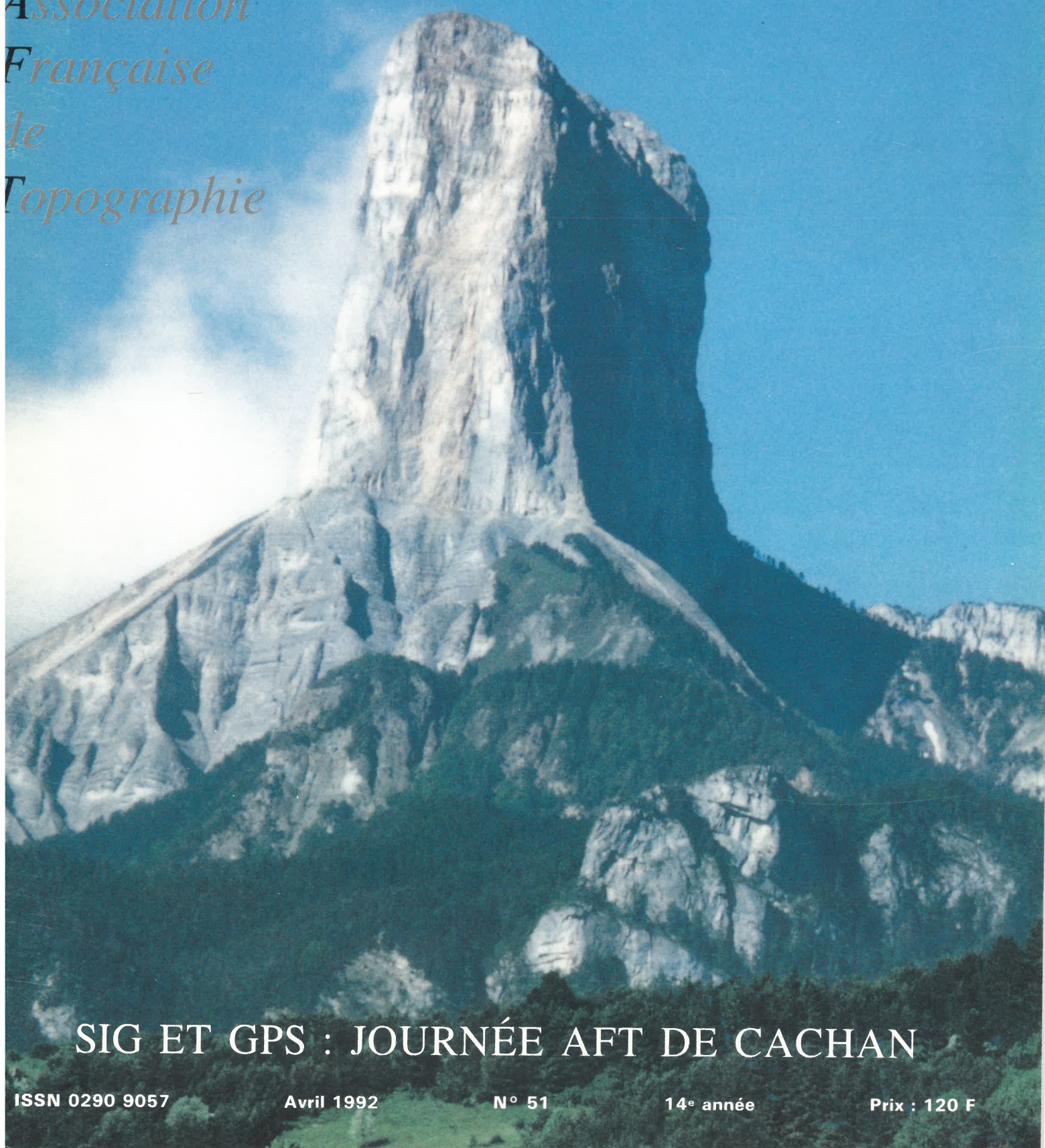


xyz

Association
Française
de
Topographie



SIG ET GPS : JOURNÉE AFT DE CACHAN

ISSN 0290 9057

Avril 1992

N° 51

14^e année

Prix : 120 F

XYZ

sommaire



Le Mont Aiguille
500^e anniversaire
de son ascension
(1492) voir p. 3
Ph. Jack Lesage/
co500

TRIMESTRIEL : Le numéro 120 F
Abonnement d'un an :
France - Europe (voie terrestre) 450 F
Etranger
(par avion, frais compris) 470 F
Secrétariat de l'AFT
et Rédaction XYZ

136 bis, rue de Grenelle,
75700 PARIS - 07 SP
Tél. : (1) 43.98.84.80

Ouverts les mardi et vendredi
de 10 h à 12 h

COMITE DE REDACTION
RAPPEUR

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

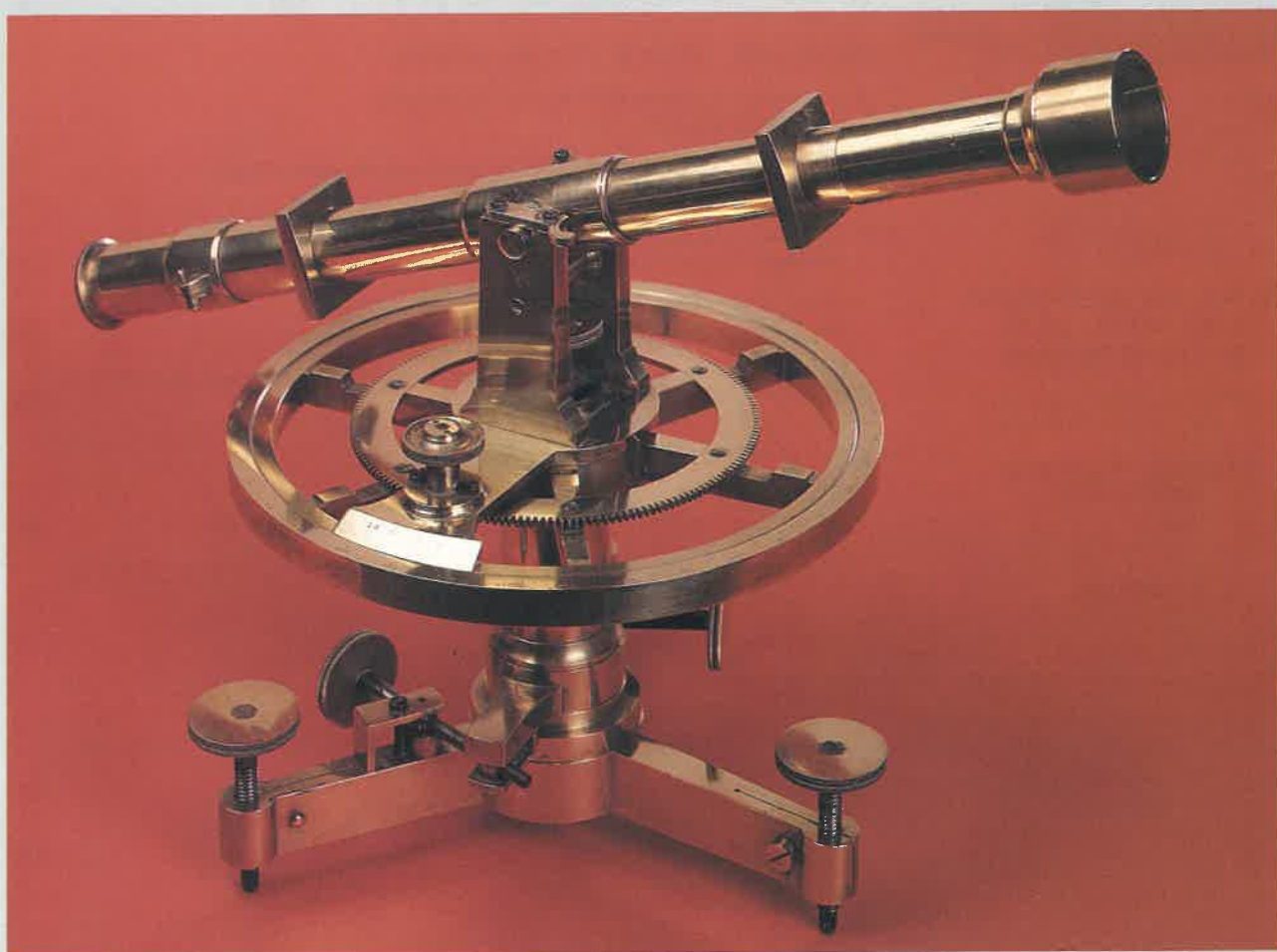
USHA
AURILLAC 15001
Tél. : 71.63.44.60

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.

— EDITORIAL par Jean-François CARREZ, directeur général de l'IGN	5
— SIG ET GPS : JOURNEE AFT DE CACHAN	
• Impact du système GPS sur la topographie, par Pascal WILLIS	7
• Impact du GPS sur le Réseau Géodésique Français (RGF) par Michel LE PAPE	15
• Les SIG ? Deux ou trois choses que je sais d'eux par Jean-Paul CHEYLAN	23
• Quelques précautions d'usage des SIG par Serge MOTET	25
• SIG : panacée, mythe, élixir parégorique... ou simple outil de travail ? par Henri PORNON	30
— LES EVENEMENTS - LES HOMMES	
• Hommage à Yves Alajouanine par Robert VINCENT, André MEMIER, Jean PUYCOUYOUL	33
• L'information géographique sans frontière : le 2 ^e FI3G et le 31 ^e congrès de l'OGÉ	35
• Informations AFT	37
— HISTOIRE	
• Sciences géographiques, conception du monde et connaissance de l'univers dans l'antiquité (chapitre 6) par Raymond D'HOLLANDER	48
— L'ART - LES LIVRES	66
— L'ART DE VIVRE	
• L'Alsace gastronomique par Michel SAUTREAU	69
• Les bonnes recettes d'XYZ par Anita SAUTREAU	73
— CAUSERIE TOPOGRAPHIQUE	
• Quelques considérations sur les relèvements multiples par Robert VINCENT	75
— RECREATIONS MATHÉMATIQUES par Michel SAUTREAU et Robert VINCENT	84
— LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE Chapitre 4 (4.1 à 4.3) en encarté	
— REPERTOIRE DES ANNONCEURS	88

A.F.T.



ANNUAIRE 1992

ASSOCIATION FRANCAISE DE TOPOGRAPHIE

PARU ! L'ANNUAIRE AFT 1992

Outil de travail sans équivalent pour tous ceux qui sont concernés par la topographie, que ce soit à l'échelle industrielle, des grands travaux, de l'urbanisme, ou locale pour les collectivités et les particuliers, l'annuaire AFT dont c'est la deuxième édition vient de paraître.

Ses répertoires alphabétiques, professionnels et régionaux de plus de mille professionnels sont consultés quotidiennement par des centaines d'utilisateurs. Il constitue en outre un support exceptionnel pour les messages publicitaires qui sont une mine d'adresses et d'indications. Un chapitre d'adresses utiles intéressant la profession complète de façon exhaustive

les sources de renseignements.

Vous y trouverez également des informations sur l'AFT, ses buts, ses statuts, son organisation, ses différentes commissions de travail, ses manifestations nationales et internationales, et sur sa revue XYZ dont un classement thématique des articles parus vous est proposé. Ses textes souvent signés des plus grandes autorités de la profession, rendent compte de l'état des technologies et des travaux les plus récents.

Distribué gratuitement aux membres de l'association, il est en vente au prix de 450,00 Frs au siège social de l'AFT, 136 bis, rue de Grenelle, 75700 Paris 07SP. Tél. (1) 43.98.84.80.

COMMISSION D'ENSEIGNEMENT DE L'AFT LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE - CHAPITRE 4

Le lexique topographique, commencé par la commission de l'AFT en 1985, a vu le début de sa parution, sous forme d'un fascicule détachable, dans le numéro 47 d'XYZ.

Sous la même forme nous vous présentons aujourd'hui le chapitre 4 : Mesures des altitudes (4.1 à 4.3).

Le nombre total de termes recensés de l'ouvrage est de 1.200. Dans cette quantité, certains lecteurs trouveront sans doute des imperfections. Qu'ils veuillent bien nous en excuser par avance. Qu'ils sachent que leurs observations seront toujours accueillies avec attention par la commission. Cela lui permettra de mettre à jour le lexique en vue d'une autre publication. Merci. Nous tenons à votre disposition, sur simple demande, l'index général des noms de l'ouvrage.

Plan général de l'ouvrage :

- Généralités
- Mesures des longueurs
- Mesures des angles horizontaux
- Mesures des altitudes
- Canevas
- Cadastre et travaux fonciers
- Levé tachéométrique
- Levé ; planchette
- Implantations
- Calculs
- Représentation cartographique
- Photogrammétrie

Notre couverture : L'alpinisme est né en 1492

Le 26 juin 1492 un officier à la cour de Charles VII, Antoine de Ville, atteignait le sommet du Mont Aiguille à la tête d'une équipe qu'il commandait, réalisant une escalade rocheuse sans précédent, première ascension mondiale connue, trois siècles avant celle du Mont Blanc. C'était la première manifestation d'un sport qui s'appellera l'alpinisme. Le 500^e anniversaire de cet exploit est célébré du 26 juin au 13 juillet par une série de manifestations organisée par la région Rhône-Alpes, le Conseil Général de l'Isère, avec le concours des ministères de la Culture, de la Jeunesse et des Sports. Auparavant et en prélude a eu lieu du 5 au 8 mai à Chichilianne un symposium international de géologie.

SIRAP

LA SIMPLICITE PAR EXCELLENCE

a conçu pour vous le logiciel éprouvé DIGITOP, système complet de DAO / CAO et de Banque de Données URBAINES, appuyé sur :
15 années d'EXPERIENCE au service des GEOMETRES EXPERTS

TOUTES LES EXPLOITATIONS CLASSIQUES

- Carnets de terrain
- Calculs
- Profils
- Dessin automatique
- Restitutions photogramétriques
- Remembrement technique et administratif.

... ET LES GESTIONS MODERNES

- Réseaux
- Patrimoines
- Suivis de chantiers
- Bordereaux de prix et devis de travaux VRD
- Projet de canalisation avec gestion des pièces
- Interface DIGITOP - AUTOCAD.

DIGITOP VERSION 2

- Micros compatibles PC : EGA, VGA
- Cartes graphiques MATROX GALAXY
- Traceurs Benson, HP

SIRAP C'EST LA GARANTIE

- D'un logiciel EVOLUTIF
- D'une assistance volontaire et permanente
(téléphone - transfert par minitel)

La Générale des Eaux, plusieurs Collectivités Locales et plus de 100 GEOMETRES-EXPERTS nous ont choisis pour notre compétence et notre souplesse.

EDITORIAL

Jean-François Carrez
Directeur général de l'Institut Géographique National



L'Institut Géographique National est heureux de participer aux "Rencontres A.F.T." qui sont toujours l'occasion de confronter les points de vue et les idées des producteurs et des utilisateurs de l'information géographique.

L'IGN est, par excellence, l'organisme public français producteur de cartes, mais si ses productions classiques sont toujours très appréciées d'un large public qui va des randonneurs aux aménageurs, il se tourne résolument vers les bases de données géographiques numériques. En effet, les sciences et les techniques modernes offrent des outils nouveaux non seulement pour mieux représenter le monde, de la planète entière à notre quartier, mais aussi pour gérer, protéger, mettre en valeur notre espace et notre environnement. L'IGN doit désormais apporter l'information géographique qui leur est nécessaire à un très grand nombre de responsables : élus et techniciens de collectivités territoriales ayant à gérer un territoire, créateurs et gestionnaires de réseaux d'équipement ou de transport (énergie, eau, réseaux routiers, ferroviaires), protecteurs de l'environnement, responsables de sécurité civile, etc.

C'est dire le gigantesque effort que fait l'IGN pour répondre à ces besoins : effort de recherche, effort de formation, effort de production, effort de diversification des produits, etc. Il faut ajouter les efforts de normalisation nécessaires pour promouvoir ces produits et ce savoir-faire au niveau international, et pour ouvrir de nouvelles possibilités d'intervention.

De là découle ce qui est la mission nouvelle de l'IGN : la constitution des bases de données géographiques, cœur du dispositif futur. Déjà la base de données cartographiques s'achève, son contenu et sa précision correspondent sensiblement à des caractéristiques d'une cartographie au 1:50 000. Elle répond ainsi aux besoins des avant-projets d'aménagement, des études d'impact, de la gestion administrative, de la gestion de réseaux. La base de données topographiques, en cours de constitution, est de nature plus riche et plus précise.

Tous les éléments visibles du terrain sont identifiés et répertoriés en trois dimensions avec une précision de localisation de l'ordre du mètre, selon plus de 80 types d'objets. Bien sûr la toponymie et les limites administratives viennent s'y ajouter. La cadence d'établissement en est donc plus lente que pour la base de données cartographiques : le territoire national sera couvert en une quinzaine d'années environ.

D'autres bases de données sont également en cours de constitution, telles la base de données routières, la base de données toponymiques, les bases de données documentaires (nivellement, photographies aériennes) ou sont achevées (base de données altimétriques) ; elles répondent à des besoins plus spécifiques mais sont néanmoins très demandées.

Constituer toutes ces bases de données et les mettre à disposition des utilisateurs est la tâche prioritaire que l'IGN s'est assignée, mais il prend également l'engagement de les mettre régulièrement à jour. Que vaudrait la diffusion d'informations non tenues à jour dans un monde en perpétuel changement ? Ainsi bâti et entretenu, l'édifice mis en place devient un système national homogène et fiable de référence sur lequel peuvent s'appuyer toutes les applications et décisions pour la gestion de notre environnement.

La constitution de ces bases de données bénéficie bien évidemment du formidable essor de l'outil informatique, mais aussi en grande partie de la technologie spatiale.

Désormais les positions des points de référence au sol, et bientôt celles des sommets des prises de vues aériennes, sont déterminées avec toute la précision souhaitable et dans des conditions économiques inégalées à partir de mesures faites sur les satellites du système GPS américain. Le système français DORIS, embarqué sur le satellite SPOT, permet la mesure en continu des moindres déformations de la surface terrestre. Les techniques d'interférométrie à très longue base (VLBI) fournissent un cadre géométrique de référence pour l'ensemble de la terre avec une précision de quelques centimètres, précision à peine imaginable il y a seulement dix ans.

Dans le domaine du contenu de l'information géographique, les satellites d'observation de la terre (Spot, Landsat) apportent leur contribution pour le thème de l'occupation du sol dans les bases de données cartographiques et aussi pour la réalisation rapide de spatio-cartes dans de nombreuses régions du monde où la cartographie était jusqu'à présent inexistante ou insuffisante.

L'IGN travaille activement dans tous ces domaines technologiques et fait évoluer les méthodes et les produits, de la géodésie à la cartographie. Nous avons ainsi la double tâche d'être présents dans la recherche scientifique et technique, où nous occupons une place de choix au plan international, et de fournir, simultanément, les prestations les mieux adaptées aux utilisateurs les plus divers de l'information géographique.

Certains partent à l'aventure.
D'autres en PATROL.



* Prix du PATROL 4 cyl. 2.8 l. Mod. prés. PATROL 2.8 l. 5 places : 142 700 F. Prix au 01/04/92. AM 91.

à partir de 119.000 F*

Difficile de parler du PATROL ! Doit-on parler de la légende qui gagne ? D'un concept unique qui a su évoluer avec des suspensions et une boîte de transfert modifiées ? De la gamme PATROL : 2, 5 ou 7 places ; 4 cylindres ou 6 cylindres ; atmo ou turbo Diesel ? Difficile en effet ! Mais ce sont là les seules questions que vous vous poserez avec votre PATROL. Car une fois à l'intérieur, vous serez tout à la satisfaction d'un habitacle luxueux : direction assistée, condamnation centrale des portes, lève-vitre électriques, ...

RICHARD-NISSAN TÉL. (1) 30 69 25 00
Un réseau de 340 concessionnaires et agents



100.000 KM

NISSAN avec antar

NISSAN financement

Des voitures construites pour l'Europe.

IMPACT DU SYSTÈME GPS SUR LA TOPOGRAPHIE

Stratégies à court terme et perspectives d'avenir

Pascal Willis (I.G.N.)

1. INTRODUCTION

Depuis quelques années, le sigle GPS semble vouloir envahir la littérature scientifique et aussi, depuis peu, les revues et journaux destinés au grand public. De nombreux symposia sont organisés de par le monde sur ce seul sujet. Pour les uns, mot magique, système promis à un avenir grandiose; pour les autres, sigle porteur d'interrogations, de scepticisme, système porteur de désillusions. Lorsque l'on sait que ce système GPS n'est pas encore entièrement opérationnel, on peut se douter que toute cette agitation faite autour de ce système de navigation annonce des perspectives d'avenir importantes.

Le but de cette présentation est de rappeler brièvement les concepts et les applications du GPS, de faire l'état de l'art des résultats obtenus actuellement de manière opérationnelle, avant de s'interroger sur les perspectives d'avenir du GPS appliqué à la topographie.

2. LE SYSTEME GPS : RAPPELS DES CONCEPTS

Le système GPS (Global Positioning System) est un système militaire de navigation, réalisé et contrôlé par les Etats-Unis (Wells, 1986 ; Boucher et al, 1986). Le but fondamental du GPS est de fournir à un utilisateur terrestre sa position, vitesse et synchronisation instantanée dans un système de référence mondial bien spécifié (actuellement WGS 84), en tout lieu et à tout instant. Comme nous le verrons par la suite, ce système a de nombreuses applications civiles, en particulier pour la localisation relative de précision, qui nous intéressent tout particulièrement.

Pour réaliser le but initial de navigation, il est nécessaire de pouvoir observer en permanence quatre satellites GPS simultanément. Cette contrainte impose de disposer d'une constellation de satellites très importante (21 satellites + 3 de secours) à une altitude élevée (environ 20 000 km d'altitude). En novembre 1991, 11 satellites sont déjà lancés. Actuellement, en utilisant les 5 satellites prototypes déjà lancés précédemment, et toujours opérationnels, il est possible de disposer d'une constellation incomplète de 16 satellites. Ces satellites émettent des ondes radioélectriques

ultrastables sur deux fréquences proches ($L1=1,5$ GHz et $L2=1,2$ GHz), modulées par des codes pseudoaléatoires (Wells et al, 1986 ; Willis, 1989).

Tout utilisateur peut réaliser des mesures GPS à condition de disposer d'un récepteur GPS adapté. Actuellement, de nombreux constructeurs proposent plusieurs types de matériels GPS monofréquences ou bifréquences (c'est-à-dire, permettant d'effectuer des mesures sur une ou deux fréquences du système GPS). Tous ces récepteurs permettent d'effectuer des mesures simultanées (c'est l'un des concepts clés du GPS) sur plusieurs satellites. Deux types de mesures sont possibles (Boucher et al, 1986) :

- Les mesures de pseudodistances, qui correspondent à une mesure de la distance entre le récepteur et le satellite (mesure biaisée par un terme inconnu d'horloge qui sera déterminé par le fait que les mesures sont simultanées). Le bruit de ce type de mesure est de l'ordre 10 cm à 1 m. Ce sont les mesures qui sont utilisées pour effectuer une localisation absolue instantanée de type navigation.
- Les mesures de phase, qui correspondent aussi à une mesure de la distance entre le récepteur et le satellite. Le bruit de ce type de mesure est de l'ordre de 1 à 2 mm. Malheureusement cette mesure est ambiguë et n'est connue qu'à un nombre entier de longueur d'onde près ($\lambda=19$ cm). Ce sont ces mesures qui vont nous permettre d'obtenir des résultats de localisation relative (détermination de la position d'un ou plusieurs points à partir d'un point connu ancien à partir de mesures simultanées) de quelques millimètres à quelques centimètres, résultats directement exploitables pour des applications topographiques.

3. ANALYSE DES POSTES D'ERREURS POUR LA LOCALISATION RELATIVE PAR GPS

Les applications du GPS que nous présentons ici ne concernent que la localisation relative effectuée à partir des mesures de phase du système GPS (mesures les plus précises, mais aussi les plus difficiles à interpréter).

Pour bien comprendre qu'avec un même système de localisation, et à partir des mêmes

mesures, il est possible d'obtenir des résultats très différents (de plusieurs ordres de grandeur), il est important de définir grossièrement le budget d'erreur relatif aux calculs GPS (tableau 1). En effet, lorsque l'on connaît la cause d'erreur prédominante, c'est bien sûr sur celle-là et non sur les autres qu'il faudra essayer de minimiser les erreurs ou d'améliorer les modèles de correction.

L'un des effets les plus pernicioeux est dû à la traversée de l'ionosphère. Mal corrigés, ces effets peuvent être de l'ordre de 5×10^{-6} (soit 5 cm pour des points distants de 10 km) et se traduisent, en grande partie, par une erreur d'échelle du réseau (Beutler et al, 1989). Cet effet, non corrigé, agit comme un systématisme dont la valeur du biais varie suivant l'heure de la journée (minimum la nuit) et l'activité solaire (le dernier maximum du pseudo-cycle solaire de 11 ans se situait en juin 1991, nous sommes donc encore, pour quelques années, dans une période d'activité solaire élevée). Fort heureusement, il est aussi possible de mesurer de manière précise cet effet lorsque l'on dispose de récepteurs GPS bifréquences. En effet, l'ionosphère se comportant pour ces fréquences comme un milieu dispersif (l'allongement du trajet satellite-récepteur dû à la traversée de l'ionosphère dépend de la fréquence du signal), on peut utiliser ces deux mesures pour calibrer le temps de propagation dans ce milieu (Willis, 1991).

Lorsque l'on effectue des calculs géodésiques standards, on utilise l'orbite radiodiffusée (dont les paramètres sont radiodiffusés par les satellites GPS eux-mêmes et décodés par tous les récepteurs). La qualité de l'orbite radiodiffusée rejaillira directement sur la qualité des résultats obtenus. Actuellement, cette orbite est de bonne qualité (mieux que 10^{-6}). De plus, les effets se font surtout sentir comme une désorientation des réseaux que l'on a déterminés.

Pour s'affranchir de ces effets, il convient soit d'effectuer des traitements plus complexes, mettant en œuvre des logiciels scientifiques permettant de recalculer précisément l'orbite des satellites GPS, soit d'effectuer, à posteriori, un recalcul des mesures avec un logiciel du commerce en utilisant une orbite précise calculée par d'autres personnes. Si la première approche ne peut convenir que pour des organismes scientifiques de recherche, la deuxième, par contre, peut être réalisée par tout utilisateur. Il suffit qu'une éphéméride précise soit disponible en temps différé (typiquement une quinzaine de jours).

Il faut noter à ce sujet que l'A.I.G. (Association Internationale de Géodésie) met actuellement en place un projet international appelé IGS (International GPS Geodynamics Service). La France a fait, concernant ce projet, des propositions sur plusieurs aspects :

- participation au réseau de poursuite international: 2 récepteurs bifréquences installés en 1991, 2 autres prévus (CNES/I.G.N.),
- participation à un centre de calcul opérationnel européen (Université de Berne, I.G.N., IFAG,...),
- centre d'archivage et de redistribution des données et résultats (I.G.N./CNES).

Actuellement, l'IGS est encore en phase de projet. Une première campagne opérationnelle internationale aura lieu pendant l'été 1992 (Neilan et al). On peut raisonnablement penser que ce service sera pleinement opérationnel en 1993-1994. Il sera donc possible à partir de cette époque, pour un topographe, d'utiliser les éphémérides précises GPS provenant de l'IGS (sous forme de disquette, accès minitel,...).

Causes	Conséquences sur le résultat	Solutions possibles
ionosphère	effet systématisme sur le facteur d'échelle du réseau	récepteur bifréquence
orbite	perte d'exactitude suivant la qualité de l'orbite (rotation)	utilisation à posteriori d'une orbite précise
troposphère	effet aléatoire s'appliquant principalement sur la composante verticale du résultat de localisation	traitement adapté des mesures GPS
multitrajets	perte d'exactitude	précautions opératoires (choix des points stationnés, observations en mode statique)
dégradations volontaires du système GPS	perte d'exactitude (principalement pour la localisation absolue et instantanée)	récepteur adapté (permettant un mode de fonctionnement "codeless")

Tableau 1: Analyse simplifiée des postes d'erreurs relatifs à la localisation statique par GPS.

