avant J.C. Comme le fait remarquer Delambre «si l'on avait su calculer trigonométriquement tous ces phénomènes, on se serait bien gardé d'en faire une énumération aussi longue et aussi obscure».

Mais l'étude des levers et couchers apparents des étoiles, ou levers et couchers héliques va nous permettre de mieux appréhender la manière dont les astronomes grecs établissaient vers la même époque leur «parapegme», c'est-à-dire leurs almanachs d'étoile ; c'est ce que nous ferons à propos du parapegme d'Eudoxe dans le prochain chapitre (voir n° 4.2).

Avec un calendrier solaire fixe comme le nôtre, l'énoncé d'une date suffit, pour un climat donné, à évoquer les périodes des saisons et à régler ainsi les travaux agricoles, à déterminer les époques favorables à la navigation, etc... Mais avec une année luni-solaire de longueur variable et dont le commencement se déplaçait à l'intérieur d'un mois, les anciens Grecs avaient nécessairement besoin de recourir à un autre moyen pour déterminer les moments des semailles, des récoltes, des vendanges etc... Ce moyen ils l'avaient trouvé dans l'observation des levers et couchers héliques d'un certain nombre d'étoiles ou de constellations suffisamment remarquables.

BIBLIOGRAPHIE

1. Histoire de la géographie et Atlas pour l'histoire de la géographie par **Vivien de St Martin**. Paris 1873.
2. Histoire des sciences par **Pierre Brunet et Aldo Mieli**. Paris 1935.
3. La science antique et médiévale. Tome 1 de l'histoire générale des sciences. Paris 1966.
4. La géographie des Grecs par **P. Pedech**. Paris 1976.
5. Histoire de l'astronomie ancienne par **M. Delambre**. Paris 1817.
6. Histoire de l'Astronomie par **Hoefer**. Paris 1873.
7. Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne par **P. Tannery**. Paris 1893.
8. Mémoires scientifiques de **P. Tannery** (J. Heidelberg et H.B. Zeuthen). Paris 1912.
9. A history of ancient mathematical astronomy par **O. Neugebauer**. Berlin, Heidelberg, New York 1975



**SNBATI
FORMATION**

CENTRE DE FORMATION ET DE PERFECTIONNEMENT
LYCEE TECHNIQUE PRIVE

66, rue Guy-Miquel - 94600 VALLEJULIUM - Tahiti (1) 47 25 00 67
Téléphone : (1) 47 26 06 87

Pour les inscriptions, s'adresser à
Mme RINALDI
SNBATI-FORMATION
Tél. : 47 26 00 67

**TOPOGRAPHIE DE CHANTIER
1ER NIVEAU**

- Du 01 au 05 octobre 1990
- Du 12 au 16 novembre 1990
- Du 17 au 21 décembre 1990

PERSONNEL CONCERNE :

- Compagnon traceur.
- Chef d'équipe assurant des opérations d'implantation et de tracé.

**TOPOGRAPHIE DE CHANTIER
2EME NIVEAU**

- Du 22 au 26 octobre 1990
- Du 10 au 14 décembre 1990

PERSONNEL CONCERNE :

- Chef de chantier.
- Conducteur de travaux.
- Toute personne ayant suivi et assimilé le programme du 1er niveau.

TOPO-INFORMATIQUE

- Du 24 au 26 Septembre 1990 et du 15 au 19 Octobre 1990

PERSONNEL CONCERNE :

- Conducteurs de Travaux, Chef de Chantier T.P., Opérateurs Géomètres, Adjoints Techniques, Surveillants de Travaux.
- Personnel ayant déjà suivi une formation à la topographie.

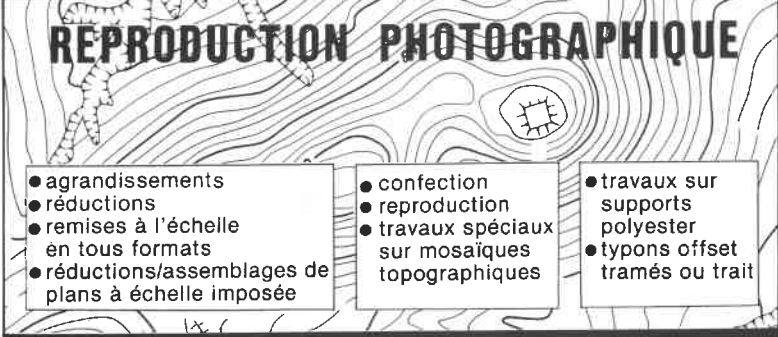
**TOPOGRAPHIE DE CHANTIER
POUR SONDEUR-FOREUR**

- Du 19 au 30 Novembre 1990

PERSONNEL CONCERNE :

Toute personne des entreprises de sondage, forage, utilisant ou susceptible d'appliquer rapidement les techniques de la topographie liées à leurs besoins professionnels spécifiques.

REPRODUCTION PHOTOGRAPHIQUE



- agrandissements
- réductions
- remises à l'échelle en tous formats
- réductions/assemblages de plans à échelle imposée

- confection
- reproduction
- travaux spéciaux sur mosaïques topographiques

- travaux sur supports polyester
- typons offset tramés ou trait

HAUTE PRECISION

LART

PHOTO-REPROGRAPHIE PHOTO-CARTOGRAPHIE

LES APPLICATIONS DE LA
REPRODUCTION TECHNIQUE

5, rue de la Vége
75012 PARIS

(1) 43.47.15.92