De manière analogue à la traversée de l'ionosphère par les signaux GPS, la traversée de la troposphère (partie basse de l'atmosphère) perturbe le temps de propagation de ces signaux. La troposphère étant un milieu non dispersif, utiliser des récepteurs GPS bifréquences n'apporte donc aucune information nouvelle et ne permet pas de mesurer le retard de propagation. Il faut alors utiliser des modèles de correction (dépendant de paramètres météorologiques locaux tels que pression, température sèche et humidité). L'effet d'une mauvaise correction troposphérique se traduit, en grande partie, par une erreur aléatoire sur la composante verticale des résultats de localisation (Beutler et al, 1989). Il faut toutefois modérer quelque peu ce problème car ces effets ne sont que peu sensibles pour des réseaux de faibles dimensions (quelques kilomètres) et de faibles dénivelées (quelques dizaines de mètres). Pour la localisation relative par GPS, c'est en fait l'erreur sur la différence des erreurs de correction de propagation troposphérique qui est importante. Sans rentrer dans de plus amples détails techniques, cet effet se fait surtout sentir en zone montagneuse, où les différences d'altitudes des différents points à localiser sont très importantes (pour des dénivelées de plusieurs centaines de mètres, les erreurs atteignent rapidement plusieurs centimètres). De plus, les logiciels de recherche les plus avancés permettent d'estimer cette erreur troposphérique lorsqu'une grande quantité de mesures est disponible (plusieurs heures à plusieurs récepteurs) en utilisant des techniques de filtrage appropriées. Pour des logiciels de production, même pour des distances courtes et des faibles dénivelées, il est, en tout état de cause, très difficile d'estimer la composante verticale à mieux qu'un centimètre.

Enfin, et c'est probablement l'effet qui cause le plus de perplexité et d'indignation chez les utilisateurs, le système GPS est volontairement dégradé. C'est à dire que les utilisateurs civils doivent obtenir des performances de localisation moins bonnes que les utilisateurs habilités (militaires

américains,...). Ces dégradations volontaires sont de deux types (Wells, 1986; Willis, 1989):

- **Accès sélectif = SA (Selective Availability).** Cette dégradation doit normalement avoir lieu en permanence. Cela ne signifie pas qu'elle a lieu tout le temps, mais plutôt qu'elle peut être effective sans aucun avertissement préalable. Pour des travaux de production courante, il vaut donc mieux faire l'hypothèse que cette dégradation a lieu en permanence, quitte à obtenir parfois des résultats plus optimistes que les prévisions. L'effet de cette dégradation se traduit surtout par une dégradation d'un facteur 10 de la localisation absolue instantanée, qui est le but militaire de ce système: pour un utilisateur non habilité, les performances passent de 10 m à 100 m (à 1s). Pour les applications topographiques (localisation relative), la dégradation est, fort heureusement, nettement moins sensible. Néanmoins, cette dégradation pourrait se traduire par des éphémérides radiodiffusées de plus mauvaise qualité (problème qui, comme nous l'avons vu, peut être résolu par l'utilisation ultérieure d'éphémérides précises).
- **Anti-brouillage = AS (Anti-Spoofing).** La politique américaine concernant la mise en œuvre de cette dégradation n'est pas actuellement totalement connue. Toutefois, on peut raisonnablement penser qu'elle n'aurait lieu qu'en cas de crise internationale grave. Cette dégradation se traduirait, en particulier pour les applications topographiques, par l'impossibilité d'effectuer des mesures de phases sur la fréquence L2 pour certains types de récepteurs (récepteurs nécessitant la connaissance du code précis GPS). La plupart des constructeurs proposent désormais, pour les modèles bifréquences, des récepteurs pouvant fonctionner en mode "codeless" (ne nécessitant la connaissance du code précis GPS). Néanmoins, l'implication réelle de ce type de dégradation sur les résultats de localisation relative a été encore peu étudié.

Tableau 2 : Classification des performances actuelles de la localisation statique et cinématique par GPS.

type de localisation	résultats standards obtenus	dimensions du réseau	conditions particulières
géodésique monofréquence dégradée	1 cm + 10^{-5}		< 1 h (ambiguïtés libres)
cinématique	5 mm + 5×10^{-6}	< 20 km	instantané
géodésique monofréquence	2 mm + 2×10^{-6}	< 20 km	< 1 h
rapide statique	5 mm + 2×10^{-6}	< 20 km	de 1 à 10 mn
géodésique bifréquence	2 mm + 10^{-6}	100 km-1 000km	1 h
ultraprécis	2 mm + 2×10^{-7}	>500 km	1 à 3 h

LA PRODUCTIVITÉ GPS A LA PORTÉE DE TOUS LES GÉOMÈTRES.



Si les performances et la rentabilité du système GPS en topographie sont reconnues, son utilisation se trouvait jusqu'à présent limitée par le prix d'achat des matériels et leur difficulté d'exploitation. Avec le NR 101, SERCEL offre pour la première fois aux géomètres et topographes un matériel spécialement conçu pour eux.

ÉCONOMIQUE

Au gain de temps qu'offrent les mesures par satellite, SERCEL ajoute un prix d'achat incroyablement attractif, grâce à son expérience et à sa position de tête dans tous les domaines d'utilisation du GPS.



FACILE

Compact, léger, autonome, le NR 101 se transporte partout et aisément. Sa mise en œuvre est très simple : il suffit d'appuyer sur une touche



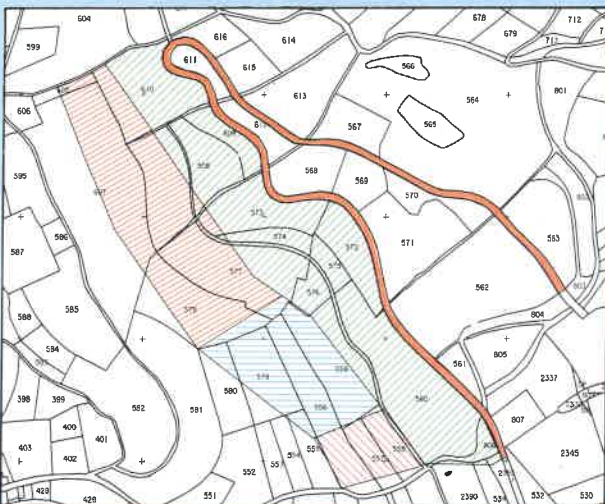
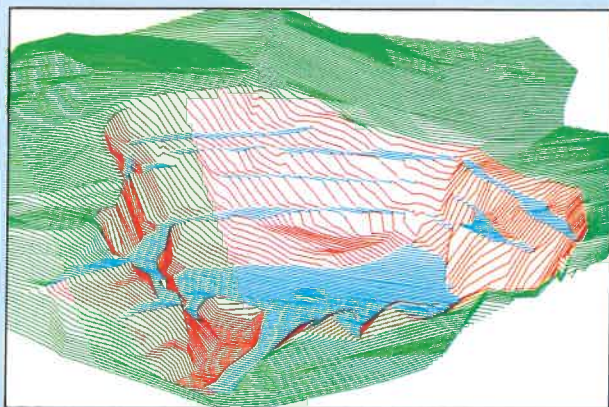
et l'enregistrement s'effectue automatiquement.

SÛR

La topographie nécessite exactitude et fiabilité. Grâce à son expérience des systèmes de grande précision, SERCEL garantit avec le NR 101 la qualité professionnelle à tous les géomètres.



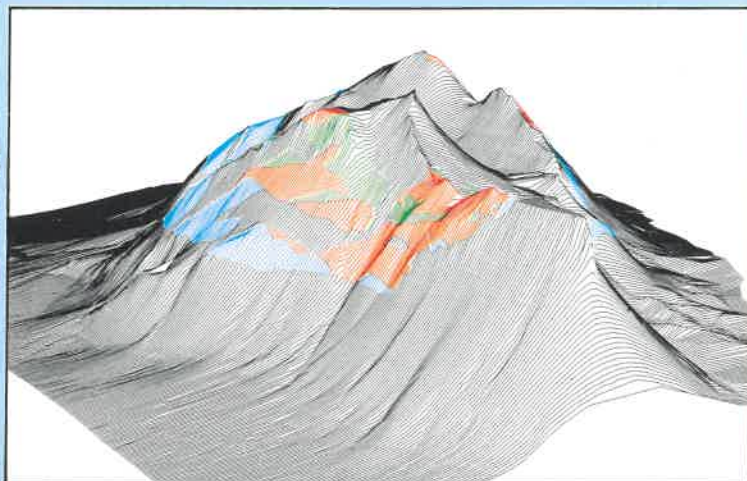
POSITIONNEMENT



SOLITERR

LA SOLUTION INFORMATIQUE AUX PROBLEMES DE TERRAIN

- TOPOGRAPHIE - CARTOGRAPHIE - GEOLOGIE
- PROJET ET SUIVI D'EXPLOITATION
- GESTION FONCIERE - ENVIRONNEMENT



CORALIS

Conseil - Réalisation

Assistance Logicielle en Informatique Scientifique

B.P. 24000 - 13791 AIX-EN-PROVENCE CEDEX 3

TEL. 42 24 24 25 - FAX 42 39 70 12



ETUDE ET CONSTRUCTION DE LIGNES DE TRANSPORT D'ENERGIE ELECTRIQUE

79, rue Joseph-Bertrand - 78220 Viroflay

Tél. : (1) 30.24.20.21

Fax : (1) 30.24.33.48

Etudes de tracé - Relevés topographiques - Implantations
Conception de projet technique - Négociations foncières

4. CLASSIFICATION DES PERFORMANCES ACTUELLES DU GPS

Connaissant désormais les différents postes d'erreurs concernant la localisation relative par GPS, il est plus simple de comprendre les différentes gammes de résultats qu'il est possible d'obtenir en localisation relative avec le système GPS (tableau 2).

Les résultats présentés ci-dessous correspondent à des résultats standards qui peuvent être obtenus par des utilisateurs non spécialistes et peuvent être considérés comme des exactitudes (validés par des comparaisons avec d'autres systèmes de localisation estimés être plus précis). Les résultats provenant des écarts types estimés par les logiciels (millimétriques voire submillimétriques) ainsi que les résultats de répétitivité sont entachés d'erreurs systématiques et sont beaucoup trop optimistes (et donc moins réalistes que les exactitudes données ci-dessous) :

- Localisation géodésique monofréquence dégradée ($1 \text{ cm} + 10^{-5}$). Cette technique peut être utilisée pour des réseaux de taille très variable et ne nécessite pas d'observer très longtemps (typiquement moins d'une heure). Les ambiguïtés entières (nombre entier de longueurs d'onde) ne doivent pas nécessairement être fixées dans le calcul et, par conséquent, la qualité des résultats dépend de la durée des observations (Willis, 1989).
- Localisation géodésique monofréquence ($2 \text{ mm} + 2 \times 10^{-6}$). C'est l'application standard du GPS pour la topographie et la géodésie. Il est nécessaire d'observer environ 1 heure en mode statique (afin de pouvoir déterminer la valeur exacte des ambiguïtés entières). Cette méthode n'est applicable que pour des réseaux de faibles dimensions (typiquement quelques kilomètres) (Willis, 1989).
- Localisation rapide statique ($5 \text{ mm} + 2 \times 10^{-6}$). C'est une variante très intéressante de l'application précédente pour laquelle seules quelques minutes de mesures sont nécessaires. Cela est dû au mode de calcul utilisé (mesures obtenues sur les deux fréquences L1 et L2, utilisation conjointe des mesures de pseudodistances et de phases dans un ajustement combiné astucieux). Cette méthode récente devient caduque pour des réseaux de dimensions trop importantes. Néanmoins le gain en productivité apporté pour les applications topographiques mérite d'être mentionné ici.
- Localisation géodésique bifrèquence ($2 \text{ mm} + 10^{-6}$). Variante de l'utilisation en mode géodésique permettant d'observer des réseaux de dimensions plus importantes (de 100 à 1 000 km).

- Localisation ultraprécise ($2 \text{ mm} + 2 \times 10^{-7}$). C'est l'application la plus précise du GPS géodésique (Blewitt, 1989 ; Dixon, 1991) qui nécessite, à l'inverse des applications précédemment citées, un logiciel de traitement de recherche sophistiqué (traitements bifrèquences, calcul d'orbite de précision, estimations de paramètres troposphériques, filtres adaptés (Lichten, 1990),...). Elle est tout particulièrement utilisée pour traiter de grandes campagnes internationales pour lesquelles les distances entre points sont de plusieurs centaines à plusieurs milliers de kilomètres.
- Localisation cinématique ($5 \text{ mm} + 5 \times 10^{-6}$). Cette dernière application est actuellement plus marginale pour les applications topographiques. Elle consiste à localiser en temps différé un mobile (véhicule terrestre), grâce à des logiciels adaptés. Néanmoins, la plus grande critique que l'on puisse faire à cette méthode est qu'elle peut être mise en défaut dans un environnement radioélectrique perturbé (présence de multitrajets), par exemple en environnement urbain. De plus, elle est très sensible au nombre de satellites GPS en visibilité (Willis, 1989).

5. PERSPECTIVES D'AVENIR DU SYSTÈME GPS APPLIQUÉ À LA TOPOGRAPHIE

Tout d'abord, il faut noter que le système GPS est encore en évolution. Actuellement, la constellation des satellites est toujours incomplète, ce qui ne permet pas de pouvoir l'utiliser à sa guise, mais seulement quelques heures par jour. À terme, ce système pourrait être utilisé en topographie 24h/24 et 7j/7. Ceci va donc améliorer très rapidement la productivité de ces différentes techniques et diminuer, à matériel constant, le coût d'obtention des points à localiser.

Les constructeurs GPS perçoivent actuellement cette évolution future de ce marché des récepteurs et de gros investissements ont été réalisés, ces dernières années, sur la qualité des récepteurs GPS géodésiques (fiabilité, miniaturisation, automatisation, diminution des prix,...). D'autres évolutions sont déjà prévisibles (adaptation des récepteurs à l'environnement urbain, couplage avec des moyens de télécommunications de données de manière à permettre un traitement temps réel,...).

Du côté des logiciels, il faut noter aussi, pour les logiciels du commerce des évolutions significatives (automatisation des traitements, début de normalisation de format d'échange de données, augmentation des applications cinématiques et surtout des applications en mode rapide statique, possibilité d'incorporation d'éphémérides précises provenant d'une source extérieure, aides à

l'interprétation des résultats et à l'intégration des résultats dans des réseaux préexistants,...).

De plus certains problèmes liés à l'incorporation des résultats GPS au réseau géodésique national existant devrait disparaître à terme avec la disponibilité du nouveau réseau géodésique français (R.G.F.) (Le Pape, 1991). Ce nouveau réseau, réalisé par l'I.G.N. avec l'aide des techniques de géodésie spatiale les plus modernes (GPS, DORIS, VLBI,...) devrait permettre une incorporation facile des futurs résultats GPS obtenus par des utilisateurs non spécialistes.

Enfin, avec l'arrivée de ce nouveau système, des nouveaux profils de personnel sont à former. Il est important que l'information, actuellement disponible parmi une poignée de spécialistes, puisse être diffusée le plus largement possible au sein de la communauté des futurs utilisateurs. Il faut noter à ce sujet que le groupe permanent du CNIG "Positionnement Statique et Dynamique" s'est donné pour tâche dans les mois et les années à venir de rédiger et de remettre à jour régulièrement des documents techniques d'aide aux futurs utilisateurs du GPS (Willis et al, 1992 ; G.T.P. du CNIG, à paraître).

6. CONCLUSIONS

En conclusion, le GPS est, d'ores et déjà, une excellente technique de densification, particulièrement adaptée aux travaux topographiques concernant les réseaux de faible dimension. Dans le cas de réseau de dimension plus importante (au delà de la centaine de km), le GPS reste une technique très intéressante mais un peu plus difficile à mettre en oeuvre: récepteurs spécifiques (bifréquences), logiciels de recherche nécessitant des compétences particulières), etc.

Cette technique est encore actuellement en plein développement (améliorations techniques des récepteurs, normalisation des procédures de traitements, automatisation des logiciels). Il faut noter de plus, un effort international important de la communauté civile afin de mettre en place à terme un service civil (IGS) d'obtention et de rediffusion d'éphémérides GPS précises.

Néanmoins, ce n'est pas la solution à tous les problèmes topographiques. Il ne faut pas, malheureusement, sous-estimer les possibilités de dégradation volontaire de ce système par le ministère de la défense des Etats-Unis. De plus, il ne faut pas oublier non plus les contraintes opérationnelles dues à la présence de masques radioélectriques (en particulier, en milieu urbain).

Enfin, l'incorporation actuelle des résultats GPS dans les réseaux géodésiques nationaux pose encore de nombreux problèmes délicats qui ne seront résolus de manière satisfaisante

qu'après la réalisation de nouveaux réseaux géodésiques nationaux de haute précision (du type du R.G.F.).

On peut penser que le GPS se trouve actuellement à une période charnière de son évolution. Les résultats obtenus commencent à intéresser une communauté de plus en plus large, qui, n'en doutons pas, permettra elle aussi de contribuer au développement et à l'amélioration des performances de ce système.

7. RÉFÉRENCES

G. Beutler, I. Bauersima, S. Botton, W. Gurtner, M. Rotacher, T. Schildknecht (1989), Accuracy and biases in the geodetic application of the Global Positioning System, *Manusc. Geod.*, 14, 1, 28-35.

G. Blewitt (1989), Carrier phase ambiguity resolution for the Global Positioning System applied to geodetic baselines of up to 2000 km, *J. Geophys. Res.*, 94, B8, 10187-10203.

C. Boucher, P. Willis (1986), Le système GPS et son impact en géodésie topométrie et cartographie, *revue X,Y,Z, A.F.T.*, 29, 23-29.

T.H. Dixon (1991), An introduction to the Global Positioning System and some geophysical applications, *Rev. of Geophys.*, 29, 2, 249-276.

Groupe de Travail Permanent du CNIG "Positionnement Statique et Dynamique", Guide de l'utilisateur du GPS pour la localisation, 4 fascicules (le système GPS: notions fondamentales; Guide de l'utilisateur GPS pour la localisation statique; Guide de l'utilisateur du GPS pour la localisation dynamique et cinématique; Glossaire des termes relatifs à la localisation par GPS), en cours de rédaction.

M. Le Pape (1991), Le R.G.F.: Applications des recommandations du CNIG, Programme de mise en oeuvre du nouveau réseau, 4ème journée nationale de la recherche géographique, "Repères du futur", Nouveau système de référence géodésique en France et en Europe, Techniques de positionnement, CNIG, à paraître.

S.M. Lichten (1990), Estimation and filtering for high-precision GPS positioning applications, *Manusc. Geod.*, 15, 159-176.

R. Neilan, J.M. Bosworth, M. Chin, T.A. Herring, W. Prescott, C. Röcken, W. Schluter, M. Bevis, S.S. Fisher, B. Schupler, P. Willis, GPS network operations for the International GPS Geodynamics Service, Springer-Verlag, à paraître.

D.E. Wells et al (1986), Guide to GPS positioning, Canadian GPS Associates, University of New Brunswick, Canada, 500 p.

P. Willis (1989), Méthodes de traitement de la phase GPS pour la localisation relative (statique et cinématique), Applications à la géodésie, Thèse de doctorat de l'Observatoire de Paris, 177 p.

P. Willis (1991), Le système GPS, 4ème journée nationale de la recherche géographique, "Repères du futur", Nouveau système de référence géodésique en France et en Europe, Techniques de positionnement, CNIG, à paraître.

P. Willis, J.G. Affholder, M. Le Pape, S. Botton, F. Bourassin, L. Daniel, D. Marcel, I. Veillet (1992), Glossaire des termes relatifs à la localisation par GPS, I.G.N./LAREG n° 92009.

Carl Zeiss, Oberkochen
Carl Zeiss Jena GmbH

D'un même pas, en marche vers l'avenir

L'année 1992 ouvre un nouveau chapitre dans l'histoire de la maison Carl Zeiss, puisque les entreprises d'Iéna et d'Oberkochen unissent désormais leur destinée pour œuvrer à la construction d'un édifice commun. En votre qualité d'utilisateurs, vous allez bénéficier du fruit de cette entente:

la réunion d'un immense savoir-faire, la conjugaison des efforts de recherche, source d'innovations, une vaste gamme de produits très performants, ainsi que toute une équipe de techniciens et de conseillers, prêts à mettre leurs compétences à votre service aux quatre coins du monde.

Votre partenaire fiable



Carl Zeiss
Geschäftsbereich Vermessung
7082 Oberkochen

IMPACT DU GPS SUR LE RÉSEAU GÉODÉSIQUE FRANÇAIS (R.G.F.)

Michel Le Pape
Chef du service de la géodésie et du nivellement - IGN

1 - INTRODUCTION

La création d'un réseau géodésique national doit prendre essentiellement en compte d'une part, les besoins des utilisateurs et d'autre part, les contraintes liées à la technique d'élaboration du réseau. Dans la méthode de triangulation, technique utilisée dans la NTF (Nouvelle Triangulation Française), nombre de points se trouvent situés en hauteur et sont répartis de façon indépendante des besoins des utilisateurs, la détermination des points nécessitant des visées horizontales ; les contraintes liées au GPS sont moindres, un dégagement de 15 degrés du dessus de l'horizon étant nécessaire et il sera possible de créer des points plus accessibles et mieux répartis en fonction des besoins des utilisateurs.

2 - LA NOUVELLE TRIANGULATION FRANÇAISE (NTF)

La NTF constitue le réseau géodésique actuellement en vigueur et comporte 80 000 points. Les critiques les plus communes sont son manque de précision, les difficultés d'accès, l'insuffisance d'entretien ; plus d'un siècle aura été nécessaire à son élaboration de 1893 à 1991.

Cependant, il s'agit d'un travail important et qu'il est possible d'exploiter. Son manque de précision tient plus à une qualité non optimale des calculs : le réseau s'appuie sur un calcul de la méridienne de France datant des années 1930 et sur le calcul du 1er ordre terminé vers les années 1960 ; il n'était pas possible à ces époques de traiter la totalité des observations de 1er ordre alors qu'aujourd'hui, il suffit de quelques minutes pour traiter les observations des 6 200 points de 1er et 2ème ordre de la NTF ; en outre, ces observations sont considérées comme bonnes, en particulier celles de 2ème ordre, qui ont été effectuées depuis les années 1940, selon les mêmes spécifications.

3 - LE RÉSEAU GÉODÉSIQUE FRANÇAIS (RGF)

Afin d'obtenir à moindre coût et dans des délais raisonnables, un réseau de qualité, compatible avec les moyens et besoins des utilisateurs, il a été envisagé de mettre en œuvre ce réseau, appelé Réseau Géodésique Français

(RGF) initialement par un recalcul des données anciennes de la NTF, appuyé sur quelques données nouvelles de géodésie spatiale et de maintenir ce réseau par observations GPS.

3.1 Recommandations du CNIG (Conseil National de l'Information Géographique)

Un groupe de travail du CNIG "nouveau système de référence géodésique" a émis en 1989 un certain nombre de recommandations ci-dessous appelées.

3.1.1 Définition du RGF

Celui-ci sera de type tridimensionnel, cependant l'altitude sera fournie dans le système altimétrique actuellement en vigueur (IGN 69). Les coordonnées seront fournies sous forme de longitude, latitude et altitude ellipsoïdique sur l'ellipsoïde GRS80 dans le système ETRS (European Terrestrial Reference System) défini par la sous-commission EUREF (European Reference France) de l'Association Internationale de Géodésie ; des coordonnées planes seront aussi fournies dans une projection à préciser.

3.1.2 Structure du RGF

Le RGF est structuré en 3 parties :

- Le RRF (Réseau de Référence Français) constitué de 23 points s'appuyant sur les points (8 en France) d'un réseau européen en cours de constitution, avec une précision relative de 0,1 p.p.m.
- Le RBF (Réseau de Base Français) constitué de 6 000 points environ avec une précision relative de 1 p.p.m.
- Le RDF (Réseau de Détail Français) d'une densité souhaitée de 4 points au km² en zone rurale et 20 points au km² en zone urbaine, avec une précision relative de 3 p.p.m.

3.1.3 Constitution et conservation du RGF

- le RRF sera réalisé par techniques spatiales (VLBI, GPS...).

	90	91	92	93	94	95	96	97
RRF								
RRF. O.	////		////					
RRF. 1.				////	?	?		
RRF. 2.							?	?
RBF								
NTE. 1 (1er ordre)	saisie B.D.G.							
NTE. 2 (2e ordre)		saisie B.D.G.						
Liaison NTE-RRF			terrain					
RBF. O.				calcul				
RBF. 1.						Périod. = 8 ans entretien		
RBF								
Réseau de détail				saisie documentaire				
RBF. O.					abaquage			
RBF. 1.					GPS			
NTF								
	Entretien tradit.			GPS				

- le RBF sera initialisé (RBF.0) par la compensation des mesures associées aux points de 1er et 2ème ordre de la NTF, s'appuyant sur le RRF et sera donc à l'origine constitué des points de 1er et 2ème ordre de la NTF.
- Le RDF sera lui aussi initialement constitué des 80.000 points de la NTF dont les coordonnées dans le nouveau système seront obtenues par abaquage.

Le réseau initial du (RGF) sera donc le réseau actuel de la NTF, recalculé en s'appuyant sur le RRF observé essentiellement par GPS. La maintenance sera faite par GPS et devrait entraîner une modification assez importante de l'implantation physique des points (localisation, matérialisation).

3.1.4 Gestion et diffusion

Un centre serveur national sera chargé de la gestion de bases de données documentaires contenant l'ensemble des informations descriptives et les coordonnées des points du RGF.

3.1.5 Délais de mise en place

Les recommandations du CNIG indiquaient que le RBF devait être opérationnel avant le 1er janvier 1993.

3.2 Mise en œuvre par l'IGN

3.2.1 Délais

Le planning ci-joint indique les délais prévus de mise en œuvre ; ceux-ci sont assez approximatifs, il reste à préciser nombre d'éléments. Les travaux actuellement en cours sont les observations du réseau RRF (RRF.0), et la saisie dans la Base de Données Géodésique de l'IGN des observations des points de 1er et 2ème ordre de la NTF entamée en 1989. Les commentaires, ligne par ligne, à ce tableau sont les suivants :

- **RRF** : ce réseau a été observé pour partie en 1990 ; il pourra être totalement observé en 1992. Il reste à définir la périodicité d'entretien (1 an, 3 ans...).
- **RBF** : la saisie des mesures des points de 1er ordre de la NTF s'est terminée mi-1991 (NTF.1) ; celle concernant les points de 2ème ordre pourrait se terminer fin 1993 permettant le calcul par compensation du RBF, nécessitant au préalable le rattachement du RRF au RBF (liaison NTF-RRF). Le réseau initial du RBF (RBF.0) serait ainsi disponible mi-1994 et pourrait alors débiter la maintenance du RBF (RBF.1) avec une périodicité de 8 ans.
- **RDF** : le réseau de détail nécessite l'introduction dans la Base de Données Géodésique de données dites documentaires ; le réseau de détail initial du RGF (RDF.0) pourrait être disponible vers mi-94, dès que le RBF serait disponible ; ensuite l'entretien du RDF par GPS pourrait débiter après définition précise du RDF et des procédures d'entretien par GPS.
- **NTF** : d'ici la disponibilité du RGF, la NTF continuera d'être entretenue en 1993 et 1994, non plus par méthode traditionnelle mais par GPS.

3.2.2 Etablissement du RRF

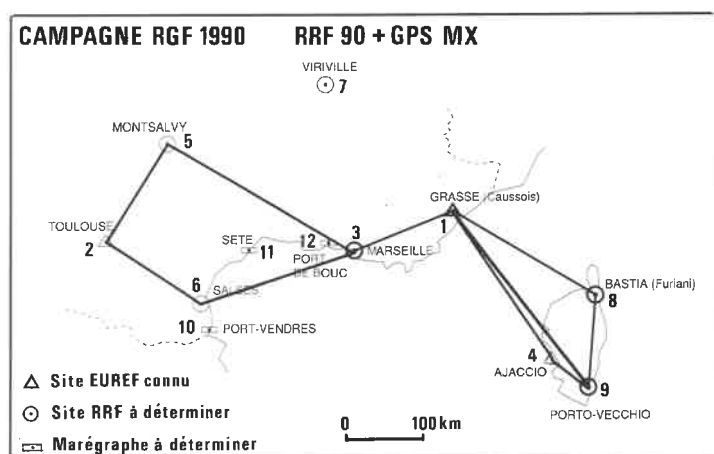
3.2.2.1 Campagnes européennes VLBI et GPS de 1989

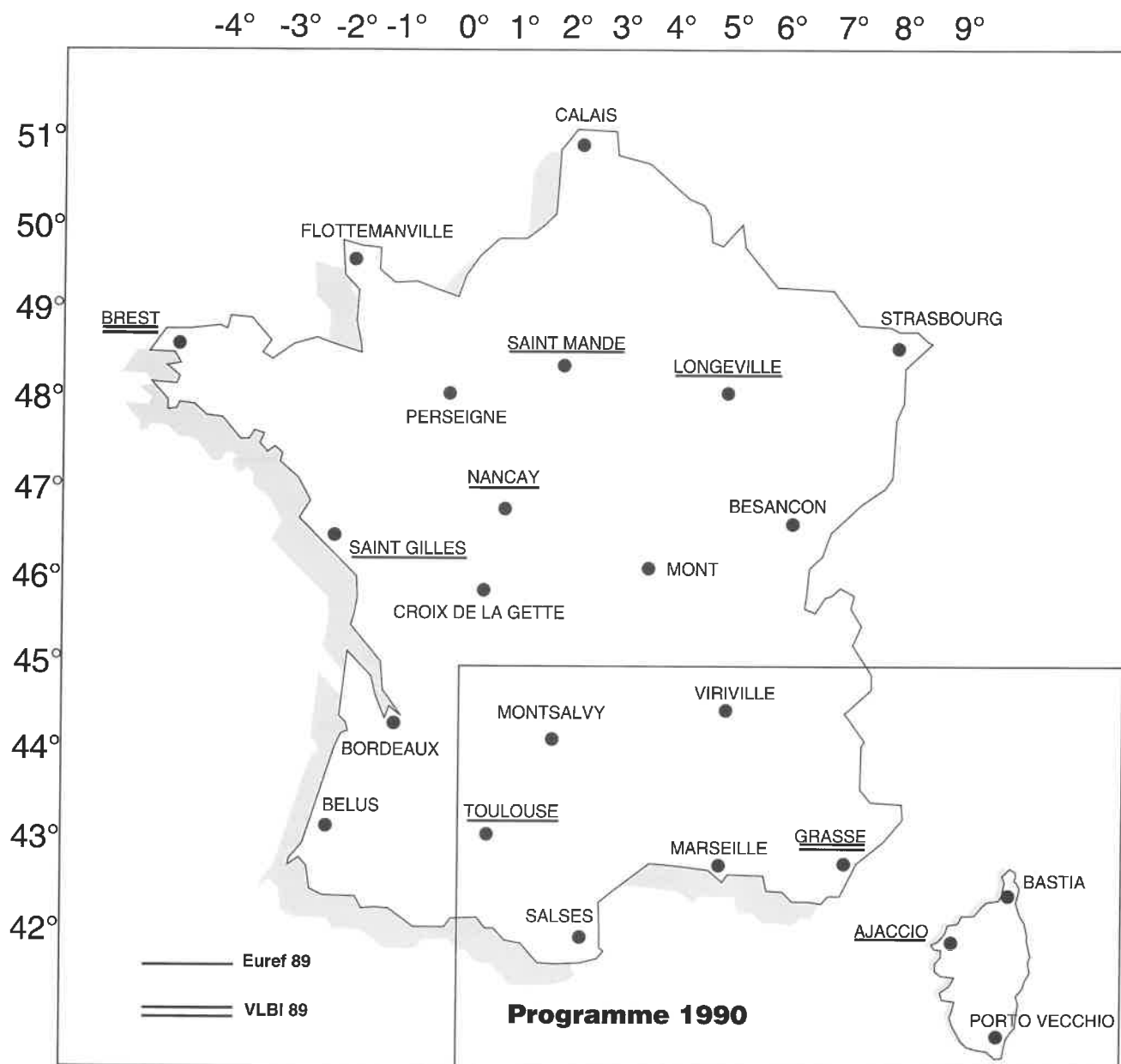
Deux campagnes VLBI et GPS ont eu lieu en Europe en 1989 à l'initiative de la sous-commission EUREF de l'AIG et du groupe de travail VIII du CERCO (Comité Européen des Responsables de la Cartographie Officielle). La campagne VLBI (Very Long Base Interferometry), la technique VLBI étant la méthode la plus précise de positionnement, a permis de déterminer 6 points en Europe (cf. carte 1) dont 2 en France (Brest et Grasse), servant d'appui aux 93 points observés la même année lors de la campagne GPS au cours de laquelle 8 points (cf. carte 2), dont Brest et Grasse ont été observés en France. Ces 8 points constituent le réseau primaire des 23 points du RRF. Les coordonnées des points observés lors de cette campagne GPS 1989 devraient être connues fin 1991, avec une précision relative de quelques 0,01 p.p.m.

3.2.2.2 Campagne RRF 1990

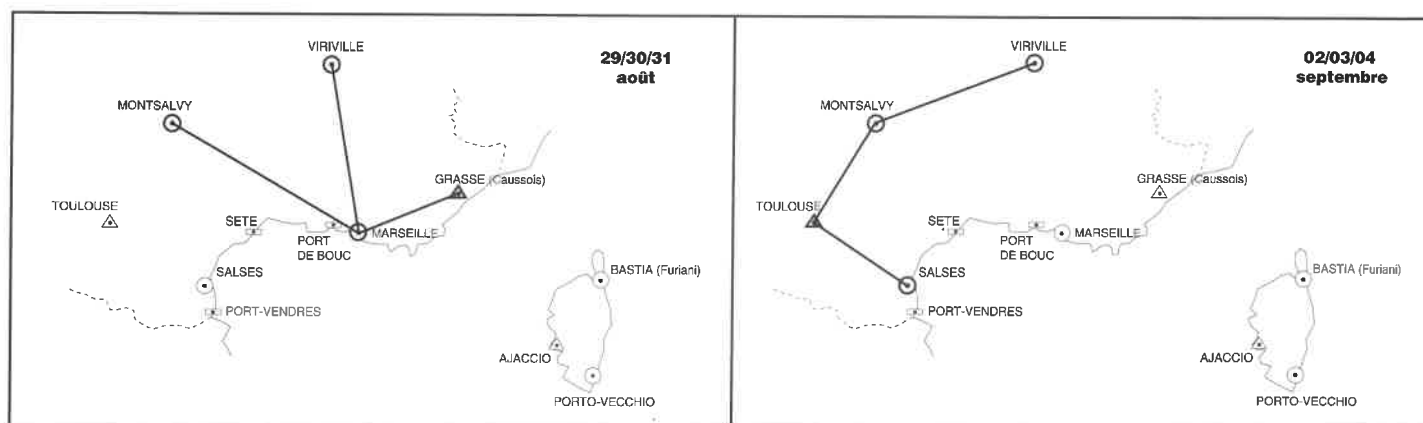
Cette campagne effectuée par l'IGN en 1990 (cf. carte 2) concernait la détermination de 6 sites du RRF "secondaire" s'appuyant sur les 3 sites de base de Toulouse, Grasse et Ajaccio. Elle peut être décomposée en 3 phases :

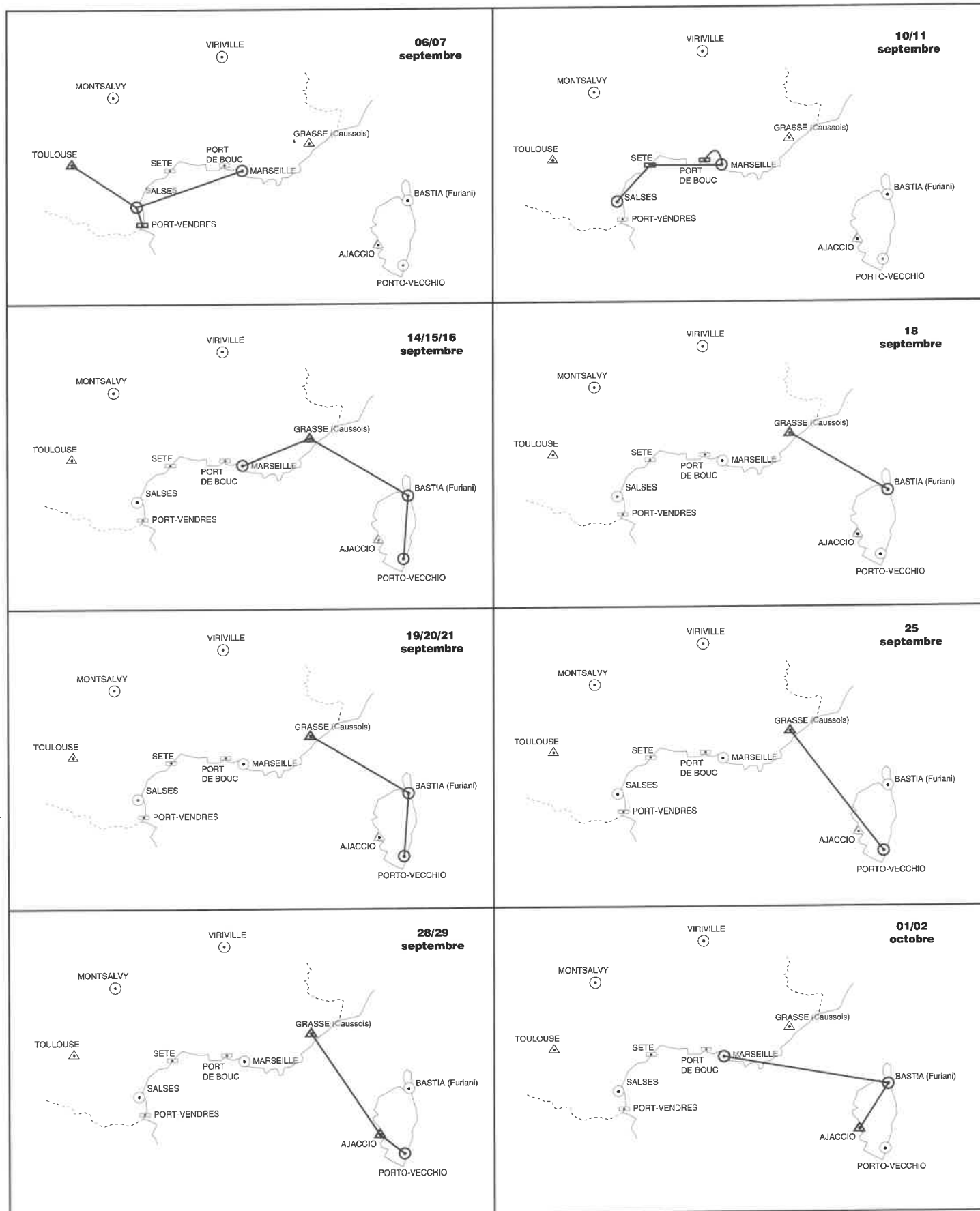
- La phase reconnaissance, du 27.06 au 10.07, durant laquelle le chef de mission a choisi l'emplacement des points en fonction de critères liés essentiellement à leur conversation et à leur observation GPS, leur construction étant effectuée par des entrepreneurs locaux (6 points du RRF sont dans des enceintes protégées).
- La phase observation, conduite du 27.08 au 15.10 concerne 3 types d'opération :
 - 1) Observations GPS intersite : menées en général avec 4 récepteurs Ashtec XII bifréquences, en station chacun sur un des sites des





Mission RGF 1990 - Détermination intersites (schéma 1).





configurations préalablement choisies (cf. schéma 1) ; le choix des configurations s'appuyait sur le principe d'observer les bases les plus courtes. En moyenne chaque site a été observé 32 heures, à raison de 4 heures par nuit soit 8 nuits. Les mesures étaient vérifiées et validées par l'opérateur après chaque session, avant regroupement pour calcul différentiel.

2) Observations des rattachements des différents points dans les sites par méthode traditionnelle (théodolite-géodimètre) ou par GPS.

3) Rattachement, généralement par nivellement direct, d'au moins un point du site au Réseau de Nivellement de Précision (IGN 69).

- La phase liquidation, allant du 16 octobre à fin novembre 1990, est en fait une phase de liquidation primaire, le but final étant de déterminer les coordonnées des points des sites observés dans le système retenu. Ceci ne pourra avoir lieu que lorsque les orbites précises des satellites, nécessaires aux calculs, seront disponibles, lorsque l'ensemble des 23 points du RRF aura été observé, lorsque les coordonnées des 8 points de

base du RRF seront connues. La liquidation primaire correspond à une phase documentaire comportant l'élaboration de fiches signalétiques, des servitudes, la validation des rattachements sur les sites, le calcul provisoire des bases.

Les calculs, à partir des orbites radiodiffusées, font apparaître de bons résultats ; la précision relative ainsi obtenue semble être déjà voisine de 0,1 p.p.m. Les tableaux 1 et 2 permettent d'en juger : les composantes du vecteur Grasse-Toulouse (cf. carte 3) ont été obtenues à 2 reprises de façon indépendante, la "dispersion" sur la distance est de 19 cm à 439 km soit 0,4 p.p.m ; sur le vecteur Grasse-Porto-Vecchio, 4 déterminations indépendantes font apparaître une dispersion de 6 cm à 308 km soit 0,2 p.p.m. La précision finale sera certainement meilleure après calcul avec orbites précises et compensations.

RÉFÉRENCE

M. Le Pape - Le RGF : Application des recommandations du CNIG-Programme de mise en œuvre par l'IGN - IGN/SGN - Juin 1991. CC/G n° 557.

TABLEAU 1

Date	Vecteur	Durée d'obs.	ΔX	ΔY	ΔZ
29-30-31 août. 90	1 - 3	12h			
idem	8 - 9	12h			
02-03-04 sept. 90	5 - 2	12h			
	1 - 3	D = 439236,40	46351,51	- 463469,51	- 16568,57
14-15-16 sept. 90	1 - 3	12h			
6-7-10-11 sept 90	3 - 6	16h			
2-3-4-6-7 sept. 90	6 - 2	20h			
	1 - 2	D = 439236,21	46351,49	- 463469,33	- 16568,51

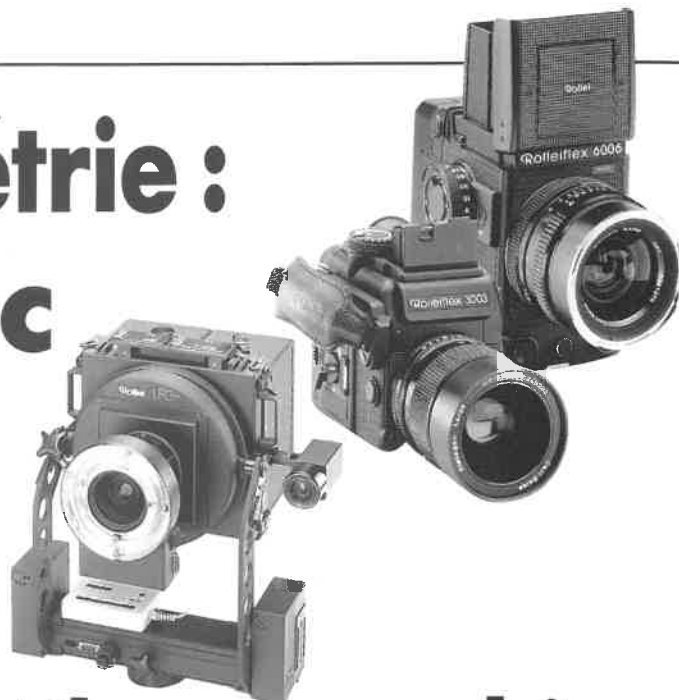
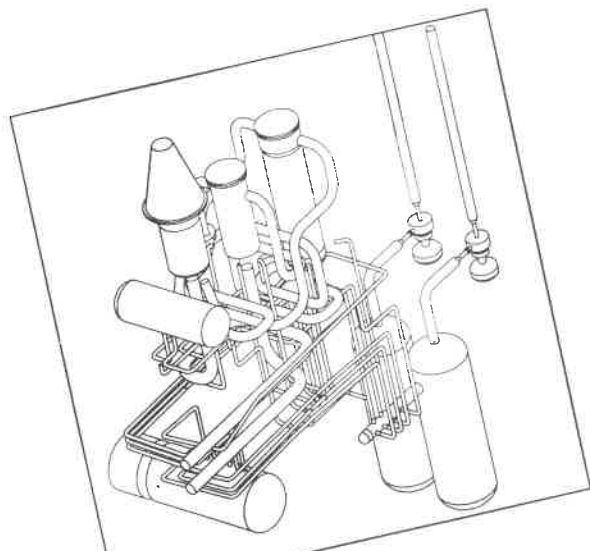
Grasse/Toulouse (tableau 1)

Grasse/Porto Vecchio (tableau 2)

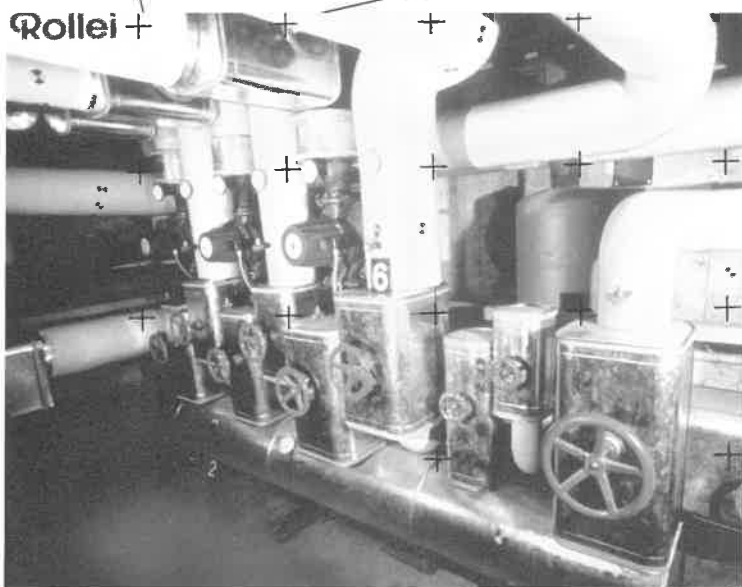
TABLEAU 2

Date	Vecteur	Durée d'obs.	ΔX	ΔY	ΔZ
14-15-16 sept. 90	1 - 8	12h			
	8 - 9	12h			
	1 - 9	D = 308247,06	133263,16	213828,53	- 177579,68
19-20-21 sept. 90	1 - 8	12h			
	8 - 9	12h			
	1 - 9	D = 308247,04	133263,09	213828,49	- 177579,66
25 sept. 90	1 - 9	5h			
	1 - 9	D = 308247,00	133263,30	213828,42	- 177579,60
28-29 sept. 90	1 - 4	7h			
	4 - 9	8h			
	1 - 9	D = 308247,03	133263,10	213828,53	- 177579,65

Photogrammétrie : Rolleimétric



Photographiez et mesurez en 3 D !



Prise de vues :

Diversité des formats et des optiques pour faire face aux situations les plus difficiles.
Précision relative : 10^{-5} si nécessaire.

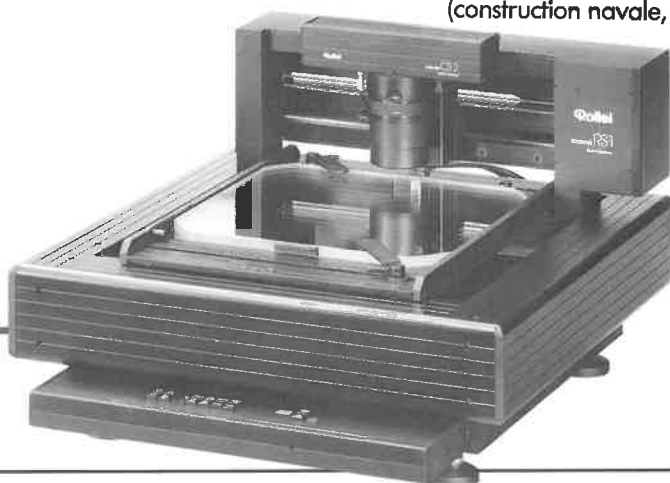
Mesure des clichés :

Le scanner RS1 mono-comparateur "intelligent", automatique.

Le principe original du réseau-scanning permet d'atteindre une précision réelle du micromètre.
Interface CAO/DAO.

Applications industrielles :

- Relevé et modélisation 3D d'installations complètes (Piping).
- Mesure 3D de déformations (essais de "crash").
- Mesure 3D en dynamique (stroboscope).
- Contrôle de grosses pièces avant assemblage (construction navale, aéronautique).
- Modélisation de formes complexes.
- Surveillance de terrains instables, évaluations de volumes.
- Mesures en milieu hostiles (nucléaire, chantiers sous-marins)



Bon à découper. Je désire recevoir la documentation Rolleimétric

Nom :

Société :

Secteur d'activité :

Adresse :

Code postal :

Téléphone :

A retourner à Rollei Diffusion - B.P. 41 - 91412 Dourdan Cedex

LES SIG ?... DEUX OU TROIS CHOSES QUE JE SAIS D'EUX

Jean-Paul Cheylan
Chercheur CNRS au GIP RECLUS,
responsable du Groupement de Recherche CNRS CASSINI
(Coordination pour l'Analyse Spatiale et les Systèmes d'Information intelligents)



Les SIG organisent de l'information géographique (entre autres informations). A ce titre ils devraient être capables au moins de représenter et proposer à l'analyse les trois types d'objets qui permettent de décrire l'espace : points, lignes,

aires, ainsi que les relations qu'ils sont susceptibles d'entretenir. A ce stade ils ne constitueraient que des bases de données spatiales, ils doivent permettre en sus d'accéder conjointement à ces informations, de les traiter directement à l'aide de critères géographiques. Ils doivent donc intégrer des fonctionnalités de recherche et d'analyse directement spatiale (qu'y-a-t-il là ?, où sont les ... ? quel est le plus proche ... ?).

DES BASES DE DONNÉES

Les SIG incorporent des bases de données, à ce titre ils héritent de toutes les contraintes et spécificités de ces outils :

- on ne sait organiser et traiter que de l'information préalablement définie, structurée ; la traduction des réalités observables en information organisée reste donc la base cruciale de leur élaboration. Seule une définition aussi complète que possible des objectifs permet d'organiser cette traduction, d'en définir le "langage cible".
- la phase de constitution de l'information, la montée en charge de la base de données constituent des travaux préalables très lourds ; le développement d'un SIG s'accompagne donc toujours d'un important investissement à long terme. Le délai conduisant à un système rodé, fonctionnant en vitesse de croisière, est toujours long (plusieurs années dans la plupart des cas). Les bénéfices de

l'investissement sont donc assez longuement différés, ce qui induit souvent des difficultés d'argumentation sinon de financement. La première marche pour l'accès à une application de SIG est donc très haute, pour la franchir il faut s'y être préparé.

Les SIG sont actuellement largement perçus comme des outils de représentation, d'organisation et de gestion de l'information. Quels que soient les objets décrits : parcelles cadastrales, permis de construire, équipements,... leur seule gestion constitue rarement l'objectif ultime. Le gestionnaire de l'information, une fois son application en route, se trouve à la tête d'une richesse. Elle va nécessairement intéresser d'autres acteurs et c'est là que va effectivement se révéler l'intérêt de ces outils. Qu'il s'agisse de concevoir une stratégie foncière, d'analyser la croissance urbaine pour une révision de POS ou encore d'optimiser la programmation des équipements, l'information contribuant à de meilleures décisions devient utilisable. La véritable révolution introduite par les SIG est certainement dans leur capacité à rendre analysables des données d'origine et d'organisation différentes. Au delà des gains assurés en gestion de l'information, ce sont surtout à terme les richesses de traitement, d'analyse ouverte qui constitueront l'apport de ces outils.

DES SYSTEMES D'INFORMATION

Les SIG sont des Systèmes d'Information. En tant que tels, ils sont (ils devraient être) des outils d'intégration d'informations diverses. Ils impliquent donc l'ensemble des dispositifs matériels, logiciels et surtout humains contribuant à la constitution, l'organisation, au contrôle (technique comme stratégique), au traitement et à la circulation de l'information. Ce sont ces derniers aspects, souvent peu entendus mais les plus prégnants, les plus rebelles à l'analyse et l'organisation, qui déterminent la qualité, l'efficacité et surtout qui assurent la pérennité des applications.

Ces informations intégrées sont celles utiles à la vie d'une organisation (entreprise, collectivité, service de l'Etat), à la conduite de son activité. L'information étant, pour une large part, à

la source des processus de décision dans l'organisation, les SI côtoient nécessairement la zone du pouvoir, ils sont donc susceptibles d'en modifier la définition, les attributions et le fonctionnement. L'introduction d'un SI passe donc toujours par une explicitation des circuits de l'information et de sa mobilisation par le pouvoir. Cette phase peut avoir été conçue préalablement, ou n'apparaître que comme un effet de la mise en place du SI.

Ces informations sont destinées à contribuer aux objectifs, au projet de l'organisation. On pourrait donc penser que la définition de ces objectifs, leur analyse est strictement préalable au développement du SI, qu'elle en conditionne l'existence. Une bonne définition des objectifs, une analyse approfondie des méthodes pour les atteindre restent des préalables indispensables.

Sans doute faudrait-il aller un peu au delà et intégrer le fait que ces objectifs sont difficilement tous explicitables au départ, que l'organisation supportant le système d'information est souvent complexe, pluri-institutionnelle, et même parfois le lieu d'oppositions, d'antagonismes voire de luttes. Dès lors une approche

strictement rationnelle de la conception de l'application, certes indispensable, n'est probablement pas suffisante. Il faudrait intégrer ces contradictions, les changements d'objectifs qu'elles peuvent induire, c'est-à-dire concevoir rationnellement un outil préservant le maximum de degrés de liberté, de réorganisation, de réorientation.

Après tout "l'organisation" support d'un SIG dépasse largement les services techniques le mettant en oeuvre, les institutions et décideurs commanditaires.

Un SIG local est souvent destiné à organiser, gérer, orienter l'espace d'une communauté sociale, dès lors l'organisation support est un segment de la société et la structure de pouvoir associée s'appelle démocratie locale... Si l'on poursuit l'analogie avec le SI, ce sont les équilibres et dynamiques de la société locale qu'il faut représenter, pour les soumettre à la décision. Si un minimum de rationalité (d'une rationalité parmi plusieurs ?) oriente explicitement les décisions, on est alors en présence d'un véritable outil d'aide à la décision.



QUELQUES PRÉCAUTIONS D'USAGE DES SIG

*Serge Motet
Ecole Nationale des Sciences Géographiques*

Au moins chez les enfants, il y a dans toute chose nouvelle, une période d'engouement suivie d'une période de désintérêt. Et il est plus utile de prévenir la désaffection que de susciter l'intérêt.

Cela s'applique au système d'information géographique. Il est clair que l'intérêt pour les SIG existe et se développe grâce au dynamisme des chercheurs, des prestataires de services et des distributeurs de logiciels.

Cependant, au-delà de l'attrait de la nouveauté, les expériences précédentes incitent à la prudence.

Les références dans d'autres domaines sont nombreuses et instructives. Un SIG est avant tout un système d'information, et on peut prévoir que son évolution suivra celle des autres systèmes d'information. Même si ces derniers concernent des domaines aussi éloignés de la topographie que la gestion ou la CAO automobile.

A ce titre, deux constats sont à la fois déterminants et antagonistes :

- D'une part, le développement des systèmes d'information numérique est inéluctable. Ces systèmes s'imposent dans tous les domaines de l'activité économique.
- Mais d'autre part, ce développement est difficile à cause de l'inadaptation des solutions informatiques et du manque de prévision sur les besoins et sur les effets des systèmes. En conséquence, certaines entreprises ont perdu beaucoup de temps et d'argent dans un système d'information mal adapté.

Utiliser l'information numérique, c'est à la fois indispensable et risqué. Cette opposition s'applique aux SIG et elle pose problème aux utilisateurs d'information géographique. A tel point qu'un guide du gouvernement du Québec (CDPGG) sur la géomatique n'hésite pas à parler du stress du gestionnaire du projet de SIG.

Les expériences précédentes montrent que la difficulté réside dans l'évaluation du risque. Le risque apparaît à trois étapes :

Au départ, dans le choix de l'organisation et des spécifications, le risque est à la fois économique (adéquation des objectifs aux besoins) et technique (choix des solutions adaptées aux objectifs).

Puis, lors de la saisie, la difficulté réside dans l'incertitude d'obtenir la qualité requise.

Enfin, au cours de l'entretien du système, il faut s'assurer de la qualité de la mise à jour.

On ne peut malheureusement donner de solutions générales contre l'incertitude. Cela dépend des applications. Mais il me semble nécessaire de préciser les sources de problèmes.

DÉFINITION D'UN SIG

Au préalable, il est utile de définir le terme SIG car il existe au moins deux interprétations. Pour la première, un SIG est un ensemble de logiciels pour la saisie, le stockage, l'analyse et la représentation de l'information géographique numérique. La deuxième définition est plus vaste : un SIG comprend non seulement les logiciels mais aussi des données sur une zone ou un thème particulier. On parlera du SIG régional du Languedoc-Roussillon pour nommer un ensemble d'outils et de données mis en place dans cette région.

C'est cette dernière définition qui est utilisée ici. Elle est illustrée par la figure 1 issue de (ARONOFF).

JUSTIFICATION ÉCONOMIQUE

La rentabilité d'un projet est la première condition de son existence. Il y a deux visions de la rentabilité :

D'une part, il y a l'objectif de rentabilité des prestataires de services en SIG. Cette activité s'est développée d'abord sur le continent Nord-Américain et est en train de s'étendre en Europe. On peut distinguer les domaines suivants :

- La saisie et les activités connexes : définition du processus de saisie en fonction des besoins, contrôle de la qualité,...
- Le conseil en SIG qui va de la comparaison de logiciels jusqu'au montage de base de données localisées.
- Le développement de logiciels.
- La cartographie et la PAO.

Figure 1.

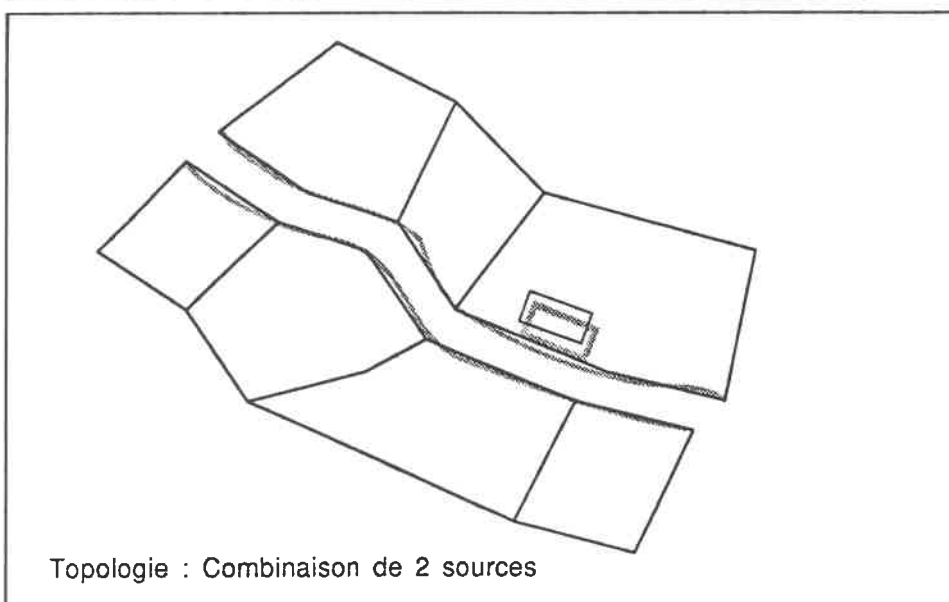
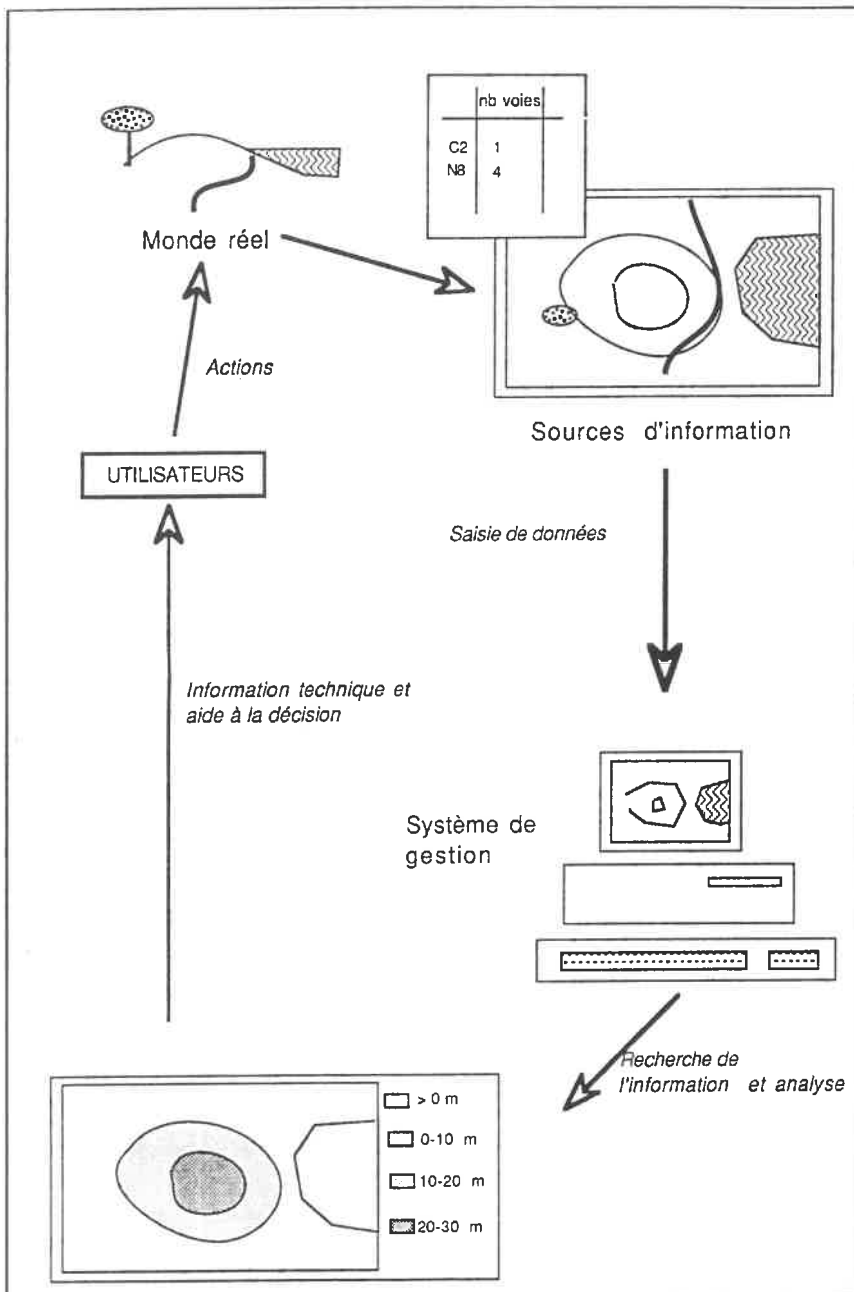


Figure 2.

D'autre part, il y a le point de vue des gestionnaires d'information géographique. Il s'agit de certains services des collectivités territoriales, des gestionnaires de réseaux ou des ministères.

Le problème dans ce cas est d'évaluer les bénéfices engendrés par un SIG. Il faut tenir compte de tous les gains directs ou indirects. Un certain nombre de méthodes sont présentées dans (DIDIER).

TOPOLOGIE

Les difficultés posées par la topologie sont peut-être les plus difficiles à cerner.

On peut définir une information topologique comme une information sur la superposition ou la mitoyenneté de deux détails topographiques. Par exemple, un carrefour entre deux routes, la façade d'une maison sur une place sont des notions topologiques qui rendent compte de l'intersection des routes ou de la mitoyenneté de la place et du bâtiment.

Ces notions sont indispensables pour les applications. Par exemple, la connaissance de la géométrie des routes dans sa topologie - c'est-à-dire le réseau - présente un intérêt limité. Elle ne permet pas les calculs sur les itinéraires ou sur la répartition des centres de distribution.

Face à ces avantages, la topologie génère de nombreuses complications. Par exemple, il est plus difficile, lors de la saisie, de maintenir la topologie lorsque l'information provient de plusieurs plans. Même si chaque plan a une topo-

logie correcte, la topologie entre détails de plans différents est souvent faussée à cause de l'imprécision géométrique.

Cela est illustré par la figure 2 où deux plans sont représentés : l'un en trait plein et l'autre en grisé. L'erreur se situe sur le bâtiment rectangulaire. On voit que sa représentation en grisé empiète sur la route en trait plein (ce qui est contraire à la contrainte topologique selon laquelle les emprises d'une route et d'un bâtiment ne se recouvrent pas).

Ce type de difficulté ne peut se résoudre que par des consignes de saisie précises. Ce qui suppose au préalable une étude complète des sources et de la qualité souhaitée.

QUALITÉ

La qualité de l'information gérée dans un SIG détermine sa capacité à répondre aux besoins. C'est donc un facteur prépondérant.

La qualité de l'information géographique pose un problème de définition et de mesure. C'est encore un sujet de recherche. Mais, autour de certaines notions, apparaît maintenant un consensus.

Ces notions ont reçu des définitions précises mais elles présentent le défaut d'être interdépendantes.

On peut distinguer trois niveaux de qualité :

- Le niveau local concerne des mesures de qualité propres aux détails. Il s'agit de la précision géométrique ou sémantique, de la résolution et de la cohérence logique. La précision géométrique est l'écart entre la position des entités numériques par rapport aux détails réels. C'est une notion connue en topographie, qui s'exprime par le biais, l'erreur quadratique moyenne, etc. Elle se mesure à partir d'échantillons. La résolution est l'aire ou la longueur minimale des entités représentées. Elle est liée à la nature du détail. Elle peut être contrôlée de manière automatique.

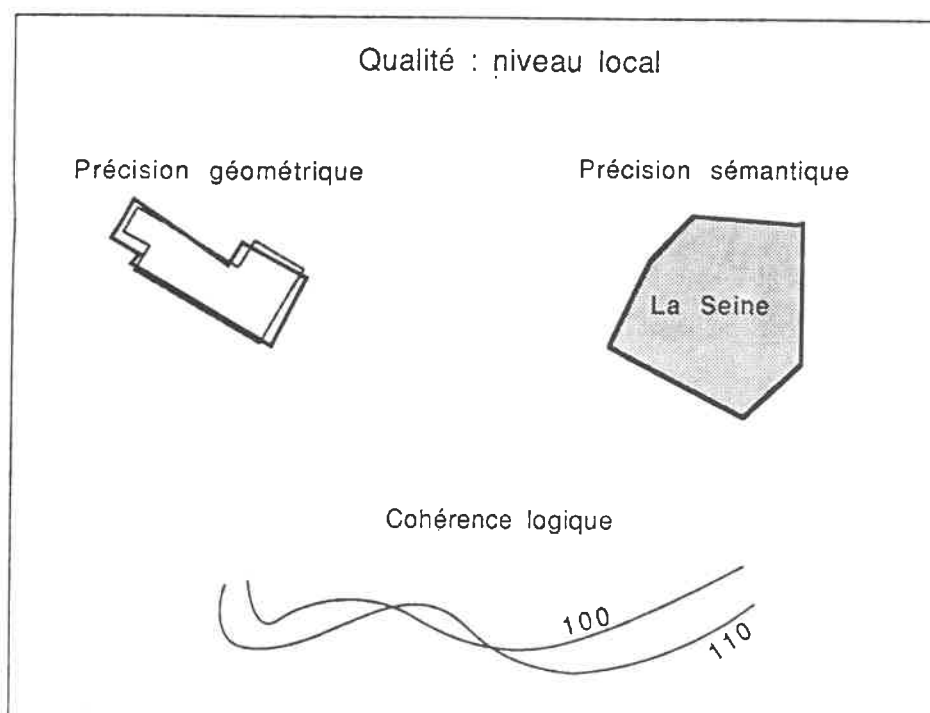


Figure 3.

La précision sémantique ou précision d'attribut exprime l'exactitude de la valeur des attributs non géométriques. C'est par exemple la mauvaise orthographe d'un toponyme. Les mesures sont soit l'écart à la valeur nominale pour un attribut à valeur continue, soit le pourcentage de valeurs fausses pour les attributs dont le nombre de valeurs possibles est fini. Les méthodes de mesure sont fondées sur l'échantillonnage ou sur la recherche automatique des anomalies. La cohérence logique est le respect des contraintes et des spécifications. Les exemples d'erreurs sont des intersections entre courbes de niveau. Cette notion contient la résolution. On peut la mesurer par des contrôles automatiques.

- Au niveau du lot de données, on a une vue globale de la qualité des données. Il comprend l'exhaustivité, l'actualité et la généalogie. L'exhaustivité mesure l'excès ou le manque d'information. Elle rend compte des entités manquantes ou fictives. Elle s'exprime par un pourcentage d'oubli ou d'ajout. La mesure est difficile. Elle peut être faite par une vérification systématique sur une zone-test. L'actualité est le pourcentage de changement entre la date de la collecte et le présent. Elle peut s'évaluer à partir de la date des documents et d'un taux annuel d'évolution. La généalogie est l'ensemble des informations qui permettent de retrouver l'origine et les traitements effectués sur le lot de données. La généalogie est indispensable pour rattraper les erreurs, prévoir la mise à jour et évaluer la qualité du niveau local.
- Le niveau utilisateur se situe à la limite de la qualité. Certains auteurs regroupent à ce niveau le coût et l'accessibilité. Dans l'acces-

sibilité, on distingue principalement la normalisation du modèle de données et la disponibilité dans des formats d'échange usités.

Avant de clore ce chapitre sur la qualité, il faut insister sur la difficulté d'assurer une qualité a priori. En effet, il est simple, mais parfois coûteux, de contrôler la qualité d'un lot de données déjà saisi. Mais il est plus délicat de définir un processus de saisie en vue d'obtenir une qualité donnée.

CONCLUSION

On me reprochera probablement d'avoir montré les embûches sans apporter de solutions. J'ai donné la liste des domaines économiques, mais quels sont les plus intéressants ? J'ai évoqué les problèmes liés à la topologie, mais comment les résoudre ? J'ai défini la qualité, mais comment l'atteindre ?

Il n'y a pas de réponse simple et générale à ces questions. Pour réussir un SIG, il faut trois ingrédients :

- **De la formation.** On doit apprendre non seulement l'utilisation des logiciels, mais aussi d'autres domaines comme l'évaluation de la qualité d'une source d'information.
- **De la méthode.** Les SIG n'ont pas encore leur méthode Merise, et cela manque. Cependant on peut s'inspirer de méthodes existantes.
- **De l'expérimentation.** A mon avis, on ne prend conscience des difficultés qu'après avoir essayé de constituer un SIG. Il faut accumuler une certaine expérience. Et la faire partager. On peut donc souhaiter que ces colonnes permettent de rassembler d'autres expériences en SIG.

BIBLIOGRAPHIE

(CDPGG) - Comité directeur du plan géomatique gouvernemental : Guide de gestion ; introduction de la géomatique au gouvernement du Québec. Québec, Canada. Mai 1990.

(ARONOFF) - Stan Aronoff : Geographic Information Systems ; A Management Perspective. WDL Publications. Ottawa, Canada. 1989.

(DIDIER) - Michel Didier : Utilité et valeur de l'information géographique. Economica. Paris. 1990.

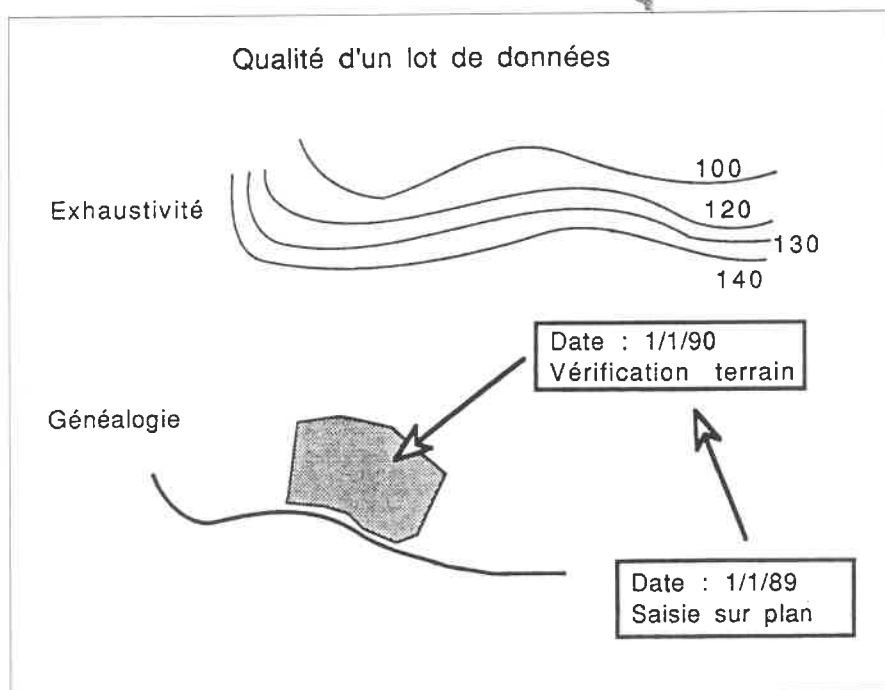


Figure 4.



présente

ses activités

CONSEIL

*Assistance à la mise en oeuvre de projets SIG (Eudes de faisabilité
cahiers des charges, choix de prestataires, réception...)
Audit de systèmes existants
Etudes de marché*

FORMATION

*Organisation de sessions de formation sur les SIG, la mise en oeuvre de
projets dans les petites communes, la norme EDIGEO...
Animation de réunions d'information (offre logicielle, stratégies des
industriels, présentation des SIG, problèmes de mise en oeuvre)*

PUBLICATIONS

*Lettre mensuelle "INFORMATIONS LOCALISEES"
Enquête de satisfaction auprès des utilisateurs de SIG*

ses références

COLLECTIVITES

*Villes de PARIS, LE HAVRE, CAEN, AULNAY/BOIS, DREUX, ARLES
REIMS, PERPIGNAN, SELESTAT, MONTBELIARD, PONT DE ROIDE
BAGNERES DE BIGORRE
COMMUNAUTE URBAINE DE BREST, DISTRICT URBAIN DU PAYS
DE MONTBELIARD,
ATELIER PARISIEN D'URBANISME, INSTITUT D'AMENAGEMENT
ET D'URBANISME DE LA REGION ILE DE FRANCE*

ADMINISTRATIONS

*MINISTERE DES ARMEES (CGI, CEGN)
MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT (AFBSN)
MINISTERE DE L'EQUIPEMENT (STU)
DIRECTION GENERALE DES IMPOTS*

EXPLOITANTS DE RESEAUX

*Syndicat Intercommunal d'Aménagement de la Vallée de l'Orge
Syndicat Intercommunal Des Eaux du Nord
EDF/GDF
SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE
ELECTRICITE DE STRASBOURG*

DIVERS

*Cartes MICHELIN
AEROPORTS DE PARIS
CERN
et environ 150 géomètres-experts et bureaux d'études*

17 bd des Etats Unis - 71000 Mâcon - tél : (33) 85 39 40 80 - fax : (33) 85 38 65 91

SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUES : PANACÉE, MYTHE, ÉLIXIR PARÉGORIQUE... OU SIMPLE OUTIL DE TRAVAIL ?

Henri Pornon - Consultant IETI

Grâce aux fantastiques progrès de la technologie, les systèmes d'information géographiques (SIG) offrent aujourd'hui une puissance de calcul et un panel de fonctionnalités très riche et très attrayant : lien entre données graphiques et alphanumériques, entre données vecteur et raster, fonctions d'analyse et d'édition thématique...

Les organisations qui utilisent des données géographiques s'intéressent donc de très près à ces nouveaux outils auxquels on attribue des vertus aussi variées que celles de l'élixir parégorique : ils sont, dit-on, capables de structurer automatiquement des données, de réaliser facilement et rapidement des cartes très compliquées, d'améliorer de façon spectaculaire la gestion des collectivités, d'aider les décideurs à prendre des décisions, voire de résoudre les problèmes d'organisation, de communication, de coordination, de coopération des organismes les plus divers.

Il est certes évident que les SIG représentent un enjeu de taille pour un certain nombre d'acteurs, qui peuvent ainsi trouver un moyen d'améliorer la productivité de leur personnel, la qualité du service aux usagers, et de prendre de meilleures décisions :

- les collectivités territoriales,
- les exploitants de réseaux,
- les administrations,
- les gestionnaires de patrimoine,
- et de façon plus générale, tous ceux qui périodiquement, sont conduits à utiliser des plans et des cartes pour l'exercice de leur activité.

C'est aussi un enjeu de taille pour les industriels de l'informatique (constructeurs de matériels et périphériques, concepteurs de logiciels, SSII) qui espèrent que ce domaine contribuera à maintenir un taux de croissance élevée et cherchent une diversification. Ceci concerne également les prestataires de services que sont les grands exploitants (compagnies fermières de l'eau, mais aussi EDF/GDF et France-Télécom), et les géomètres-experts, bureaux d'études et sociétés de saisie.

Le but de cet article, au delà de cette courte présentation générale, est de mettre en évidence quelques pièges dans lesquels les futurs utilisateurs de SIG devraient essayer de ne pas tomber dans la mise en oeuvre de leurs projets SIG.

En effet, au delà du mirage de la technologie à portée de tous, force est de constater que la mise en oeuvre de projets SIG n'est pas chose facile et comporte une part de risque importante.

Certaines collectivités ont fait publiquement état des difficultés rencontrées et des situations d'échec ou de demi-échec dans lesquelles elles se trouvaient. La simple comparaison du nombre de sites installés et de sites REELLEMENT opérationnels montre qu'il s'agit d'une entreprise à long terme et que le succès n'est pas assuré.

Existe-t-il donc des moyens d'éviter l'échec ou de limiter les risques ?

Avant de répondre à cette question, faisons état de quelques pièges dans lesquels tombent un grand nombre d'organismes.

LE PIEGE DES OUTILS

Un grand nombre d'utilisateurs croient que la mise en oeuvre d'un SIG est essentiellement un problème de choix de logiciel, qu'il suffit de choisir **LE BON SIG** pour que le projet réussisse. D'une façon plus générale, ils se posent la question de savoir avec quoi mettre en oeuvre leur SIG : quel logiciel, quelles données, avant de s'interroger sur les objectifs visés et les besoins qu'il doit satisfaire.

Un certain nombre de fournisseurs les confortent dans cette vision des choses, soit parce que pour eux le problème principal est effectivement que le prospect choisisse leur système, soit parce qu'ils proposent des prestations standardisées non adaptables en fonction des besoins (cas de certains fournisseurs de données).

L'inconvénient d'une telle approche est qu'elle confond la fin et les moyens. Les matériels, logiciels, données ne sont que des moyens que l'on met en place pour atteindre des objectifs. Sans objectifs, sans analyse des besoins et sans définition préalable d'un projet, le choix n'a pas de sens et risque d'être très aléatoire.

Pour ne pas tomber dans ce premier piège, deux conseils :

NE PAS SE FOCALISER SUR LES OUTILS RÉFLÉCHIR AVANT D'AGIR

Il ne s'agit pas d'adapter les activités et pratiques des utilisateurs à un outil, mais au contraire, d'adapter une offre à des besoins.

LE PIEGE DES FOURNISSEURS

Outre la tentation de vendre des solutions toutes faites sans se préoccuper des besoins des futurs utilisateurs, les fournisseurs ne vendent pas toujours des produits au point et disponibles. Qu'il s'agisse de données, de logiciels ou d'applications, il n'est pas rare qu'un client attende plusieurs mois, voire plusieurs années, avant de recevoir l'objet de sa commande (cas des données), ou qu'il doive supporter la mise au point d'un logiciel ou d'une application non suffisamment testés par le développeur.

Attention à ne pas transformer l'organisation en laboratoire. Ceci entraînera très vite une démotivation des utilisateurs (ça n'arrive pas, ça n'est pas au point, ça ne marche pas) et une perte de confiance vis-à-vis de la technologie ou du fournisseur.

Pour ne pas tomber dans ce piège, deux autres conseils :

VÉRIFIER QUE LE PRODUIT EST AU POINT ET QU'IL EST DÉJÀ UTILISÉ QUELQUE PART

Il n'est pas rare que les collectivités ou les administrations rencontrent ces deux pièges, combinés avec le piège institutionnel.

LE PIEGE INSTITUTIONNEL

Un certain nombre d'institutions, qu'il s'agisse de grandes collectivités, d'administrations, ou d'autres organismes publics ou parapublics, souhaitent mettre à disposition d'autres leur savoir-faire, leur expérience et leurs outils.

Cette démarche est sur le principe très positive, car il s'agit d'utilisateurs ayant déjà affronté les problèmes de mise en oeuvre de systèmes d'informations géographiques, et donc susceptibles d'éviter aux autres de commettre les mêmes erreurs.

Malheureusement, un certain nombre d'entre elles, au lieu de se placer sur le terrain du conseil, de la réflexion, ou de la méthode, cherchent à vendre leur concept de SIG, voire les outils logiciels ou les données de leurs fournisseurs.

Constatant par ailleurs que leurs projets ne sont pas toujours opérationnels, on imagine le piège dans lequel peut tomber le futur utilisate-

teur, sécurisé et mis en confiance par le statut d'utilisateur revendiqué par son interlocuteur, et qui va être conduit à acheter un produit tout fait qui dans un nombre non négligeable de cas, n'existe que sur le papier.

C'est ainsi que des villes, des départements, des régions, et des grandes administrations vendent des projets qui ne fonctionnent pas chez eux.

LE PIEGE DES OBJECTIFS

Dans la vision de quelques futurs utilisateurs, le SIG est une Banque de Données à finalité d'archivage. Il s'agit d'accumuler le plus de données possibles, de les archiver, et ainsi de se constituer une mémoire de l'organisation, sans se poser la question de savoir ce qu'elle en fera.

Le premier inconvénient de cette approche, est qu'elle conduit à constituer des bases de données parfois énormes, mais hétéroclites et le plus souvent inexploitable.

Le second est qu'il est difficile de justifier son coût (élevé) par un service rendu (la consultation n'est qu'une des utilisations possibles des SIG).

Il est donc préférable de considérer le SIG comme un processus mis en oeuvre pour atteindre un ou plusieurs objectifs : aider à la décision, améliorer l'environnement, rationaliser la gestion du domaine...

Un conseil pour ne pas tomber dans ce piège :

ASSIGNER DES OBJECTIFS STRATÉGIQUES AU SIG

LE PIEGE ORGANISATIONNEL

Nous avons pu constater à IETI que nos interlocuteurs cherchent à l'aide des SIG, à apporter une réponse technique à des problèmes organisationnels. Ainsi, quand les services techniques ne coopèrent pas et constituent des féodalités, quand des dysfonctionnements sont constatés dans l'organisation, quand le personnel est démobilisé par l'attitude de la hiérarchie, on espère que le SIG servira de remède miracle.

Il est vrai que la mise en oeuvre d'un SIG peut être un événement catalyseur, l'occasion d'ouvrir un débat, de remettre en cause certaines habitudes, de poser des questions, de créer les conditions d'une meilleure coopération.

Mais il serait naïf de croire que la simple présence du SIG va remédier à ce type de problèmes. Il faudra de toute façon que les pro-

blèmes de nature organisationnelle trouvent des solutions de type organisationnel.

VAUT-IL DONC MIEUX ATTENDRE DES JOURS MEILLEURS ?

Le but de cet article n'est pas de décourager les bonnes volontés des futurs utilisateurs.

Il est possible de mettre en oeuvre un système d'information géographique qui fonctionne dans des délais raisonnables (deux à trois années entre les premières études et les premières applications opérationnelles) sans tomber dans tous ces pièges.



Pour ce faire, deux derniers conseils pour clore l'article :

RÉFLÉCHIR AVANT D'AGIR AGIR AVEC MÉTHODE

Réfléchir avant d'agir, car si le futur utilisateur prend le temps de définir ses besoins, d'évaluer un projet dans toutes ses composantes (technique, économique, organisationnelle, humaine), il aura détecté à l'avance la plupart des pièges et saura comparer ses besoins aux offres qui lui seront faites. C'est tout l'intérêt d'une étude de faisabilité.

Agir avec méthode, car le fait de ne négliger aucune étape, permet de s'assurer que les fondations du projet sont solides et qu'il ne s'écroulera pas comme un château de cartes à la première secousse.

PRISES DE VUES AERIENNES



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

ADRESSE
APEI
Aérodrome de Moulins
03400 YZEURE
Tél. **70 20 63 67**
Téléc : 900 882 - Fax : 70 20 84 87

HOMMAGES À YVES ALAJOUANINE

Yves Alajouanine n'est plus. Il nous a quitté discrètement en Janvier dernier. Né en 1927, nous devons remercier son Père, ingénieur, cofondateur de la SAGEM, d'avoir donné à son fils Yves une formation scientifique. La providence a ensuite veillé à ce qu'il embrasse nos professions topographiques pour le plus grand avantage de tous ceux qui ont eu à l'approcher.

Notre Association lui doit, dans ses premières années, une contribution décisive. Son enthousiasme nous a valu le plus dynamique des Présidents Régionaux. Son action d'ailleurs dépasse le cadre de la Région Rhône-Alpes puisqu'un bulletin d'adhésion sur trois arrivants à l'AFT de toute la France muni du célèbre cache d'origine YA !

En héritage il nous laisse un exemple à suivre. Les nombreux articles qu'il a rédigé pour notre revue resteront autant de textes pour l'éducation des jeunes. Il s'était aussi donné pour tâche la participation à des cycles de formation chez des industriels où il montra ce que la topographie et ses instruments pouvaient apporter. Le lexique, en cours de parution, aurait aussi satisfait son esprit tourné vers l'éducation. Il espérait enfin pouvoir dépouiller des articles de la revue pour édifier un thésaurus, beaucoup plus profitable que la simple énumération des articles. Nous pouvons lui promettre de réaliser son souhait dans un proche avenir.

Robert VINCENT - Président de l'AFT de 1981 à 1986.



Alajouanine, pour nous, ses camarades de la 3ème promotion ESGT 1949, c'était Ala, ou Ala... le Grand. Grand, il l'était par la taille, il nous dominait tous, et pas seulement par la stature.

Il nous surclassait surtout par sa culture scientifique et mathématique dont il nous

faisait profiter en toute simplicité si on l'en sollicitait.

Professionnellement, nous nous sommes retrouvés à l'occasion de sa situation chez Wild, qu'il a magnifiquement servi en concevant son rôle comme celui d'un conseiller technique, rôle pour lequel il payait de sa personne sans compter.

Il m'honorait de son estime et de son amitié, l'une et l'autre sans faille, comme sera sans faille mon respectueux souvenir. Et je continuerai à le faire vivre en répétant à mes jeunes amis, que j'ai souvent l'occasion d'éduquer : "Ala dirait que...". Alors qu'en moi-même je penserai "Ala dit que..."

André Mémier

En m'adressant fin 1966 sa candidature à un poste dans la Société Wild Paris, devenue depuis Leica, Yves Alajouanine écrivait à peu près ceci : "Puissent mon ardeur et mon enthousiasme vous faire oublier mes quarante ans". A 40 ans on n'est pas vraiment très vieux, et de l'enthousiasme Yves Alajouanine en avait à revendre ; il avait aussi une carrière professionnelle déjà bien remplie et riche d'expériences variées depuis des débuts au Cabinet DANGER, en passant par le Maroc et la triangulation de Pointe-Noire. Il fut embauché et chargé aussitôt de créer la toute nouvelle agence de Lyon. 16 ans durant, jusqu'en 1982, il anima le 108 rue Hénon sur le plateau de la Croix-Rousse de son esprit créatif et de son imagination, et en assura un remarquable développement.

Longtemps ses anciens clients se souviendront de ses démonstrations toujours passionnées et devançant souvent de quelques longueurs la

pratique courante. Successivement apôtre de la mire RDS à l'échelle transversale, du Distomat DI10 utilisé en tachéométrie, de la mire LASERYA de son invention, de la station libre et des calculs sur le terrain à l'aide de la calculatrice Compucorp dont il avait lui-même développé les programmes, il fut sans cesse aux avant-postes de la technique et initia bien des méthodes devenues maintenant usuelles. Il fut également l'un des premiers à porter la bonne parole topographique dans les milieux industriels.

Yves Alajouanine vivait constamment son métier ; il avait transformé le populaire Camping-Car VW de ses tournées en un véritable laboratoire de topographie bourré de matériel de terrain et d'informatique et il n'était pas rare de le voir s'arrêter au bord de la route auprès de quelque opérateur de chantier, futur disciple à convaincre. Maniant brillamment la théorie, il savait aussi allier la pratique, et

quand nécessaire sortir de ses immenses poches l'objet décisif, de la vis 5/8 de pouce à l'imprimante thermique.

Bien sûr son goût de la pédagogie le prédestinait à l'enseignement et nous fîmes rapidement appel à lui pour présenter les matériels Wild aux différents établissements d'enseignement topographique bien au-delà des limites de son agence de Lyon. Il y fit merveille ; il avait su constituer une extraordinaire collection de diapositives rassemblant des instruments et accessoires de tous types dans les utilisations les plus variées. Chacun, professeur ou élève, y trouvait son intérêt. Nul doute qu'il aura su faire partager aux étudiants approchés sa foi en la topographie et démontrer qu'elle débordait de loin les limites classiques de l'enseignement scolaire.

Yves Alajouanine fut naturellement un des pionniers de l'A.F.T. dès sa création en 1978. Délégué provisoire pour la région Rhône-Alpes, il recruta bien vite les 25 adhérents nécessaires à l'élection d'un président régional et fut de ce fait en 1979 le premier président régional élu de l'A.F.T.

Record d'adhésions après la région Ile-de-France, Rhône-Alpes fut aussi sous la houlette d'Yves Alajouanine l'une des plus actives. En juin 1980, elle organisait un colloque particulièrement réussi à l'I.N.S.A. de Lyon sur le thème "Topométrie Industrielle et Organisation de la Qualité", thème particulièrement cher à Yves Alajouanine. Un nouveau colloque "Topométrie Industrielle" était organisé en mai 1984 dans le site magnifiquement choisi du Creusot.

En 1982 Yves Alajouanine avait pris une retraite anticipée avec l'intention de se consacrer à quelques unes de ses activités favorites : l'A.F.T. et les applications industrielles de la topographie. Il organisa de fait plusieurs stages dans diverses industries. De graves ennuis de santé interrompirent prématurément cette nouvelle carrière.

Un de ses regrets aura certainement été de nous quitter à un moment où, plus que jamais, la topographie et ses techniques bougent ; et notre regret sera aussi qu'il n'ait pu y participer.

Jean Puycouyoul

LE POSITIONNEMENT PAR SATELLITES G.P.S

**Pour profiter au mieux de ces possibilités nouvelles
EFFICACITE - PRECISION - RENTABILITE**



GEOID



Ses ingénieurs topographes

Son matériel de pointe

Son expérience

PEUT DEVENIR VOTRE ALLIE

- EN FRANCE
- A L'ETRANGER



INNOVONS ENSEMBLE



GEOID
CAP ALPHA - MONTPELLIER TECHNOPOLE
Avenue de l'Europe
34830 - clapiers

Nouvelle adresse

Tél : 67 59 30 48

Fax : 67 59 30 10

L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE SANS FRONTIÈRE STRASBOURG 25-27 MAI 1992. PALAIS DE LA MUSIQUE ET DES CONGRES

- *Deuxième forum international de l'instrumentation et de l'information géographiques*
- *31ème Congrès national des Géomètres-Experts*



*André Pasquet, Président du Conseil National de l'Information Géographique.
Photo Tabarly*

C'est en décembre 1983 qu'une commission créée dans le cadre du IXème plan, la commission Lengagne, faisait apparaître la notion nouvelle "d'information géographique".

C'était reconnaître une profonde mutation cartographique. La suite logique fut la création de la Commission Nationale de l'Information Géographique. Une groupe de travail de cette commission mit en évidence l'insuffisance de la prise en compte de l'instrumentation géographique et les difficultés que rencontrait l'industrie française dans ce domaine. Il s'en suivit un colloque national sur l'instrumentation géographique qui se tint à Saint Mandé en juin 84. L'analyse qui en résultat permit de mieux connaître les besoins, les possibilités, les perspectives et, afin d'élargir et d'internationaliser une rencontre sur les activités géographiques, naquit l'idée d'un Forum International de l'Instrumentation et de l'Information Géographiques.

Sous l'égide du CNIG fut créée une association, FI3G, présidée par André Pasquet, président du CNIG, dont l'objectif fut la préparation et l'organisation du Forum.

C'est en juin 1987, à Lyon, que se réunissait le premier FI3G.

Adossé au fleuve qui irrigue la ville, face au parc de la Tête d'Or, le palais des Congrès Internationaux vécu deux jours de grand succès à hauteur des ambitions et au niveau des nécessités. C'était l'aboutissement de deux années de travail.

Il fallait en effet mobiliser la profession et

convaincre les industriels. 34 pays, 500 congressistes, 65 exposants sur 1 000 m², en furent le couronnement. Le contenu du colloque se structure autour d'une vingtaine de rapports émanant de sept pays différents et couvrant l'ensemble des thèmes, des applications, des techniques et des systèmes contenus dans le concept d'information géographique. Des séances d'affiches, en outre, permirent une cinquantaine de communications libres commentées par leurs auteurs.

FI3G n'aurait jamais existé sans la coopération constante et confiante de tous les milieux professionnels réunis dans son comité d'organisation, au premier rang desquels figurait l'Ordre des géomètres Experts pour le secteur privé et l'IGN pour le secteur public.

Depuis 1987 l'information géographique a connu des progrès spectaculaire, liés à l'informatique, à l'image électronique, aux techniques spatiales et à la télématique. Elle est aujourd'hui une référence de base, le renseignement préalable à toute décision.

C'était le cœur de ce deuxième forum placé sous le haut patronage du président de la république et qui prenait d'autant plus de poids que le CNIG et l'OGE avaient décidé d'unir leurs efforts en le jumelant avec le 31ème Congrès de l'OGE, ce qui est bien l'image du caractère fédérateur de l'information géographique.

L'ensemble des professionnels, de tous pays, des secteurs public et privé, des collectivités locales, des chercheurs, des constructeurs, des éditeurs et distributeurs de produits géographiques, et bien sûr le grand public, sont concernés par cette rencontre exceptionnelle où se sont cotoyés et ont exposés des experts de renommée internationale.

L'exposition est passée de 1 000 m² en 1987 à 2 500 m². La plupart des matériels, des techniques et des produits étaient présentés. De caractère professionnel et hautement technologique elle a concerné tous les publics auxquels elle était accessible.

Au cours des cinq séances plénières ont été abordés :

- L'apport des SIG à la gestion des espaces naturels et ruraux (MM. Bodechtel et Cornaert)
 - L'apport des SIG à la gestion des territoires urbains (MM. Bogaerts et Dennison Parker)
 - Systèmes de localisation (MM. Boucher et Askenazi)
 - Apport des SIG à la gestion des réseaux (M. Pongers)
 - Accès à l'information géographique et échanges (MM. Brüggemann, Algrain et Salgé)
- Sept ateliers étaient prévus en complément.

OGE 31^{ème} congrès national des géomètres-experts

Jean Lamaison, Président du Conseil Supérieur de l'Ordre des Géomètres-Experts.
Photo HAC.



Parallèlement le 31^{ème} Congrès des Géomètres Experts avait pour thème : "Limites juridiques et information géographique".

La première partie était consacrée aux aspects techniques et animée par Jean-Claude Legorgeu, GE à Strasbourg, la seconde partie portait sur les aspects juridiques, institutionnels et sociaux, sous l'animation de Benrard Bour, GE à Metz.

A travers ce thème, les GE ont étudié les moyens de réaffirmer leur position prédominante dans la production d'informations géographiques. Ils ont développé également l'aspect juridique en particulier en matière de garantie de contenance et de limites du patrimoine foncier et immobilier français.

Les géomètres-experts sont les garants de l'exactitude des informations recueillies. Les systèmes d'information géographiques sophistiqués qu'ils utilisent impliquent des mises en garde : sur la précision des données qui peut n'être qu'apparente, sur la valeur juridique de ces informations, sur l'obtention d'une fiabilité maximale et une exploitation rationnelle des

SIG.

Le jumelage de ce 31^{ème} Congrès National avec le 2^{ème} forum FI3G, est la marque de la volonté des GE de définir et d'asseoir leur positionnement face à ces problèmes posés par l'avancement technologique.

Jack Biquand

LES PARTENAIRES DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE À FI3G

- L'Institut Géographique National - IGN
- L'ordre des Géomètres-Experts - OGE
- Le Cadastre français
- Spot-Image
- Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine - SHOM
- L'Association Française de Topographie - AFT
- La Communauté Urbaine de Strasbourg - CUS

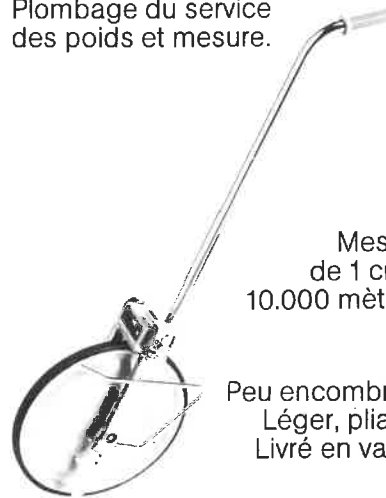
ODOMETRE

Mesure de distance
au sol.

Devis de travaux
routiers, urbains,
canalisations.

Modèle réglementaire.

Plombage du service
des poids et mesure.



Mesure
de 1 cm à
10.000 mètres.

Peu encombrant
Léger, pliable
Livré en valise

Etablissements BURNAT

89, rue d'Hauteville - 75010 PARIS

Tél. : (1) 47.70.09.73

Télécopie : (1) 48.24.03.41

NOMINATIONS AU CENTRE EUROPÉEN DE NORMALISATION (CEN)

Dix nouveaux comités techniques sont créés au CEN. La France assurera le secrétariat de quatre d'entre eux dont celui de "l'information graphique" avec Monsieur François Salgé de l'IGN, et celui des "structures géotechniques" avec Michel Magnan du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

Au total la France assure 56 comités techniques sur les 250 existants.

LES SIG : MANIFESTATIONS 1992

- Le forum de l'Association FI3G (Forum International de l'Instrumentation et de l'Information Géographique) - à Strasbourg du 25 au 27 mai. Voir notre information par ailleurs dans XYZ.

- Le SIG-GIS-Europe, Salon des Systèmes d'Informations Géographiques - Porte de Versailles à Paris, du 22 au 24 septembre.

- Le MARI, Salon de l'Information Géographique Numérique qui a eu lieu du 1er au 3 avril au CNIT - La Défense.

- Les journées "Informatique et Collectivités locales", deuxième rencontre nationale sur l'information géographique, les 22 et 23 octobre.

AU CNIG : POUR UNE NORME DES FORMATS D'ÉCHANGES

Dans l'élaboration, puis le fonctionnement des banques de données, une collectivité locale n'est jamais seule. Beaucoup d'informations lui sont fournies par l'extérieur (cadastre, IGN, géomètres, concessionnaires...) qu'il faut ensuite régulièrement mettre à jour. Les systèmes de gestion de données ne sont pas forcément compatibles entre eux et le dialogue nécessite un nombre impressionnant de programmes de "transformatage". Aussi, l'utilisation d'un format d'échange, sorte d'interprète entre tous, est-elle essentielle pour le développement rapide des SIG.

Jusqu'à ces derniers mois, il n'existait pas de normalisation en la matière, d'où un certain flottement...

Le Conseil national de l'information géogra-

phique (CNIG), instance consultative placée auprès du ministre du Plan qui rassemble élus locaux, ministères concernés, producteurs locaux et nationaux d'informations géographiques et experts scientifiques, a cherché à se faire l'interprète des utilisateurs vis-à-vis des producteurs : une norme de format d'échanges des données géographiques numériques, applicable à tous les systèmes et destinée à faciliter le rapprochement entre les divers partenaires concernés a été l'une des principales cibles d'action.

Le CNIG a donc mis en place une commission de normalisation, accréditée auprès d'EDIFrance - l'agence organisant la normalisation des échanges de données informatisées au sein de l'AFNOR. Un projet de norme a été établi, après une étude des modèles existant tant en France qu'à l'étranger, et fait l'objet d'une expérimentation nationale, sous forme de test d'échanges. Le concept définitif de la norme EDIGEO devrait être prêt dès la fin de cette année. Un comité technique européen de normalisation se mettra en place très prochainement avec probablement une présidence française, afin de déboucher sur une action de normalisation au niveau communautaire. Avec EDIGEO, bien des difficultés vont être aplanies, le format d'échange permettant en particulier de valoriser à l'optimum des investissements entrepris et d'assurer une transmission bien plus rapide des informations.

QUELQUES OUVRAGES CONSACRÉS AUX SIG

Quelques ouvrages sont à la portée de tous ceux qui veulent s'intéresser aux SIG. Citons :

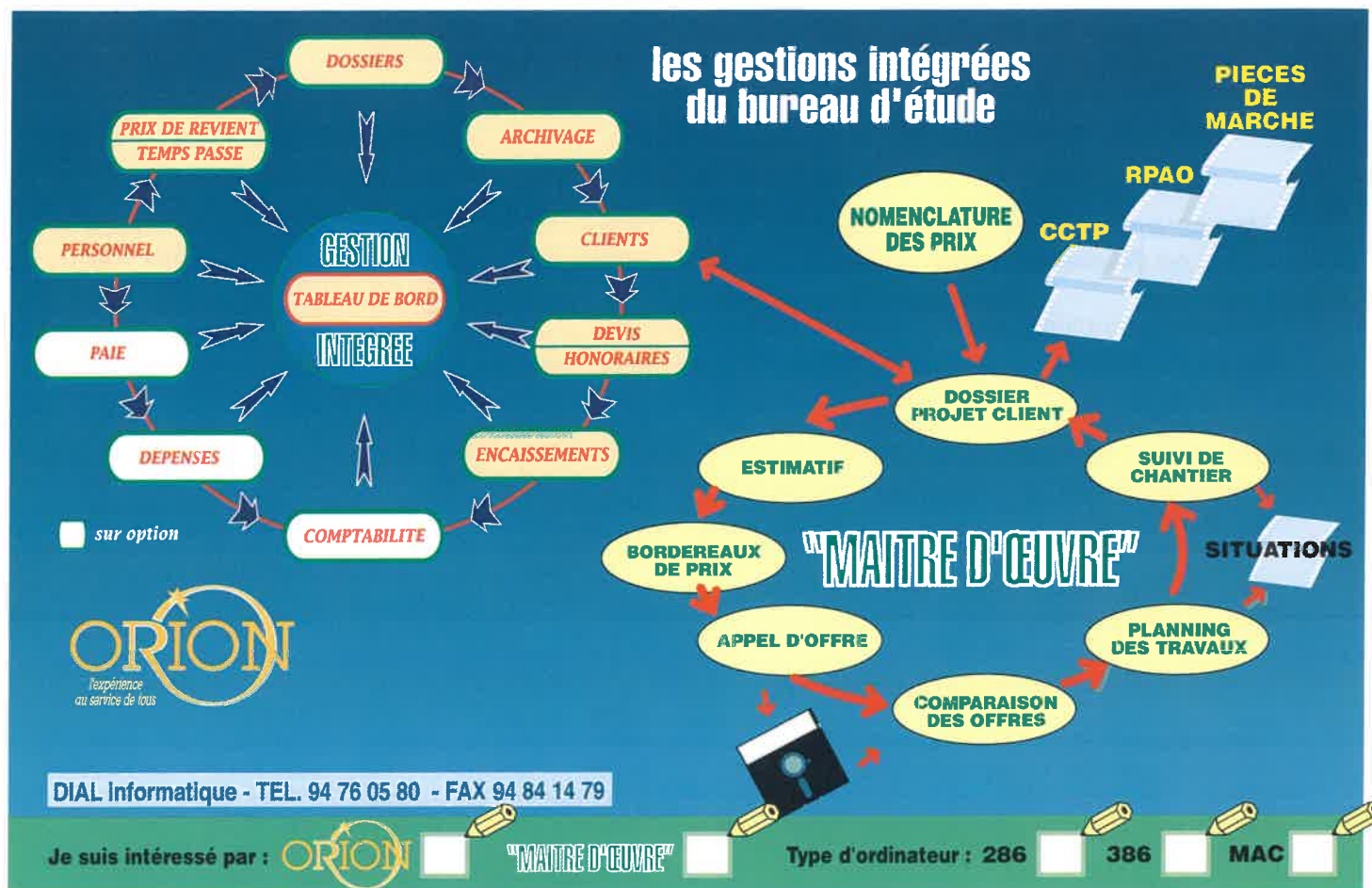
- "La cartographie assistée par ordinateur", Henri Pornon, 1989, Editions Hermès.

- "Mise en oeuvre des systèmes d'informations géographiques", Service technique de l'urbanisme, Arche de La Défense, 92055 La Défense Cedex 04. Tél. (1) 40.81.21.22.

- "Utilité et valeur de l'information géographique", Michel Didier, 1990, Editions Economica.

- "Cartographie et transports urbains", CETUR, 8, avenue Aristide-Briand, 92220 Bagneux. Tél. (1) 46.57.11.47.

- "Guide économique des systèmes d'informations géographiques", Michel Didier, à paraître en 1992.



**LA MESURE OPTIQUE SANS CONTACT
DE HAUTE PRECISION SUR VOS
PIECES ET STRUCTURES.**

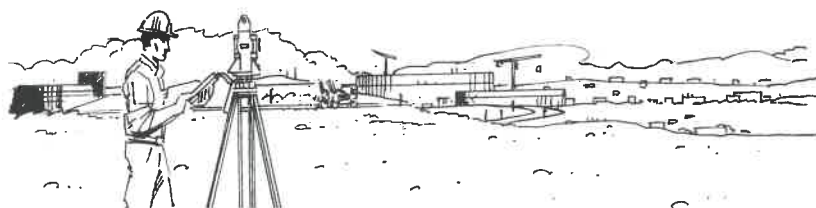
Mesure par théodolites avec système KERN ECDS3

SITES SA / Dépt VISION-DIMENSION
79/83, rue Jean Jaurès, 92800 PUTEAUX
tél : (1) 47 76 23 12 fax : (1) 47 78 70 59



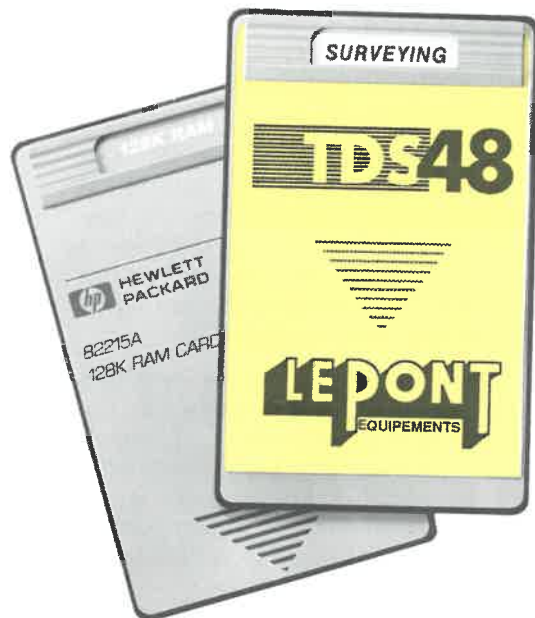
Avec le Programme Topo TDS 48 et le Calculateur HP 48 SX

Découvrez le carnet de terrain électronique universel



TDS 48 : un programme Topo performant

TDS 48 se présente sous forme d'une carte bleue enfichable dans le calculateur HP 48 SX.



Ses capacités :

- Nombre de fichiers illimité (+ de 3000 points par carte RAM de 128 ko)
- Implantation
- Lever
- Calculs topo (intersections, conversions, gisements, distances, dénivelée, surfaces, relèvement, résolution de courbes ...)
- Résolution de triangles
- Cubatures
- Transfert de fichiers.

TDS 48 + HP 48 SX : le carnet de terrain universel

Connexion avec la plupart des tachéomètres présents sur le marché :

ZEISS, NIKON, TOPCON, WILD, GEODIMETER, PENTAX, SOKKIA,...

Affichage graphique

Possibilité d'afficher à l'écran la représentation graphique de tout ou partie du chantier.



HP 48 SX : le plus puissant des calculateurs de poche

- + de 2100 fonctions
- Ecran de 8 x 22 caractères
- Interface série (PC ou Macintosh)
- Interface infrarouge
- Garantie 3 ans.

LEPONT

EQUIPEMENTS

Un nom au service de la topo

Siège social : **SEYSSUEL** - Z.I. Seyssuel - A7 - BP 66 - 38206 Vienne Cedex
Tél. 74 31 41 21 - Fax 74 85 16 73

Paris 46 24 38 64 - Grenoble 76 96 67 74 - Lyon 78 58 49 90 - Toulouse 61 80 86 81



- Compte rendu des journées nationales CNFPT-AIVF, CNFPT Lyon, Tél. 72.32.43.00.

- Actes du séminaire CNIG-AFI3G consacré aux SIG français, 1990.

DIRECTION GÉNÉRALE DES IMPÔTS : LA NUMÉRISATION DU PLAN FONCIER PEUT INTÉRESSER "LES AUTRES"

Parallèlement à la mise en place de conventions avec les collectivités territoriales, la Direction générale des impôts et son service du cadastre ont été sollicités par des concessionnaires de réseaux que la numérisation du plan foncier intéressait particulièrement.

Les discussions entre EDF-GDF, France Télécom et le ministère des Finances ont abouti, en juin 1991, à la signature d'une convention qui règle les droits de chacun.

Les entreprises concessionnaires n'ont pas l'utilité d'un plan de cadastre complet mais seulement des axes et limites de voies, des corps de bâtiments, des limites entre domaine public et domaine privé. Elles ont reçu l'autorisation de numériser ces données (appelées couche 0 +) avec les mêmes garanties techniques demandées aux villes.

Un surcoût équivalent aux frais de mise aux normes (correspondant aux données utiles pour les communes ou couche 1), ceci en vue d'une réutilisation ultérieure, leur est imposé. La revente de ces plans a fait l'objet également d'un accord basé sur le paiement de royalties à chacune des deux parties.

La DGI, souhaitant favoriser en priorité la numérisation intégrale de la couche 1, a conçu une nouvelle forme de concertation entre tous ces demandeurs. Dès qu'elle sera contactée par un concessionnaire pour la numérisation d'une partie de territoire, un délai de six mois sera ouvert pendant lequel les collectivités territoriales concernées (communes ou départements) pourront décider de collaborer ou non à cette saisie.

Si elles acceptent, tous les partenaires signeront une convention classique avec la DGI, celle-ci restant toujours responsable des mises à jour. La collectivité, devenue "membre fondateur", aura donc quelques avantages financiers sur la réalisation.

Sinon, seule la couche 0 + sera digitalisée et les communes pourront l'acheter plus tard pour constituer la couche 1 à un tarif inférieur. En tout état de cause, le produit "0 +" serait gratuit au bout de cinq ans.

L'IGN : TOUTE UNE GAMME DE PRODUITS NUMÉRIQUES

En plus des "produits à façon" (réalisés à la demande d'un client) que sont :

- TRAPU, élaboré à partir de photos aériennes spécifiques saisies photogrammétriquement, c'est-à-dire permettant une représentation cartographique du terrain et

- TOP MNT (Modèle numérique de terrain, un dérivé de TRAPU), l'IGN propose des "produits de vocation" que sont :

- la base de données topographiques : elle permet de visualiser en trois dimensions le territoire, avec une précision d'un mètre.

Elle décrit le réseau routier, le réseau ferré, l'hydrographie, la végétation, les limites (murs, haies...), le relief, le bâti et les noms de lieux correspondants à la carte papier au 1/25 000.

Elle couvrira l'ensemble du territoire français vers 2015. A ce jour, deux départements, l'Hérault et le Vaucluse, l'ont acquise.

- La base de données cartographiques : elle offre une précision de 10 mètres, en deux dimensions.

Elle contient le réseau routier, le réseau hydrographique, le réseau ferré, l'occupation du sol, les limites administratives et correspond aux cartes à 1/100 000.

Elle sera terminée dans un an. Le Var s'en est doté pour sa politique de lutte contre les incendies, la Meurthe-et-Moselle pour la gestion de son réseau routier, en particulier le ramassage scolaire. Des agences de bassins semblent également intéressées pour améliorer leur gestion du réseau hydrographique.

- La base de données altimétriques : elle définit l'ensemble du relief de la France par des mesures d'altitude tous les 100 mètres. L'aménagement agricole, les avant-projets d'urbanisme, l'implantation de réseaux aériens, l'étude des risques naturels et l'aménagement routier sont les principaux champs d'application de cette base de données.

Elle permet de connaître l'ensoleillement, ce qui est très utile notamment pour choisir la meilleure implantation possible pour un vignoble.

Cela peut également servir pour installer des remontées mécaniques dans une station de ski. Albertville est ainsi maquettée.

Enfin, elle peut connaître des applications industrielles dans le domaine des radio-communications pour étudier le réseau de propagation des ondes (TDF).

GÉOROUTE : UN SYSTEME IGN

L'IGN met au point la première base de données des voies routières sous le nom de GEOROUTE.

Avec des partenaires industriels intervenant dans les grands projets européens (CERCO, EUREKA, DRIVE), l'INSEE et le ministère des Transports, GEOROUTE couvrira d'abord l'Île-de-France (91-92), les régions de Lyon, Marseille et Lille (92) et sera entièrement achevée en 93.

Cette base de données est conçue pour répondre aux besoins des professionnels : l'aide à la circulation auto, la gestion des flottes de transport, le calcul d'itinéraire, l'information routière en temps réels.

La totalité du réseau routier sera intégrée pour les agglomérations de plus de 10.000 habitants et le réseau principal interurbain. Figureront entre autres les numéros des routes et le nom des rues, le classement des voies, les itinéraires, les parkings, les limites administratives et même les adresses postales par un récent accord signé avec La Poste.

SPOT : DÉTECTER LA CULTURE DU PAVOT DANS LE TRIANGLE D'OR.

Par un accord signé entre le ministère des Affaires Étrangères et la Thaïlande, le satellite SPOT s'engage dans cette action. La Thaïlande sera dotée d'un "multiscopie" microsystème de traitement d'images, et d'un logiciel, permettant d'afficher l'image satellite SPOT dans le thème souhaité. L'IGN et "Cap Sesa" sont chargés de cette application qui permet, dès maintenant, le contrôle de la culture du pavot sur un territoire de 30.000 km².

SPOT : POUR UN INVENTAIRE AGRICOLE EN EGYPTE

Le projet ALIS (Agricultural Land Information System) va permettre d'utiliser l'imagerie satellitaire SPOT pour un inventaire des terres agricoles en Egypte. 90 % de la population égyptienne utilise moins de 4 % du territoire, c'est dire l'importance d'une rationalisation et d'une évaluation des potentialités agricoles.

SIG MODULABLES

La société Informatique graphique propose une série de logiciels adaptés aux systèmes d'informations géographiques, appelés MGE (Modular Gis Environnement). Ils permettent,

au sein d'un environnement graphique unifié, de saisir toute information nécessaire (numérisation manuelle, semi-automatique, transfert de données de terrain). Ils effectuent de multiples analyses : données maillées, analyses d'images, mises en relation avec des bases de données relationnelles, analyses de réseaux. Ils servent également à produire tous types de documents (cartes thématiques, rapports d'intervention, schémas d'intervention, documents en couleurs pour la publication...). Ces logiciels fonctionnent sur des stations de travail Clipper d'Intergraph et sur PC pour certains modules.

Par leur modularité, ils autorisent les collectivités à s'équiper selon leurs besoins et à évoluer progressivement. MGE étant intégré aux autres logiciels Intergraph, les informations circulent en toute facilité entre les différents services pour des études d'architecture, de génie civil, de gestion du patrimoine ou des réseaux...

15EME SYMPOSIUM EUROPEEN DES SYSTEMES D'INFORMATION URBAINS

16-20 novembre 1992 à Lyon - Il s'adresse à toutes les personnes qui sont concernées par les prises de décisions en milieu urbain basées sur des systèmes d'information. Il est organisé par l'UDMS (Urban Data Management Symposium) dont le siège est aux Pays-Bas. Son but est de fournir un forum aux personnes compétentes pour discuter des nouvelles approches, évaluer les nouvelles technologies et partager les expériences dans le domaine des systèmes d'information urbains.

Organisé dans la plupart des pays européens, c'est la troisième fois que ce symposium a lieu en France (Paris en 1973, Blois en 1987).

*Renseignements à Pierre Pijourlet -
Communauté Urbaine de Lyon) -
Tél. (33) 78.63.43.90.*

UNE SOCIÉTÉ AUDOISE DISTINGUÉE AU PLAN NATIONAL

L'Institut Géographique National a organisé pour la deuxième fois un concours dénommé : Géodisc. Il s'agissait de développer des applications en utilisant les données informatiques que l'I.G.N. commercialise.

Plus d'une centaine de sociétés travaillant dans le monde de la cartographie et des Systèmes d'Informations Géographiques (S.I.G.) ont participé à ce concours. Après diverses sélections, un Jury, présidé par Monsieur Paul Quilès, Ministre de l'Équipement, du Logement,

des Transports et de l'Espace, et par Monsieur Michel Petit, Délégué Général à l'Espace, a distingué douze sociétés. Par ailleurs, trois prix "spéciaux" récompensant des applications particulièrement intéressantes ont été décernés parmi ces douze lauréats.

La remise des prix a eu lieu le 31 mars dernier à Paris par Monsieur Paul Quilès. La Sarl Infograph de Carcassonne fait partie de ces douze lauréats ; elle a par ailleurs obtenu le prix "spécial" dans sa catégorie : les développements applicatifs.

Cette application utilise le croisement de deux types de données de l'I.G.N. : la Base de Données Cartographiques, destinée à la gestion d'un département (connaissance des réseaux routiers, hydrographiques et ferrés, des zones d'occupation du sol...) et correspondant à la carte au 1:50000, et la Base de Données Altimétriques, destinée à la gestion du relief. Elle utilise également la Base de Données de l'Inventaire Forestier National, destinée à la gestion des forêts (connaissance des essences, du couvert, de la densité, de l'âge,...).

L'application est un système expert de gestion des équipements utiles à la défense des forêts contre l'incendie (D.F.C.I.) et de l'alerte en cas de feu de forêt par la mise en place des moyens de secours en fonction de l'itinéraire pour arriver au lieu du sinistre, de la nature des arbres, de l'accidentation du terrain, des points d'eau, des différents équipements...

La Sarl Infograph espère que cette distinction et son retentissement sur le plan national, confirmant ainsi son savoir-faire, lui permettra d'accroître son action de promotion des S.I.G.

(véritable clé d'efficacité de gestion) auprès de ses donneurs d'ordres locaux habituels, et aussi d'élargir son audience.

On peut contacter la société Infograph au 17, rue Mazargan, 11000 Carcassonne - Tél. 68.72.56.66.

MICHELIN : BIBENDUM N'OUBLIE PAS LES PERSONNAGES DE DISNEYLAND

Le plus grand parc de loisirs d'Europe est une réalité depuis le 12 avril. Michelin ne pouvait ignorer cet événement et publie sur le sujet un nouveau Guide Vert, le Guide Vert Euro Disney Resort (3 éditions : français, anglais, allemand, prix 50 F).

Fidèle de ses frères de collection, il présente les attractions par ordre alphabétique, des illustrations, de nombreux plans et schémas du site. Un maniement aisé, simple et pratique pour aller à l'essentiel.

Parallèlement un "Plan-guide Euro Disney Resort" est disponible en 6 langues au prix de 20 F.

IGN : 3 JOURS D'INFORMATION SUR LES SIG

Destinées aux décideurs qui entreprennent ou envisagent un projet de SIG, trois journées : 16 juin = Le concept SIG, 17 juin = Composante géographique et aspects techniques, 18 juin = Organisation et applications des SIG.

Pour information : Christian Faad - IGN - BP 68 - 2, avenue Pasteur - 94160 St Mandé - Tél. (1) 43.98.81.20.

GÉOTRONICS LANCE UN NOUVEAU SYSTEME TOPOGRAPHIQUE

Créer son propre système topographique est désormais possible avec le GEODIMETER SYSTEM 500 de la société Géotronics AB, Suède.

Il correspond à une réflexion totalement nouvelle pour la conception et la réalisation d'instruments de mesure géodésiques. Il s'agit du premier système topographique qui donne à son acquéreur la liberté de "créer" un système convenant parfaitement à ses applications. Il lui suffit de sélectionner les fonctions voulues parmi une vaste gamme d'options de matériels et de logiciels, après quoi l'instrument répond à ses spécifications.

Téléphone : (1) 60.05.13.14

Télécopie : (1) 60.17.40.56 - Télex : 693099





NIKON-FRANCE : NOUVEAU SIEGE À CHAMPIGNY-SUR-MARNE

Construit sur un terrain de 15.000 m², ce nouveau siège est le symbole de cette société qui propose des instruments de communication et d'information par l'image toujours plus sophistiqués, précis et rapides.



Thédolite NE 10 LA



Station totale D-50

TopoSat

service de positionnement par satellite

systeme (GPS)

**TRIANGULATION POLYGONATION
STEREO PREPARATION
INTERVENTIONS FRANCE ET ETRANGER**

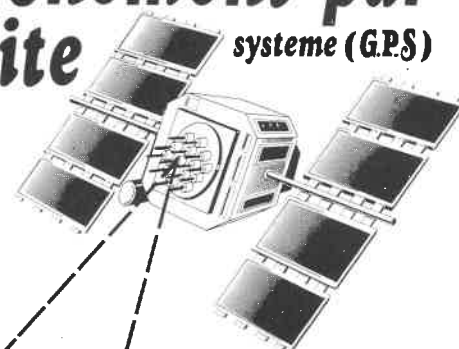
- Travaux cadastraux et remembrement
- Canevas pour levés et implantation
- Balisage de lignes (EDF...) et de pipe-line
- Micro triangulation pour ouvrages
- Points d'appui pour radio navigation
- Calage de photographies aériennes ou satellite

CALCUL EN SYSTEME LOCAL
OU GENERAL (LAMBERT, etc...)
NE NECESSITE PAS LA VISIBILITE
ENTRE POINTS
INDEPENDANT DES CONDITIONS
ATMOSPHERIQUES
PERMET L'HOMOGENEITE DE
RESEAUX ETENDUS

**PRÉCISION ACCRUE
POUR UNE MEILLEURE QUALITE DE TRAVAUX
GAIN DE TEMPS POUR UNE MEILLEURE RENTABILITE**

TopoSat

12, rue Soldat Bellon - 83400 HYERES
Téléphone : 94.65.24.78 - Fax : 94.35.37.55



DECOUVRIR 48 48 98 87

FOGALE-NANOTECH, spécialiste de la mesure sans contact, a réalisé :

- les capteurs de nivellement hydrostatique du synchrotron de Grenoble (HLS),
 - les écartomètres à fil du CERN,
 - des inclinomètres de très haute précision (10^{-7} radian).
- (cf le dernier numéro de XYZ)

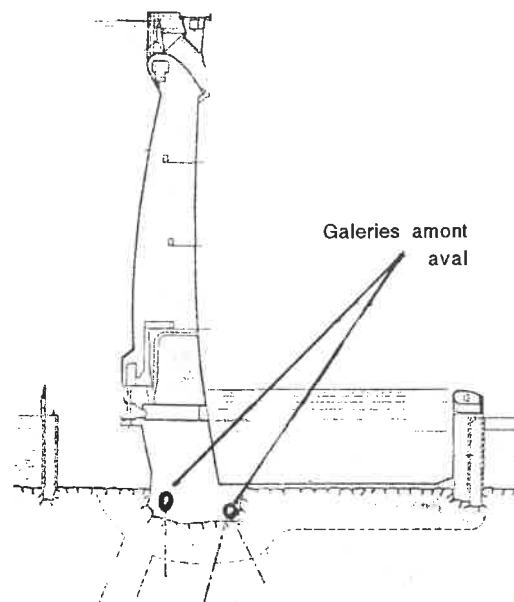
FOGALE-NANOTECH peut aussi, selon vos spécifications, réaliser :

- **Un système pour piloter le relèvement d'un pont :** les capteurs, posés à même le tablier de pont, sont capables de mesurer en continu les altitudes relatives de plusieurs points du pont et de 1 ou quelques points de référence ; on peut ainsi mesurer les positions initiales, toutes les positions intermédiaires, la position finale après relèvement, la position après mise en charge.... Il n'y a pas de limite à l'amplitude du relèvement qui peut aussi bien être quelques décimètres ou plusieurs mètres - la précision de mesure est meilleure que 0,1 mm pour une amplitude de 50 cm.

- **Des capteurs pour mesurer l'écartement de fissures dans une paroi,** soit en continu, soit à intervalles réguliers - et enregistrer les valeurs sur supports informatiques.

EXEMPLE illustrant l'extrême précision des mesures effectuées par les capteurs de FOGALE-NANOTECH : 5 Capteurs HLS placés dans le pied du barrage (2 dans la galerie amont, 2 dans la galerie aval, 1 dans la roche d'ancrage) surveillent en permanence le barrage voûte de VOUGLANS. L'amplitude totale du basculement est faible mais parfaitement mesurée à mieux que 1 % près.

Installation de HLS dans une galerie du barrage ; l'humidité (100 %) ne perturbe pas les mesures.



Coupe transversale du barrage



FOGALE-NANOTECH

190, Rue Georges Besse
30000 NIMES

Tél : 66 38 14 85

Fax : 66 38 14 59

LE PRIX HENRI COURBOT 1993

Le prix 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 du Bâtiment, des Travaux Publics ou 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 (C.E.I.F.I.C.), 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 (C.C.I.P.), dont Henri Courbot fût également Président, s'est associée au C.E.I.F.I.C. pour accentuer ses efforts et augmenter encore la notoriété du Prix, désormais placé sous ce double patronage.

Le Prix Henri-Courbot 1993 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 C.C.I.P., et Jean Dezellus, Président du C.E.I.F.I.C.

Le règlement du concours est disponible au secrétariat commun, assuré par le C.E.I.F.I.C.

41 rue de Passy, 75016 Paris -

- Téléphone (1) 40.50.15.36

- Télécopie (1) 40.50.06.69

**Les candidatures devront y être déposées
avant le 9 novembre 1992 et les prix
seront attribués
au cours du 2ème trimestre 1993.**

INFORMATIONS AFT

Journées sur les mesures tridimensionnelles par procédés optiques

A Cherbourg-La-Hague - 2-3 juin 1992 - Deux journées conférences et discussions sur les techniques, les perspectives, les applications particulières, la validation et la certification des systèmes, réunissant des universitaires, des constructeurs de matériel, des utilisateurs.

Pour le programme consulter :

Nathalie Simard, 5 esplanade Charles de Gaulle, 92733 Nanterre Cedex.

Tél. (1) 47.25.31.21. Fax (1) 47.25.32.21.

Précis de Bâtiment, conception, mise en oeuvre, normalisation

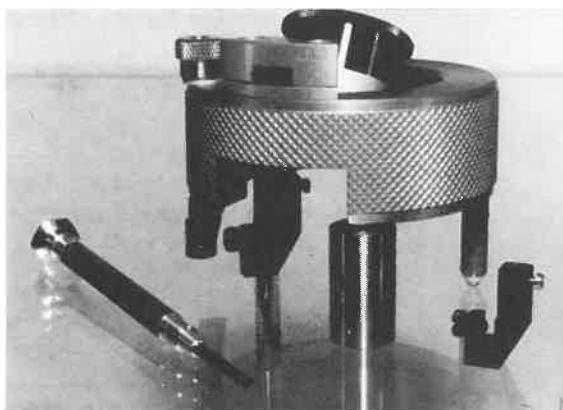
Edité par Nathan pour l'AFNOR, un ouvrage de quatre professeurs agrégés de génie civil. (MM. Didier, Le Brazidec, Nataf et Thiesset). Ce précis rassemble l'essentiel des normes, règles de calcul et règles de l'art les plus récentes. Cet ouvrage, destiné à être souvent consulté pour des problèmes particuliers, permet un repérage, une recherche d'information et une lecture de maniement facile et astucieux.

(En librairie ou à l'AFNOR, Tour Europe Cedex 7 Paris La Défense 92080 - Prix : 225 F.)

CE QUE D'AUTRES ESSAIENT DE FAIRE... ...NOUS LE FAISONS

Service 72 h pour couteaux de précisions

GRATUIT : 1 couteau à graver pour tout nouveau client



Anneau 2 pieds **HECHT** avec loupe et 2 excentriques, dont l'un permet un dessin plus rapide pour les petites courbes.



Outils de gravure pour la cartographie

HECHT

Distribution :
REPRO-CONCEPT

6, rue du Gal Rapp
67000 Strasbourg

Tél. 88 25 14 41 - Fax 88 36 30 01

Demandez notre catalogue

irremplaçable !

REPRODUCTION PHOTOGRAPHIQUE

votre seul partenaire de précision et de qualité.

TOPOGRAPHIE

CARTOGRAPHIE

INDUSTRIE &
BUREAU D'ETUDES

ARTS GRAPHIQUES
&
DOCUMENTATION

ARCHITECTURE &
URBANISME

Consultez-nous
sur
Minitel



votre spécialiste :

LART

PHOTO-REPROGRAPHIE PHOTO-CARTOGRAPHIE

5, RUE DE LA VEGA 75012 PARIS

(1) **43.47.15.92**

Revue des SIG et de l'analyse spatiale

Cette revue paraît deux fois par an sous la direction de Jean-Paul Cheylan du GIP Reclus de Montpellier, qui présidait une séance de notre journée AFT de Cachan. Elle fournit aux chercheurs, techniciens et ingénieurs les informations scientifiques et techniques indispensables à un suivi permanent des connaissances dans ce domaine où des secteurs d'application sont bien souvent encore en friche. (Aux éditions Hermès - tél : 43.80.95.71)

La norme EDIGEO

Signalons également le "service formation" de ces mêmes éditions Hermès - les prochains séminaires auront lieu du 16 juin au 18 juin, sujet : mise en oeuvre des échanges de données géographiques, la norme EDIGEO.

Séminaire 1

Mise en oeuvre d'un SIG, aspects stratégiques
Mardi 16 juin 1992
Animateur : Henri Pornon, IETI

Séminaire 3

Les concepts et les offres logicielles
Jeudi 18 juin 1992
Animateur : Henri Pornon, IETI

Séminaire 2

Mise en oeuvre d'un SIG, les données 1
Mercredi 17 juin 1992
Animateur : Paul Rouet, SIP

Séminaire 4

Mise en oeuvre d'un SIG, les données 2
Jeudi 18 juin 1992
Animateur : Paul rouet, SIP

ÉDITIONS HERMÈS

Service formation - 5ème convention SIG
34, rue Eugène Flachat - 75017 Paris
Téléphone : 43.80.95.71 - Télécopie : 42.67.93.17

ANNONCES

Technicien Topographe T1, ayant exercé à Madagascar puis dans diverses missions à l'étranger en tant que responsable. Cherche emploi dans la région parisienne. *Ecrire à l'AFT qui transmettra.*

Technicien Géomètre-Topographe 1er échelon, cherche emploi région parisienne pour travaux locaux. Période d'adaptation spécialisée, prise en charge par ANPE si nécessaire. *S'adresser au Journal*

Sté vend restitueur Wild A8 AVIOTAB + PRI équipé restitution numérique, CAMERA WILD RC et ZEISS RMB F = 152 mm. *Ecrire à la revue qui transmettra*

TOPO CENTER : LES NOUVELLES ADRESSES

Topo Center Bordeaux

3, quai des Chartrons, 33000 Bordeaux
Tél. : 56.52.56.15 - Fax : 56.81.18.73

Topo Center Lyon

Atrium C, 4, rue du Colonel-Chambonnet, 69500 Bron
Tél. : 78.26.09.50 - Fax : 72.37.88.74

Topo Center Marseille

Parc Club du Golf, Zac de Pichaury,
13856 Aix-en-Provence Cedex 3
Tél. : 42.24.24.59 - Fax : 42.39.87.37

Topo Center Nantes

Ets Collinet, Parc de Haute Technologie,
224, avenue du Saint-Laurent, Atlantis,
44811 Saint-Herblain - Tél. : 40.92.04.51 - Fax : 40.92.05.38

Topo Center Rouen

2 Cap Darnetal, 11, rue aux Juifs, 76160 Darnetal
Tél. : 35.08.55.75 - Fax : 35.08.40.09

Topo Center Toulouse

Topo Bail Occitane, 24, rue Jean-Chaptal, 31400 Toulouse
Tél. : 61.54.60.50 - Fax : 61.54.44.31

Topo Center Clermont

4, rue de la Malodière, quartier Beaulieu, 63400 Chamalières
Tél. : 73.36.53.37 - Fax : 73.37.76.01

Topo Center Marne-la-Vallée

6, Allée Lorentz, Cité Descartes, 77436 Marne-la-Vallée Cedex 2,
Champs-sur-Marne - Tél. : (1) 64.68.02.56 - Fax : (1) 64.68.02.57

Topo Center Nancy

Parc d'activités de Brabois, Rue du Bois-de-la-Champelle,
54500 Vandoeuvre - Tél. : 83.44.16.00 - Fax : 83.44.21.69

Topo Center Nice

Immeuble Amy, CD 35, Tournamy, 06250 Mougins
Tél. : 92.92.00.26 - Fax : 92.92.00.51

Topo Center Paris

25, boulevard Richard-Lenoir, 75011 Paris
Tél. : (1) 43.38.31.75 - Fax : (1) 43.55.37.48

Topo Center Strasbourg

2, rue Poincaré, 67800 Bischheim
Tél. : 88.62.24.25 - Fax : 88.33.46.27

SCIENCES GÉOGRAPHIQUES, CONNAISSANCE DU MONDE ET CONCEPTION DE L'UNIVERS DANS L'ANTIQUITÉ

Par Raymond d'Hollander, ingénieur général géographe

CHAPITRE 6. PYTHÉAS ET L'EXTENSION DE L'ŒCUMÈNE (SUITE)

Né à Massalia (Marseille) **Pythéas** (fl 320-300 ou 380-360 avant J.C.) a peut être été l'élève d'**Eudoxe**. Il est présenté par la plupart des auteurs anciens comme un homme pauvre, grand explorateur et bon astronome. Si **Alexandre le Grand** avait étendu l'œcumène en longitude, il revient à Pythéas de l'avoir étendu en latitude.

Malheureusement son œuvre a été perdue et beaucoup de problèmes se posent à son sujet.

6.1 La détermination de la latitude de Massalia par Pythéas

On doit d'abord à Pythéas une détermination de la latitude de Massalia, effectuée lors de la culmination du Soleil au solstice d'été en utilisant le gnomon. D'après **Strabon**, qui rapporte **Hipparque**, Pythéas aurait obtenu entre les longueurs de l'ombre (retrait r) et du style g du gnomon le rapport (fig. 6.1) :

$$\tan z_s = \frac{r}{g} = \frac{42 - 1/5}{120} = \frac{41,8}{120}$$

$$z_s = 19^\circ 12' 18''$$

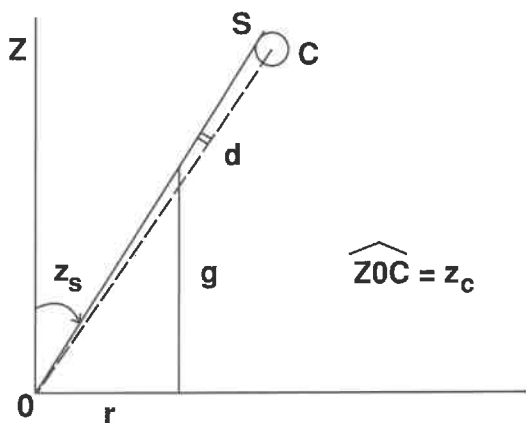


Fig. 6.1

Cette distance zénithale correspond au bord supérieur du Soleil. Si on corrige de la réfraction on obtient : $z'_s = 19^\circ 12' 40''$.

La distance zénithale correspondant au centre du Soleil est (fig. 6.1) :

$$z_c = z_s + d$$

où d est le demi-diamètre apparent du Soleil égal à 16' environ, d'où $z_c = 19^\circ 28' 40''$ et en corrigeant de la parallaxe du Soleil, qui n'est que de 3", on obtient :

$$z'_c = 19^\circ 28' 37''$$

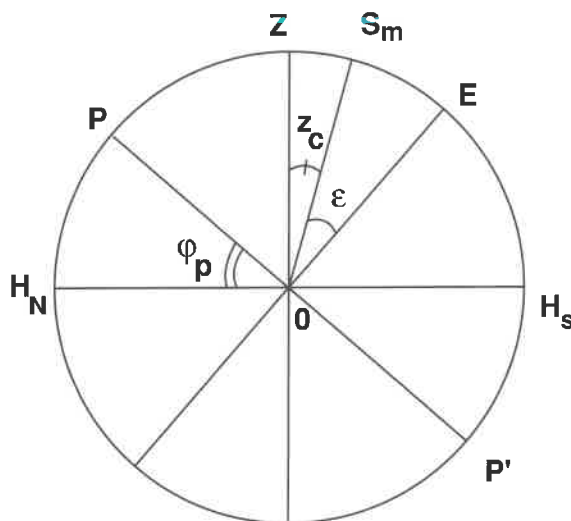


Fig. 6.2

Si on appelle ϵ l'obliquité de l'écliptique, le centre du Soleil atteint au solstice d'été sa déclinaison maximale : $\delta_m = \epsilon$; au temps de Pythéas ϵ valait : $\epsilon = 23^\circ 44' 7''$.

Comme la latitude d'un lieu est l'angle qui fait la verticale du lieu OZ avec la direction de l'équateur OE, on a pour la culmination S_m du Soleil au solstice d'été à Marseille :

$$EOZ = \phi_p = \epsilon + z_c = 23^\circ 44' 7'' + 19^\circ 28' 37''$$

$$\phi_p = 43^\circ 12' 44'' \approx 43^\circ 13'$$

La valeur de la latitude du vieux port de Marseille, donnée par la cartographie IGN, est :

$$\phi_M = 43^\circ 17' 44'' \approx 43^\circ 18'$$

Il est vraisemblable en effet que Pythéas a déterminé la latitude du port de sa ville natale, qui correspond au vieux port actuel.

L'écart entre la latitude φ_p déterminée par Pythéas et la latitude moderne est donc d'environ 5'.

Hipparque, qui rapporte Pythéas, a donné pour la latitude de Marseille 30 300 stades. La division de la circonférence terrestre en degrés n'était pas encore en usage au temps de Pythéas et Hipparque lui-même, qui introduisit l'usage des degrés en astronomie, continuait à évaluer les latitudes en stades (700 stades au degré).

Or c'est cette valeur de 30 300 stades convertie en degrés :

$$\varphi'_p = \frac{30\,300}{700} = 43^\circ,2857 = 43^\circ 17' 9''$$

que l'on a comparée à celle de la mesure effective en 1636 par Gassendi, soit $43^\circ 17' 50''$ et voici ce qu'écrit **Vivien de St Martin** (Bibl 2) à propos de la détermination de Pythéas : «une pareille précision est unique dans les fastes de l'ancienne géographie astronomique, elle ne fait pas un médiocre honneur à l'observateur massilien».

C'est par une heureuse compensation d'erreurs concernant : la non prise en compte du demi-diamètre apparent du Soleil, la valeur de l'obliquité de l'écliptique, l'arrondissement à un nombre rond de centaines de stades, que la latitude ainsi obtenue ne diffère de celle de Gassendi que de 41".

En réalité l'observation au gnomon de Pythéas donne -toutes corrections faites- une latitude pour Marseille qui présente un écart de 5' avec la latitude moderne, ce qui est un résultat fort honorable, compte tenu de la méthode utilisée.

6.2 Détermination du pôle céleste par Pythéas

Pythéas a su déterminer la position du pôle céleste boréal, à partir des étoiles, qui à son époque en étaient les plus proches. Nous avons déjà vu en 2.1, à propos de Thalès, que par suite de la précession des équinoxes le pôle céleste se déplace parmi les constellations et qu'au cours des temps l'étoile α de la Petite Ourse n'a pas été comme actuellement «l'étoile polaire», c'est-à-dire la plus proche du pôle.

D'après Strabon la détermination du pôle faite par Pythéas était plus précise que celle de son prédécesseur Eudoxe de Cnide.

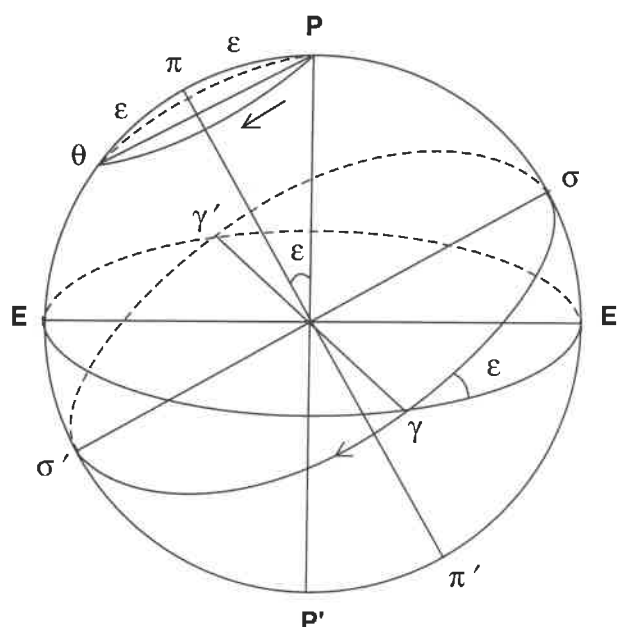


Fig. 6.3

Le mouvement de précession des équinoxes consiste en une rotation de l'axe des pôles terrestres PP' autour de l'axe des pôles de l'écliptique $\pi\pi'$ en 26 000 ans environ ; elle s'effectue dans le sens de la flèche de la fig. 6.3, elle entraîne la rotation de l'équateur céleste E'E et par conséquent celle du point γ qui rétrograde chaque année de $50'',2$.

Dans ces conditions le pôle céleste P décrit sur la sphère céleste un cercle de latitude écliptique : $\beta = 90^\circ - \varepsilon$, dont la valeur actuelle est $\beta = 90^\circ - 23^\circ 26' = 66^\circ 34'$, cercle que nous avons représenté partiellement sur la fig. 6.4 et où nous avons marqué la position du pôle céleste

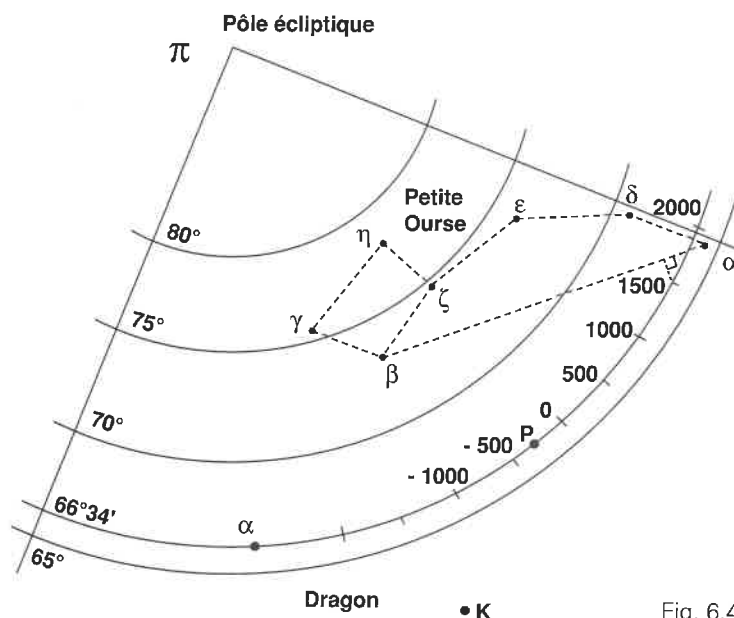


Fig. 6.4

SLOM-ESSILOR, la mesure s'impose.

Les satellites au service des topographes.

GPS : le système de positionnement universel le plus performant du marché.



Le GPS ASHTECH est précis au millimètre près, rapide en observation (quelques minutes), même sur plusieurs kilomètres. Il permet de nombreuses applications : topographie, cartographie, géodésie, cadastre, contrôle d'ouvrages d'art, etc...

D'un poids total de 3,8 kg, il possède 12 "super canaux" parallèles, sur fréquence 1.1. Sa capacité de stockage est de 1 Mo, dans une RAM interne.

Formation, assistance, mise à jour des logiciels d'accompagnement, avec le GPS, tous les services SLOM vous sont proposés.

SLOM, c'est la garantie d'une expérience de plus d'un siècle en matériel de topographie et géodésie.

Département topographie d'ESSILOR, un des grands noms de l'optique, SLOM est votre partenaire privilégié.

Niveaux, théodolites, tachéomètres, lasers, systèmes de positionnement G.P.S., accessoires, notre gamme est à la pointe de l'innovation. Service après-vente, réparation, location, location-assistance, vous trouvez écoute et conseil dans chacune de nos dix antennes régionales.



Station totale électronique
CTS-1



Théodolite de précision
ETL-1



Niveau électronique
SNELB



Laser rotatif
O50 H



Système de positionnement
GPS



Niveau d'ingénieur
SNA 24

Instruments de topographie et géodésie SLOM
1, rue Thomas Edison - 94028 Créteil Cedex.



Téléphone : (1) 48 98 70 10
Télécopie : (1) 48 98 70 13



boréal tous les 500 ans à partir de -1000 (1000 ans avant J.C.). Vers 350 avant J.C., à l'époque de Pythéas, le pôle était au point P et les étoiles les plus proches du pôle étaient α et β du Dragon et β de la Petite Ourse. Ces trois étoiles formaient avec le pôle un quadrilatère dont la diagonale : pôle, étoile α du Dragon constituait un axe de symétrie. Cette configuration (fig. 6.5) est confirmée par Hipparque, qui indique que dans la région polaire de la sphère céleste il y avait une zone vide d'étoiles.

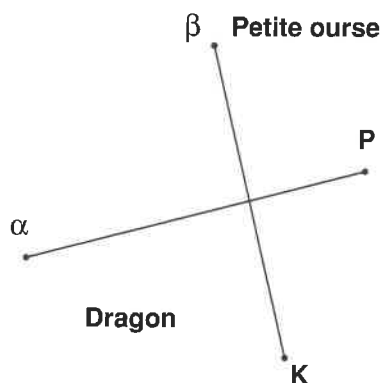


Fig. 6.5

Vers 1500, à l'époque des grandes découvertes, les étoiles α et β de la Petite Ourse formaient dans le ciel une ligne invisible qui durant la nuit jouait le rôle d'une horloge nocturne, la rotation complète de $\alpha\beta$ autour du pôle s'effectuant en 24 heures de temps sidéral, soit 23 h 56 mn de temps solaire : l'étoile α , à $3^{\circ},5$ du pôle, décrivait le «cercle de la polaire» de la figure 6.6.

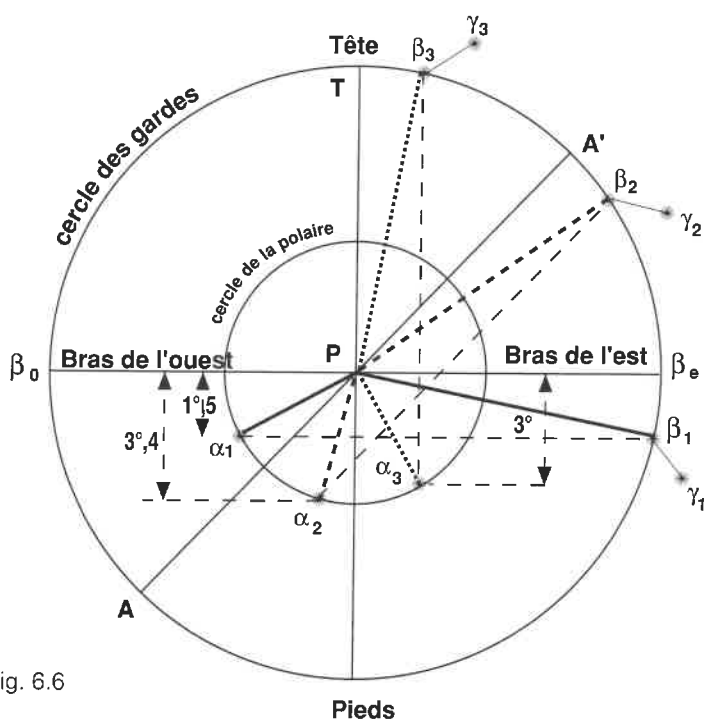


Fig. 6.6

Quant à l'étoile β que l'on associait à l'étoile γ de la Petite Ourse, elle décrivait «le cercle des gardes», car on désignait les étoiles β et γ par les gardes.

D'après la direction de $\alpha\beta$ dans le ciel on pouvait connaître la correction au $1/2^{\circ}$ près qu'il fallait apporter à la hauteur de la polaire α pour obtenir la hauteur du pôle, c'est-à-dire la latitude.

Les marins portugais utilisaient des règles empiriques faisant intervenir un homme imaginaire ayant sa tête en T, ses pieds au point diamétralement opposé par rapport au pôle et étendant ses bras horizontalement : le bras droit selon $P\beta_O$: bras de l'ouest, le bras gauche selon $P\beta_E$: bras de l'est.

Dans la position $\alpha_1\beta_1$ où la direction $\alpha\beta$ était parallèle au bras de l'Est la correction à apporter à la hauteur de l'étoile polaire pour avoir la hauteur du pôle était de $+1^{\circ},5$; dans la position $\alpha_2\beta_2$ où la direction $\alpha\beta$ était parallèle à AA', direction à 45° , dite «ligne du bras de l'Est» la polaire se trouvait un peu avant son passage inférieur et la correction était exactement de $+3^{\circ},4$, assimilé à $3^{\circ},5$; dans la position $\alpha_3\beta_3$, où $\alpha\beta$ a la direction de la Tête, la correction était de $+3^{\circ}$, etc... La différence d'ascension droite entre les étoiles α et β était de 140° .

On peut penser que Pythéas avait mis en évidence une règle analogue ; en observant la direction β Petite Ourse - β du Dragon, il devait connaître la correction qu'il fallait apporter à la hauteur d'une de ces étoiles pour obtenir la hauteur du pôle, donc la latitude.

Il avait pu de cette manière déterminer la latitude ϕ de Marseille, sans se servir du Soleil, méthode où il faut connaître l'obliquité de l'écliptique.

Revenons à la relation : $\phi = \varepsilon + z$, où z est la distance zénithale méridienne du Soleil mesurée au solstice d'été. Nous en déduisons :

$$\varepsilon = \phi - z$$

Pythéas avait ainsi déterminé l'obliquité de l'écliptique, dont il avait besoin pour les déterminations des latitudes dans son voyage en mer du Nord et en mer Baltique ; cette détermination devait être plus précise que celle d'Eudoxe, qui avait admis $\varepsilon = 24^{\circ}$.

6.3 Le voyage d'exploration de Pythéas

Pythéas, nous l'avons vu, avait peut être suivi l'enseignement d'Eudoxe de Cnide. Il avait une réputation bien assise de bon astronome, de sorte que ses compatriotes le choisirent pour un voyage d'exploration dans

les mers du nord, destiné à reconnaître les régions où l'on exploitait l'ambre et l'étain, ce métal étant particulièrement important puisqu'il intervenait dans la fabrication du bronze. Or le commerce de l'étain et de l'ambre était le monopole des Carthaginois. Ceux-ci verrouillaient les Colonnes d'Hercule (détroit de Gibraltar), sauf au moment où ils avaient eu à se défendre contre les Syracusains, qui avaient déjà débarqué sur leur sol. Ceci se passait entre 310 et 306 avant Jésus-Christ et ce serait dans cette période que, selon certains auteurs, Pythéas aurait effectué son voyage par mer franchissant les Colonnes d'Hercule à l'aller et au retour. Pour d'autres historiens l'activité de Pythéas se situerait bien plus tôt, entre 380 et 360 avant Jésus-Christ.

On admet généralement que Pythéas a fait tout son itinéraire sur un navire marseillais, mais certains historiens prenant en considération le verrouillage des Colonnes d'Hercule par les Carthaginois, ont émis l'hypothèse que Pythéas aurait traversé la Celtique (la Gaule) par terre ferme, soit à l'aller et au retour, soit au retour seulement, le reste du trajet maritime aurait été effectué avec un vaisseau d'emprunt.

Faute de sources sûres, les historiens s'en sont donnés à cœur joie d'émettre les hypothèses les plus diverses, concernant le trajet suivi par Pythéas et la durée de celui-ci, qui varie, selon les uns et les autres, de 4 mois à 6 ans !

En effet les deux ouvrages : «Sur l'Océan» et la «Description de la Terre», écrits par Pythéas ont malheureusement été perdus ; certains auteurs pensent que ces deux ouvrages n'en faisaient qu'un, auquel on aurait donné des titres différents. Nous ne connaissons donc l'expédition de Pythéas que par ses commentateurs, dont les uns sont admiratifs : Dicéarque, Timée de Tauroménium (Sicile), Erastosthène, Hipparque ; mais Pythéas eut aussi ses détracteurs, tels Polybe et Strabon, qui mirent en doute certaines parties de son voyage et le traitèrent de menteur.

6.3.1 Le trajet de Pythéas de Marseille à Thulé

Latitude de Thulé (carte n° 6.7)

Nous conserverons l'hypothèse la plus commune, celle d'un trajet entièrement maritime.

Pythéas quitte Marseille, longe le littoral méditerranéen de Celtique et d'Ibérie, franchit le détroit des Colonnes d'Hercule, passe devant Gadès (Cadix) où il repère l'étoile Canope culminant à peine au dessus de l'horizon, comme à Cnide ; il en déduit que Gadès et Cnide ont à peu près la même latitude. Il observe aussi

l'ampleur des marées dans le détroit de Gibraltar et selon Plutarque le fait que les marées de vive eau correspondent à la nouvelle lune, celles de morte-eau à la pleine Lune, ce qui est inexact. Aussi beaucoup d'historiens sont-ils admiratifs devant le génie de Pythéas, qui deux mille ans environ avant Newton constate le lien entre les marées et les phases de la Lune. Pour d'autres auteurs la phrase de Plutarque constitue plutôt une charge contre Pythéas, puisque les marées de morte-eau se produisent lorsque le Soleil et la Lune sont en quadrature et non à la pleine Lune. Enfin d'autres historiens encore admettent que Plutarque aurait mal rapporté les observations de Pythéas.

Celui-ci, après Gadès, franchit le cap sacré, remonte le long du littoral ibérique jusqu'au cap Ortégal (N.E. de la Corogne). A partir de là les historiens ont reconstitué deux trajets notablement différents.

Première version

D'après **G.E. Broche** (Bibl 4) Pythéas navigue en ligne droite du cap Ortégal vers le cap Kalbion, qui est vraisemblablement le cap Gabaïon de Ptolémée (cap St Mathieu ou Pointe du Raz) ; il note le caractère de puissante avancée de la Celtique vers l'ouest, mais il exagère la poussée de l'Armorique. Selon G.E. Broche, poussé par de forts vents d'ouest, il n'a pas su estimer sa lente dérivation vers l'Est, puisqu'il place le cap Kalbion à peu près sur le méridien du cap Sacré, alors qu'il est en retrait par rapport à celui-ci de plus de 4° vers l'Est.

Après trois jours de navigation, sans que Strabon précise à partir d'où, Pythéas atteint l'île d'Uxisama que l'on a de bonnes raisons d'identifier avec Ouessant. Broche admet que les trois jours de navigations ont été effectués à partir du cap Ortégal.

Deuxième version

On reproche à la version précédente le fait qu'il était pratiquement impossible de faire le trajet Cap Ortégal-Ouessant en trois jours. Aussi certains historiens, dont **Paul Fabre**, (bibl 8) considèrent que Pythéas a rejoint Ouessant après trois jours de navigation à partir de Corbilo, port de la Basse-Loire, où Strabon indique que Pythéas s'est arrêté, mais sans préciser si c'est à l'aller ou au retour de son voyage ; dans cette version on suppose que Pythéas a longé les côtes du golfe de Gascogne et de la Celtique. Les deux versions de l'itinéraire sont matérialisées sur la carte n° 6.7 ci-après.

Tout le monde est d'accord pour indiquer que Pythéas appelle Ostimiens ou Ostimniens les habitants de l'Armorique et qu'après

Uxisama il navigue vers la (Grande) Bretagne*.

Pythéas reconnaît les Iles Cassitérides, îles à étain, actuellement Iles Sorlingue et il atteint au bout d'un jour de navigation le cap Béleiron, le Lands-End britannique, région des fameuses mines d'étain. On a un résumé des observations de Pythéas sur le travail d'extraction du métal, de son lavage et de sa purification. Il décrit aussi les opérations commerciales ; l'étain fondu en forme d'osselets ou de dés est transporté dans une île britannique : Ictis ou Vectis, que l'on assimile, soit à l'île de Wight, soit à l'île de Thanet. Des marchands viennent en prendre livraison et transportent les ballots d'étain sur la côte de la Celtique, d'où en trente jours, à dos de cheval, ils parviennent à Marseille.

Ensuite Pythéas se dirige vers le cap Kantion (cap Dungeness), proche de la côte celtique ; il estime le détroit à 100 stades de large, soit à 16 km environ, alors qu'il en a le double. Le cap Kantion doublé, Pythéas se dirige vers le Nord-Est, puis vers le Nord en longeant le littoral oriental de la (Grande) Bretagne. Il atteint le cap Orcas, dans les parages duquel Pline assure que Pythéas a vu des vagues de 80 coudees de haut (35 m environ). On a interprété cette remarque comme s'appliquant aux marées, qui à cet endroit n'ont pas d'ampleur extraordinaire. Pythéas aurait plutôt assisté à une violente tempête.

A partir du Nord de la (Grande) Bretagne le trajet suivi par Pythéas demeure mystérieux. Tout ce qu'on sait c'est qu'il a atteint **Thulé** et voici les principales sources de renseignements à ce sujet.

- D'après **Strabon** Thulé est au Nord de la (Grande) Bretagne, à six jours de route de celle-ci, à proximité de la mer cronienne (mer gelée) ; Pline confirme le même éloignement.

- **Solin** qui semblait disposer de la relation de **Timée**, indique que Thulé est à sept jours de route du nord de la (Grande) Bretagne et à 5 jours et 5 nuits de route de Nérigos ou (Nérigon) que l'on a identifié soit avec l'île de Mainland dans les Shetlands actuels, soit avec un point de la côte norvégienne.

- D'après Strabon toujours, la dernière contrée au Nord de la Bretagne était Thulé et pour ce pays le tropique d'été se confondait avec le cercle polaire, ce qui est confirmé par Cléomède, l'appellation cercle polaire doit être prise dans son sens moderne, car Strabon est postérieur à **Posidonius**, qui a limité les zones

terrestres selon des critères purement astronomiques.

- D'après Solin encore « *Thulé est la plus reculée et où au solstice d'été le Soleil traversant le signe du Cancer, il n'y a plus de nuit, de même au solstice d'hiver pas de jour* ». Ainsi donc Pythéas qui connaissait la valeur de l'obliquité de l'écliptique : $\varepsilon \approx 24^\circ$, pouvait en déduire la déclinaison du Soleil au solstice d'été : $\delta_m = \varepsilon \approx 24^\circ$ et la latitude de Thulé située sur le cercle boréal arctique à $90^\circ - 24^\circ = 66^\circ$.

- **Geminus**, auteur du premier siècle avant notre ère, rapporte d'après Pythéas : « *les Barbares nous montraient les points où le Soleil se couchait, car dans ces lieux il se trouvait que les nuits étaient très courtes, pour les uns de deux heures, pour les autres de trois heures, de telle sorte que le Soleil à peine couché reparaissait presque aussitôt* ». Il s'agit évidemment des durées de la nuit aux environs du solstice d'été ; or une durée de nuit de 2 heures correspond à une durée de jour solsticial de $M = 22$ h, soit $H = 11h = 11 \times 15 = 165^\circ$. Considérons la relation :

$$\cos H = -\tan \delta_m \cdot \tan \varphi$$

Faisons γ $H = 165^\circ$ et $\delta_m = \varepsilon = 23^\circ,75$, valeur à l'époque de Pythéas. On trouve :

$$\tan \varphi_1 = -\frac{\cos H}{\tan \varepsilon} = 2,1952, \text{ d'où } \varphi_1 = 65^\circ,509$$

Une durée de nuit de 3 heures correspond à une durée de jour solsticial $M = 21$ h, soit $H = 10$ h,5 = $10,5 \times 11 = 157^\circ,5$, qui donne de la même manière :

$$\varphi_2 = 64^\circ,533$$

En prenant la moyenne de φ_1 et de φ_2 on trouve une latitude d'environ 65° .

- **Eratosthène**, d'après Strabon a tracé par Thulé un parallèle qu'il situe à 11 500 stades (chiffre contesté par Strabon) de l'embouchure du Borysthène, lui-même situé à 3 700 stades au nord de Marseille, dont nous prendrons la latitude égale à $43^\circ 18'$ (voir n° 6.1), de sorte qu'en admettant toujours 700 stades au degré, la latitude de Thulé est :

$$\varphi_T = 43^\circ 18' + \frac{11\,500 + 3\,700}{700} = 43^\circ 18' + 21^\circ 43' = 65^\circ 01'$$

- Pline, d'après **Isidore de Charax**, indique que la « distance » de Thulé aux bouches de Tanaïs (Don) est égale à l'équivalent de 10 000 stades et que les bouches de Tanaïs sont à l'équivalent de 2 000 stades de l'embouchure du Palus Météotide (Mer d'Azov), dans le Pont Euxin (Mer Noire), ce qui correspond au Panticapaeum de Ptolémée, que celui-ci situe à

* Dans l'Antiquité « Bretagne » désigne la Grande Bretagne actuelle.

DU NOUVEAU CHEZ GEOTRONICS

Geotronics devient
distributeur exclusif
pour la France
des récepteurs
GPS TRIMBLE
pour la topographie.

Nouvelle génération
de récepteurs GPS miniaturisés
4000 SE TRIMBLE



et toujours une gamme complète de stations totales pour la topographie



NUMÉRIQUE

ALPHANUMÉRIQUE

MOTORISÉ



ONE MAN SYSTEM



Si vous désirez des renseignements, téléphonez ou retournez-nous
ce coupon.

Nom _____

Société _____

Adresse _____

Tél. _____

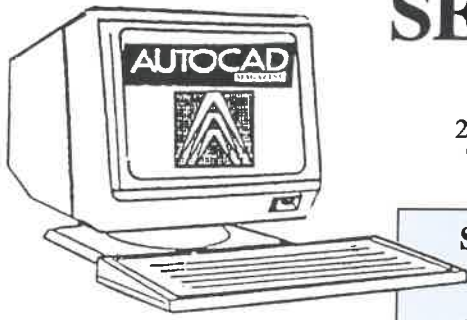
souhaite une documentation sur :

- ☐ GPS
☐ Station totale
☐ Station motorisée
☐ Une démonstration



Parc d'activité Les portes de la forêt
Allée du Clos des Charmes
77090 COLLÉGIEN

Téléphone : (1) 60.05.13.14
Télex : 693 099 Géodata
Télécopie : (1) 60.17.40.56



SETAM Informatique

Systèmes clés en main sur P.C. et réseau NOVELL
Au service du géomètre depuis 1973
 2, rue du Square Jean.Gibert - 78114 Magny-les-Hameaux
 Tél : 16 (1) 30 52 40 49 - Fax : 16 (1) 30 52 11 25

SPECIALISTE AUTOCAD Autocad Authorized Dealers

Conseils - Formation - Assistance
 * **101 Références. Géomètres dans toute la FRANCE**

TOPOLISP^r

Un des plus efficaces logiciels développé par SETAM sous AUTOCAD et appliqué à la profession du géomètre.

Puissantes commandes de constructions géométriques, faciles à utiliser et permettant d'effectuer tout type de plans : plan d'intérieur, plan topographique, plan de division, profils en long et en travers T.N., lotissements, implantations, courbes de niveau, etc...

Développement spécifique en AUTOLISP : Héberges ; Gaz de France ; S.N.C.F.

Interfacé avec la plupart des logiciels topo. (Fichiers points-code) **Interface MOSS.**

POLYACAD

Génération de 60% à 80% d'un plan sur un poste secondaire pour AUTOCAD.

GEOSET

* Transfert de carnets électroniques - * Calculs topo - * Report imprimantes - tables traçantes - * Digitalisation - * Interpolation et Dessin des courbes de niveau - * M.T.N.(DXF pour Autocad) - * Cubatures - * Ouvrages - * Profils.

31EME CONGRES NATIONAL DE L'ORDRE DES GEOMETRES EXPERTS

STRASBOURG 25 ET 27 MAI 1992



"TIMS R11" (Total Information Management Systems)

GESTION TOTALE DES BASES DE DONNEES GRAPHIQUES ET ALPHANUMERIQUES

UNE PERCEE REALISTE ET ECONOMIQUE - APPRENTISSAGE ET UTILISATION FACILE

TOTALEMENT INTEGRE A LA VERSION 11 D'AUTOCAD

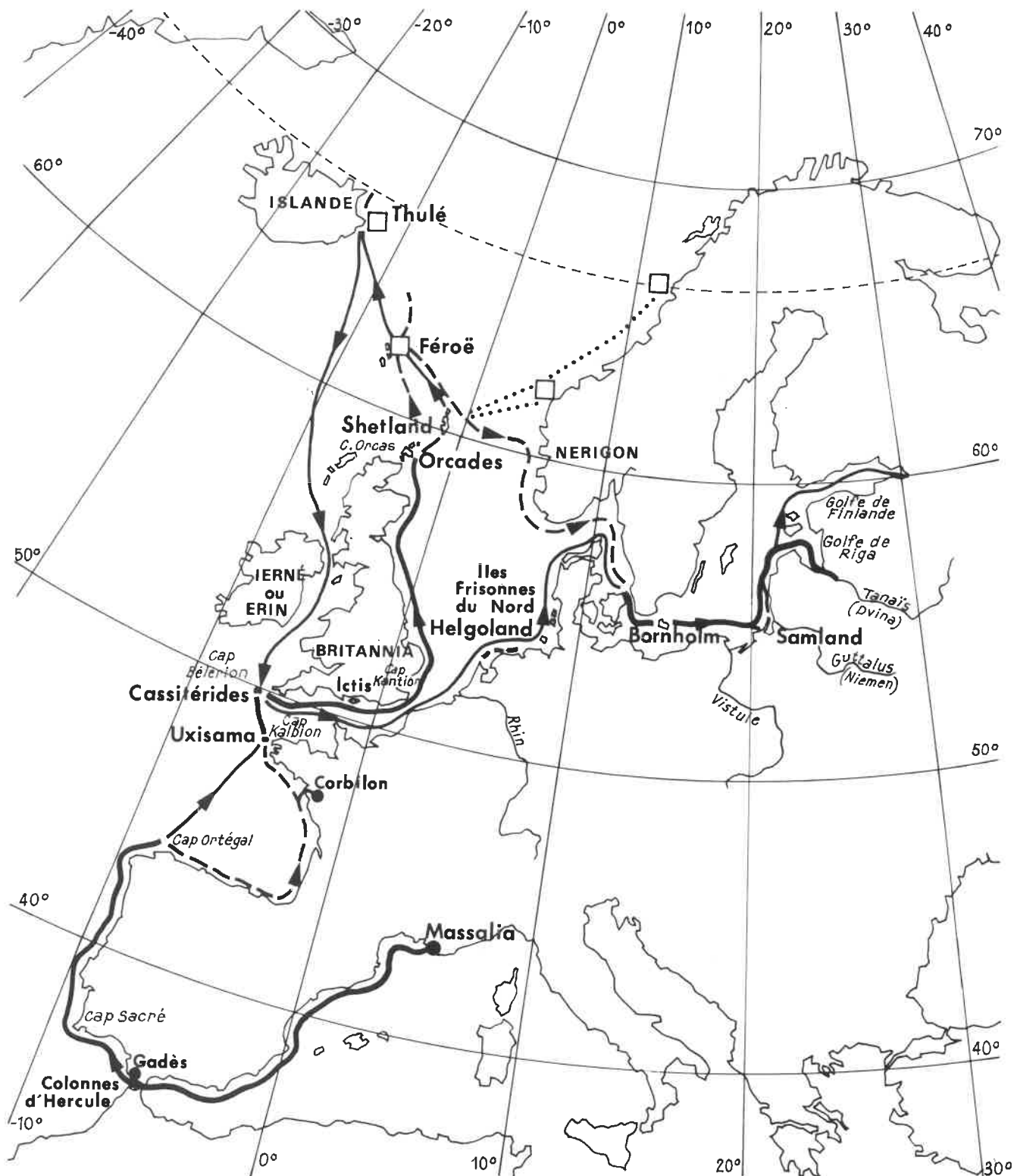
AUTOCAD : La Sécurité d' un Standard Mondial en continuelle évolution + TOPOLISP : Les Applicatifs pour le géomètre + une FORMATION en topo sur site + une EXPERIENCE de 25 ans dans l'environnement du géomètre = Le Confort de votre cabinet.

12. Demande de renseignements sans engagement de ma part : à l'attention de M. FORLANI Pierre.

Nom : Tél :

Adresse :

..... Fax :



carte 6.7. Itinéraire de Pythéas.

Légende

- Itinéraire de Pythéas selon G.E. Broche (Thulé = Islande).
- Itinéraire de Pythéas selon P. Fabre (Thulé = Féroë).
- Parties d'itinéraires communs Broche-Fabre.
- Autres itinéraires imaginés (Thulé en Norvège).
- Différentes localisations de Thulé.

Pour la lisibilité de la carte seul le trajet aller de Pythéas a été figuré. Dans toutes les hypothèses l'itinéraire retour longe les côtes du Juthland, des Pays-Bas, de Belgique, de France, d'Espagne.

47°55' de latitude. Cela donne pour Thulé la latitude :

$$\varphi_T = 47^\circ 55' + \frac{10\,000 + 2\,000}{700} = 47^\circ 55' + 17^\circ 8' = 65^\circ 03',$$

qui est fort proche du résultant précédent :

$$\varphi_T = 65^\circ 01'$$

Ainsi donc beaucoup de textes anciens donnent pour Thulé une latitude élevée de l'ordre de 65° (voir carte 6.7). Vivien de St Martin (Bibl 2) situe le parallèle de Thulé à 46 400 stades, soit une latitude de 66°,29'.

Mais Strabon et d'autres géographes grecs (Polybe notamment) considèrent que Pythéas est un menteur et ils situent Thulé près du Nord de la (Grande) Bretagne, lui assignant une latitude de 61°.

Marin de Tyr, puis **Ptolémée** ont donné pour latitude de Thulé la valeur de 63°, qui correspond au 21e et dernier climat de Ptolémée, celui de 20h. On peut penser que Marin de Tyr et Ptolémée, en adoptant 63° pour la latitude de Thulé ont pris la moyenne entre les deux valeurs de 61° et de 65°.

Après ces données de localisation, examinons les éléments descriptifs concernant Thulé. D'après Strabon le pays ne produisait pas de fruits nobles et avait peu d'animaux ; les habitants s'y nourrissaient de millet, légumes, baies sauvages et racines. Là où il y avait des céréales et du miel, on en faisait une boisson (hydromel). On buttait le mil sous des granges à cause des pluies.

D'après Solin, Thulé est abondant et riche en fruits tardifs. Les habitants y vivent au début du printemps parmi leurs troupeaux et se nourrissent d'herbes, puis plus tard de lait ; pour l'hiver ils cueillent les fruits. Ils usent des femmes en commun, ne connaissant pas le mariage.

On constate des différences entre les deux relations, de sorte que certains historiens ont douté de ce qu'elles eussent comme source commune la narration de Pythéas.

A partir des données de localisation et de description, trois hypothèses principales ont été émises concernant la position géographique de Thulé :

- a) Thulé serait une des îles de l'archipel des Féroë,
- b) Thulé serait l'Islande,
- c) Thulé serait sur la côte norvégienne.

Examinons successivement les trois hypothèses.

a) les partisans d'une île Féroë, dont **Paul Fabre** (Bibl 8), et détracteurs de l'hypothèse Islande ont les arguments suivants : Pythéas a indiqué que Thulé était habitée et l'Islande ne l'a pas été avant le 8e siècle. Pythéas a entendu parler de miel, donc d'abeilles, qui ne vivent pas à une telle latitude. En outre il n'est pas possible de faire le trajet du nord de la (Grande) Bretagne à Thulé en sept jours. Enfin si Pythéas avait touché l'Islande, il n'aurait pas manqué d'être frappé par les phénomènes volcaniques de l'île.

b) Les partisans de l'Islande font valoir que cette île pouvait être atteinte à partir du Nord de la (Grande) Bretagne en 6 ou 7 jours de navigation. La distance étant de 830 km environ cela représenterait une allure journalière (jours de 24 h) : soit de 138, soit de 118 km, alors que les îles Féroë pouvaient être atteintes en un temps moitié.

L'Islande se trouve située entre le parallèle de latitude de 63°20' et le cercle polaire de latitude actuelle : 66°33', de sorte que la latitude de 65° atteinte pourrait être celle d'un des caps orientaux de l'île. De plus les durées du jour solsticial indiquées par les habitants : 21h à 22h correspondent respectivement aux latitudes que nous avons calculées plus haut 64°,533 et 65°,509 et qui conviennent très bien pour l'Islande.

c) Les partisans de la Norvège estiment que Pythéas ne pouvait atteindre l'Islande en 6 à 7 jours à partir du Nord de la (Grande) Bretagne. Déporté très vraisemblablement par de forts vents d'ouest il aurait atteint la côte norvégienne à une latitude à peu près égale à celle des îles Féroë. Les éléments descriptifs de Strabon et de Solin s'accordent également pour une des îles Féroë (hypothèse a) et pour un point de la côte norvégienne, situé à peu près à la même latitude.

Mais si on prend en considération les éléments astronomiques, plaçant Thulé à 65 ou 66° de latitude, il faudrait situer l'île sur la côte norvégienne à cette latitude.

Selon Polybe, Pythéas aurait atteint la «mer cronienne» ou mer glacée depuis Thulé en un jour de navigation, ce qui semble confirmer la latitude élevée de Thulé.

Enfin ni Strabon, ni Eratosthène n'ont précisé que Thulé était une île, et Pythéas ne l'a vraisemblablement pas écrit. Si elle avait été une île, Pythéas en aurait fait le tour. Ce n'est que par la suite qu'on a considéré Thulé comme une île, parce que dans l'esprit des anciens grecs, il ne pouvait en être autrement pour l'extrémité du monde, par suite de la croyance en un grand océan circulaire entourant l'œcumène.

6.3.2 Suite du voyage de Pythéas

en mer du nord

Ici encore deux versions très différentes s'affrontent.

Première version

D'après **G.E. Broche** (Bibl 4), depuis Thulé, supposé en Islande, Pythéas reprend la route du Sud-Sud-Est pour s'engager dans le canal du Nord entre l'Ecosse et l'Irlande, traverse la mer d'Irlande, le canal St Georges. D'après Vivien de St Martin (Bibl 2), ce serait dans la ramification du canal St Georges, appelée maintenant «canal de Bristol» (estuaire de la Severn), que Pythéas aurait poursuivi ses observations concernant les marées et qu'il aurait pris conscience de leur ampleur. Parti de Thulé aux premiers jours d'avril, il arrive au cap Belerion mi-juillet après avoir fermé sa boucle et fait le tour complet de la (Grande) Bretagne. Il traverse à nouveau la Manche et le Pas de Calais, longe ensuite les côtes hollandaises et allemandes pour aller à la recherche de l'ambre.

Deuxième version

La première version a fait faire à Pythéas le tour de la Grande Bretagne, ce qui lui a permis aussi de donner une estimation de ses dimensions (voir paragraphe C ci-dessous).

Mais plusieurs historiens estiment que Pythéas a pu par des calculs géométriques déduire la longueur de la côte occidentale de la (Grande) Bretagne à partir de ses observations de la côte méridionale et de la côte orientale, aucun texte antique ne faisant état du passage de Pythéas entre la (Grande) Bretagne et l'Irlande. Dans cette deuxième version Pythéas serait revenu directement de Thulé (une des îles Féroë) en longeant le littoral norvégien.

Les deux versions ci-dessus ont été représentées sur la carte n° 6.7.

6.3.3 Estimation des dimensions

de la (Grande) Bretagne

Selon **G.E. Broche** (Bibl 4), Pythéas aurait donné les dimensions de la (Grande) Bretagne à vol d'oiseau, qu'a rapportées César. Les voici transformées en kilomètres :

	Côté Sud	Côté Est	Côté Ouest	Périmètre
Valeurs de César	740 km	1 180 km	1 035 km	2 955 km
Valeurs réelles	550 km	900 km	1 000 km	2 450 km

Diodore indique que Pythéas a donné les estimations suivantes, en tenant compte des

innombrables indentations des côtes britanniques:

	Côté Sud	Côté Est	Côté Ouest	Périmètre
Valeurs de Pythéas	1 181 km	2 362 km	3 140 km	6 693 km
Valeurs réelles	800 km	2 000 km	2 200 km	5 000 km

L'exagération des dimensions qu'aurait données Pythéas varie de 3,5 % à 33 % pour les valeurs des côtés à vol d'oiseau et de 18 % à 47 % pour les développements des côtes, mais on conçoit la difficulté d'estimer celles-ci à vue.

Pythéas avait reconnu la forme en triangle de la (Grande) Bretagne et il avait mis pied à terre partout où elle était accessible, parcourant le pays et décrivant la vie rudimentaire de ses populations.

6.3.4 Pythéas à la recherche de l'ambre

Ici aussi les reconstitutions du voyage divergent :

- a) selon certains historiens Pythéas n'aurait pas quitté la Mer du Nord,
- b) selon d'autres il aurait poursuivi au delà de la Mer du Nord et pénétré en Baltique.

Donnons la parole à Pline :

«Les Guttons, peuple de la Germanie, occupent les bords d'un golfe de l'océan appelé Mentonomon, dont l'étendue est de 6 000 stades ; à une journée de navigation de ce golfe est l'île Abalus (que Timée nomme Basilia), où l'electrum (ambre), excrétion des flots, est au printemps jeté par la mer. Les habitants du littoral s'en servent pour combustible en guise de bois et les vendent aux Guttons leurs voisins.»

On peut assimiler les Guttons aux Teutons.

a) Pour les premiers historiens Pythéas aurait dépassé l'embouchure de l'Elbe, accosté au Holstein, d'où il aurait rejoint l'île d'Helgoland, île centrale par rapport aux deux chapelets de la Frise : celui de la Frise néerlandaise, celui des îles frisonnes, du Nord, le long du Holstein. L'île d'Helgoland serait donc Abalus-Basilia et le Mentonomon la mer du Nord. D'autres historiens situent Albalus-Basilia dans une des îles frisonnes du nord. Mais l'étendue de 6 000 stades soit 952 km cadrent mal avec le golfe où se jette l'Elbe, dont les dimensions sont plus modestes.

b) Les autres historiens assimilent le Mentonomon à la Baltique, dont les dimensions concordent assez bien avec l'estimation de 6 000 stades de Pythéas.

D'après **P. Fabre** (Bibl 8) c'est en se rendant

en mer Baltique, dans le détroit du Kattegat que Pythéas aurait vu le fameux «poumon marin», qui a donné lieu à plusieurs sortes d'interprétation :

- mouvement régulier de la mer évoquant la respiration d'un animal,
- énorme amas de plancton gênant la progression du navire,
- aurore boréale pouvant donner l'impression des filaments de la méduse,
- brume épaisse sur des bancs de sable ou de vase, où l'on distingue mal la terre de la mer.

Pythéas affirme avoir vu ce poumon marin, alors qu'il avoue rapporter d'autres renseignements sur la foi d'autrui.

Mais les historiens qui font pénétrer Pythéas en Baltique sont en désaccord en ce qui concerne l'île de l'ambre : Abalus (ou Basilia).

Pour les uns, dont P. Fabre (Bibl 8) ce serait l'île de Bornholm, située à l'entrée de la Baltique. Pour G.E. Broche (Bibl 4) Abalus serait le Samland, située à l'Est de Gdansk (Dantzig) entre Pillau et Brusterort ; ce n'est plus une île actuellement, mais c'en était une au temps de Pythéas ; en 1860 sur la trentaine de km de rivage en question, on recueillait plus d'ambre que sur toutes les côtes de la mer du Nord et de la Baltique réunies.

Mais il y a généralement accord des auteurs pour assimiler le Tanaïs de Pythéas à la Dvina ou Duna dont le radical se rapproche de Don et de Tan de Tanaïs. La tradition grecque reliait le Tanaïs (Don) débouchant dans le golfe de Riga avec le Tanaïs se jettant dans le Palus Météotide (mer d'Azov), ce fleuve ayant donc deux embouchures. On conçoit l'intérêt pour les Anciens grecs de s'assurer de la continuité fluviale présumée. En outre pour Pythéas le Tanaïs constituait la limite entre l'Europe et l'Asie.

Broche et Fabre admettent donc que Pythéas a reconnu l'embouchure du Tanaïs dans le golfe de Riga ; après avoir interrogé les habitants, il aurait pris conscience que la voie fluviale n'était pas continue et qu'il fallait de longs portages. Il aurait alors renoncé à effectuer une expédition sur le fleuve : la légende du Grand Tanaïs permettant la jonction par eau entre la Baltique et le Palus météotide avait vécu.

Broche (Bibl 4) suppose ensuite que Pythéas est allé dans le golfe de Finlande, qu'il croyait relié à la Caspienne par des lacs et le fleuve Rha (la Volga actuelle) ; en effet selon un faux rapport de généraux d'Alexandre, on croyait que la Caspienne s'ouvrait sur l'océan septentrional, alors qu'Hérodote avait fermé la Caspienne.

Par contre Fabre (Bibl 8) fait remonter à Pythéas une partie du Guttalus (ou Niemen) qui

avec l'actuel Dniepr aurait pu constituer aussi une voie d'eau vers le Pont Euxin.

Dans chacun des deux cas les renseignements obtenus révélaient l'absence de continuité.

L'exploration en Baltique constituait une sorte d'échec pour Pythéas.

6.3.5 Le retour de Pythéas

Pour le retour, Pythéas aurait repris la même route en Baltique, puis il aurait contourné le Jutland, longé les côtes germaniques, des Pays Bas, de Celtique, s'arrêtant à Corbilon dans l'hypothèse de Broche. Il aurait poursuivi l'itinéraire de l'aller selon Fabre pour revenir à Marseille.

C'est en longeant les côtes de la Celtique que Pythéas, aux environs du solstice d'été, aurait fait l'observation suivante rapportée par Hipparque. Strabon écrit : «*Or Hipparque soutient que vers le Borysthène et la Celtique tout au long des nuits d'été le ciel est éclairé latéralement par les lueurs du Soleil, qui décrit un cercle du couchant au levant et qu'au solstice d'hiver le Soleil ne s'élève qu'à une hauteur de 9 coudées.*»

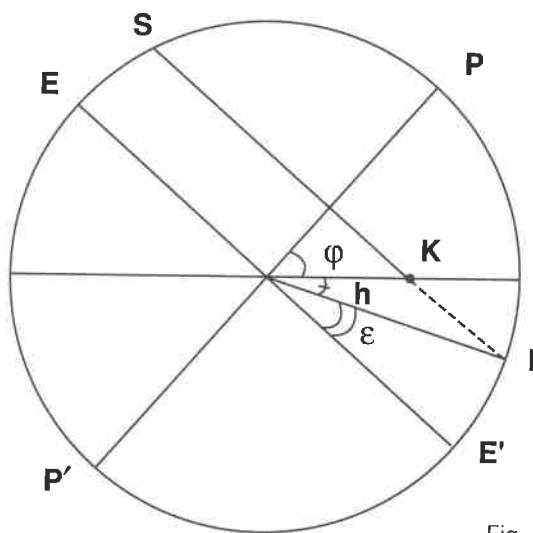


Fig. 6.8

Nous verrons ci-après qu'à une hauteur de Soleil de 9 coudées à midi au solstice d'hiver correspond une latitude de 49°.

Au solstice d'été la déclinaison du Soleil atteint son maximum δ_m égal à l'obliquité de l'écliptique. Le Soleil décrit alors sous l'horizon du couchant au levant la portion de cercle KI, représentée en tiretés dans le plan debout de la figure 6.8 ; S représente le passage supérieur du Soleil au méridien, I le passage inférieur. Les Anciens Grecs admettaient que la lueur crépusculaire était encore visible pour une hauteur h du Soleil au dessous de l'horizon égale à $7/12$

d'un signe du zodiaque soit à :

$$\frac{7}{12} \times 30 = 17,^{\circ}5.$$

d'où $h = 17,^{\circ}5$

Cherchons à quelle latitude φ le Soleil atteint, au solstice d'été, cette hauteur h . Il est clair sur la figure 6.8 que :

$$\varphi = 90^{\circ} - \varepsilon - h$$

En faisant $\varepsilon = 24^{\circ}$ et $h = 17,^{\circ}5$, on trouve $\varphi = 48,^{\circ}5$

par Ptolémée et parfois la position du cercle arctique, lorsqu'on ne ramenait pas celui-ci à l'horizon de Rhodes, mais à l'horizon du climat considéré.

Bien que ne dressant pas un tableau des climats de Pythéas, dans sa géographie, en II, 1.18 et II, 5.42, Strabon rapporte des données qu'il emprunte à Hipparque, qui lui-même les avait tirées de Pythéas. Ces données concernent les climats de 16h, 17h, 18h, 19h. Nous les avons rassemblées dans le tableau 6.9 ci-après.

Tableau 6.9 observations de Pythéas.
Données brutes : colonnes 1,2,4.

1	2	3	4	5
M	hauteurs en nombres de coudées : n	Δn	nombre de stades à partir de Marseille : s	nombres de stades à partir de l'équateur : s_E
16h	9 au maximum	3	3 800	34 100
17h	6 tout au plus	2	6 300	36 600
18h	4	1	9 100	39 400
19h	moins de 3		12 500	42 800

A fortiori à la latitude de 49° , le phénomène décrit par Hipparque avait pu être bien visible par Pythéas, comme il l'est actuellement au Nord de Paris (latitude un peu inférieure à 49°). A cette latitude on aperçoit la lueur du crépuscule, même à l'instant où le Soleil atteint le point le plus bas de sa trajectoire, donc aussi pour le reste de celle-ci. On constate une présence constante de lueur ne laissant pas place à une nuit véritable.

G.E. Broche (Bibl 4) a fait une estimation des durées de navigation de Pythéas, en journées strictement nécessaires aux déplacements, sans tenir compte des arrêts et séjours à terre pour lesquels on a très peu de renseignements. En comptant le détour qui longe la côte Ouest de la Grande Bretagne, contesté par certains historiens, le total s'élève à 185,5 jours de navigation.

6.3.6 Les observations astronomiques

de Pythéas

Les Anciens Grecs graduaient le globe terrestre en «climats» correspondant chacun à une durée bien déterminée M du jour solsticial d'été. Mais tout tableau de climats comportait en outre, en général, la hauteur du Soleil à sa culmination lors d'un solstice, la hauteur du pôle au dessus de l'horizon, c'est-à-dire la latitude, mot qui ne sera introduit que plus tard

Seule les colonnes 1, 2, 4, portent les données de Strabon.

Dans la première colonne M désigne la durée du jour solsticial d'été.

Dans la deuxième colonne n désigne la hauteur du Soleil, en nombre de coudées, lors de sa culmination au solstice d'hiver.

Dans la quatrième colonne s désigne le nombre de stades de latitude à partir de Marseille.

Colonne 3 nous avons porté les différences premières Δn entre deux valeurs n consécutives.

Colonne 5 nous avons porté la latitude en stades à partir de l'équateur : s_E , selon la relation $s_E = s + 30\,300$ stades, 30 300 stades étant la latitude de Marseille déjà évoquée au paragraphe 6.1.

Germaine Aujac (Bibl 6), constatant que les différences premières Δn de n sont en progression arithmétique de raison 1, a émis l'hypothèse que les hauteurs n ci-dessus aient pu être déterminées par les Chaldéens et transmises à Pythéas par les Phéniciens de Gadès. Nous avons vu en effet, lors de l'étude de l'astronomie chaldéenne, la prédilection qu'avaient les Babyloniens pour les progressions arithmétiques ; nous verrons aussi ultérieurement

qu'Hipparque dressait de même ses tableaux de climats, en utilisant des progressions arithmétiques. Mais dans ce cas comment expliquer les nuances telles que 9 au maximum, 6 tout au plus, moins de 3 qui semblent bien résulter d'observations.

Pour voir clair dans les données du tableau 6.9, transformons les dans le même système d'unités : celui de latitudes exprimées en degrés, que nous porterons dans les colonnes 2,3,4 du tableau 6.12.

Colonne 2. Latitudes calculées d'après la durée du jour solsticial M. Désignons par H la demi durée du jour solsticial : $H = M/2$

Pour $M = 16h$ $H = 8h = 120^\circ$
 $M = 17h$ $H = 8h,5 = 127^\circ,5$
 $M = 18h$ $H = 9h = 135^\circ$
 $M = 19h$ $H = 9h,5 = 142^\circ,5$

La relation qui lie H à la latitude et à la déclinaison δ de l'astre est :

$$\cos H = -\tan \delta \times \tan \varphi$$

il suffit de faire $\delta = \varepsilon$, d'où

$$\tan \varphi = -\frac{\cos H}{\tan \varepsilon}$$

En faisant $\varepsilon = 23^\circ,75$ et H successivement 120° ; $127^\circ,5$; 135° ; $142^\circ,5$ on obtient les latitudes φ_2 de la colonne 2 du tableau 6.12

Colonne 3. Latitude φ_3 calculées à partir des hauteurs du Soleil à sa culmination lors du solstice d'hiver, hauteurs exprimées en coudées astronomiques.

Si les observations de Pythéas avaient été au gnomon, celui-ci aurait donné le rapport du gnomon : r/g ou g/r. Comme les hauteurs du Soleil sont données en coudées, et faute de tout renseignement concernant l'instrument utilisé par Pythéas, il est assez logique d'admettre, comme le fait **La Guarda Trias** (Bibl 5), que Pythéas ait pu utiliser une sorte de prototype du dioptré d'Hipparque, appareil dont le principe était analogue à celui de l'arbalétrille ou bâton de Jacob, décrit en 1.2.1.4 à propos de l'astronomie chaldéenne. On faisait coulisser le «marteau» AB perpendiculaire à la tige OC, jusqu'à ce que (fig. 6.10) l'ombre portée du Soleil

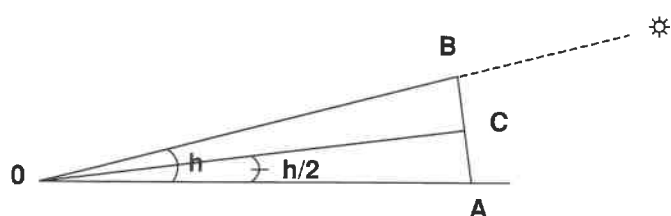


Fig. 6.10

par l'extrémité supérieure B vienne coïncider avec le centre O d'un petit écran placé à l'extrémité de l'instrument. Les observations étaient effectuées à terre et non en mer.

$$\text{Pour } \frac{OC}{AB} = 10, \text{ c'est-à-dire } \frac{OC}{AC} = 20$$

et pour OC égal à 4 coudées linéaires, La Guarda Trias admet que l'on convenait d'évaluer la hauteur de l'astre à 3 coudées astronomiques. Si on désigne par h la hauteur du Soleil observée en degrés, on a :

$$\tan \frac{h}{2} = \frac{AC}{OC} = \frac{1}{20}$$

d'où on tire $h = 5^\circ,7248$, correspondant à 3 coudées astronomiques, de sorte que la coudée astronomique valait :

$$C_a = \frac{5^\circ,7248}{3} = 1^\circ,90827$$

Delambre (Bibl 1) tire la valeur de la coudée astronomique d'un passage de Strabon, selon lequel $17^\circ 30'$ équivalent à 9 coudées astronomiques, ce qui donne pour valeur de la coudée :

$$C'_a = \frac{17^\circ,5}{9} = 1^\circ,9444$$

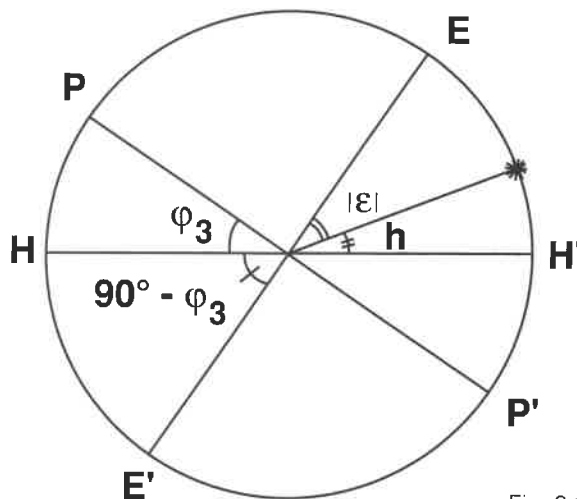


Fig. 6.11

En général, comme **Tannery**, on admet que la coudée astronomique vaut : $C''_a = 2^\circ$.

En admettant que pour des hauteurs faibles, la hauteur de l'astre varie proportionnellement au nombre n de coudées, on a :

$$h \approx n \cdot C_a \approx n \times 1^\circ,90827.$$

Sur la fig 6.11 il est clair que :

$$90^\circ - \varphi_3 = h + |\varepsilon|,$$

où nous ferons $\varepsilon = 23^\circ,45' = 23^\circ,75$, valeur qu'avait l'obliquité de l'écliptique à l'époque

de Pythéas. On obtient :

$$\varphi_3 = 90^\circ - |\mathcal{E}| - h$$

En faisant successivement $n = 9$, $n = 6$, $n = 4$, $n = 3$ dans l'expression : $h \approx n \times 1,90827$, on obtient les valeurs de φ_3 de la colonne 3 du tableau 6.12.

Colonne 4. Portons y les valeurs de φ_4 d'après le nombre de stades à partir de Marseille. Il suffit de diviser les chiffres de la colonne 5 du tableau 6.9 par 700.

$$\varphi_4 = \frac{S_E}{700}$$

Colonne 5. Nous y avons porté les valeurs de φ_p d'après Ptolémée, extraite de sa géographie ou de l'Almageste.

Tableau 6.12

1	2	3	4	5
M	φ_2 d'après valeurs de M	φ_3 d'après valeurs de nombre n de coudées	φ_4 d'après le nombre de stades : s	φ_p valeurs de Ptolémée
16h	48°,651	$\varphi_3 \leq 49^\circ,076$	48°,714	48°,533 (48°32')
17h	54°,141	$\varphi_3 \leq 54^\circ,800$	52°,286	54°,016 (54°1')
18h	58°,107	$\varphi_3 = 58^\circ,617$	56°,286	58°
19h	60°,986	$\varphi_3 \geq 60^\circ,525$	61°,143	61°

Bien entendu, à une valeur donnée par Pythéas par défaut pour n, correspond pour φ une valeur par excès et vice versa, d'après la relation : $\varphi_3 = 90^\circ - |\mathcal{E}| - h$.

Il y a une assez bonne cohérence entre les latitudes φ_2 (col 2) et les latitudes φ_3 (col 3), de sorte qu'on en déduit une bonne cohérence entre les hauteurs du Soleil en coudées, dont sont issues les latitudes φ_3 et les durées du jour solsticial d'été M, dont sont issues les latitudes φ_2 . Il est vraisemblable que si Pythéas a mesuré les hauteurs du Soleil au solstice d'hiver, il en déduisait la durée du jour solsticial d'hiver m, dont il tirait la durée du jour solsticial d'été : $M = 24h - m$.

Nous plaçant toujours dans l'hypothèse d'observations de la hauteur du Soleil aux environs du solstice d'hiver, les observations relatives au climat de 16h et 17h ont été faites comme l'indique Strabon en Celtique et en (Grande) Bretagne.

La troisième série d'observations, concernant le climat de 18h, ont pu être effectuées soit dans l'extrémité Nord de la (Grande) Bretagne, soit dans une des îles Sud des Orcades. Strabon est muet à propos du lieu où ces observations ont été faites.

Quant à la 4e série d'observations elles auraient été faites d'après Strabon à Thulé. Or d'après la latitude du 4e climat de 19h ces observations n'auraient pu être faites qu'aux îles Shetlands, où certains situent Nèrigos, ou bien sur la côte norvégienne à la même latitude que les Shetlands. Peut être Pythéas a-t-il interpolé les données relatives au climat de 19h à partir d'observations faites plus au nord, à Thulé ?

Pythéas pouvait faire ses observations «solsticiales» durant plusieurs jours, encadrant le jour proprement dit du solstice d'hiver. Il devait savoir que durant ces jours la variation de déclinaison du Soleil est très faible ; actuellement on a :

$\delta = -23^\circ,17'$ le 16 Décembre

$\delta = -23^\circ,27'$ le 23 Décembre

$\delta = -23^\circ,17'$ le 29 Décembre

la variation n'est que de 10' en 7 ou 6 jours ; elle était du même ordre au temps de Pythéas. Ainsi pouvait-il à des latitudes différentes déterminer chaque fois la hauteur du Soleil, en considérant qu'il s'agissait d'observations faites au solstice proprement dit. En peu de jours il pouvait parcourir les 3 ou 4° de différence de latitude séparant deux climats, de sorte qu'en deux hivers, par exemple durant l'un à l'aller, durant l'autre au retour, il pouvait observer les quatre hauteurs méridiennes du Soleil aux environs du solstice d'hiver.

Par contre à l'exception de la latitude du climat de 16h, les latitudes φ_4 du tableau 6.12, déduites du nombre de stades à partir de Marseille, présentent par rapport aux autres latitudes φ_2 et φ_3 des divergences sensibles dépassant à deux reprises 2°. Pour obtenir ces latitudes φ_4 , on peut supposer que Pythéas avait repéré sur sa dioptre la hauteur h_M du pôle au dessus de l'horizon de Marseille et qu'il a ensuite effectué des mesures différentielles de la hauteur du pôle pour les différents climats ; ses mesures effectuées en coudées étaient transformées en stades à partir de Marseille.

Dans cette hypothèse il faut se rendre compte des difficultés rencontrées par Pythéas :

- le pôle était situé à 7 ou 8° des étoiles les plus proches,

- la hauteur du pôle augmentant au fur et à mesure qu'il montait en latitude, la transformation des nombres de coudées en stades devient de plus en plus imprécise, faute de trigonométrie. Dans ces conditions on peut expliquer les divergences sensibles entre les valeurs de φ_4 d'une part, celles de φ_2 et de φ_3 d'autre part.

Mais plusieurs historiens ont émis l'hypothèse que Strabon aurait mal rapporté les observations de Pythéas. Nous verrons en effet que, pour Hipparque, Strabon a commis une faute grossière de 2° environ pour deux climats ; or on a justement plus de 2° d'écart pour les climats de 17h et 18h entre les valeurs de φ_4 et celle de φ_3 .

Faut-il interpréter les résultats en coudées de la colonne 2 du tableau 6.9 comme provenant d'une progression arithmétique, empruntée à d'autres sources et plus spécialement aux Chaldéens ?

On remarque que les indications : telles que 9 au maximum, dont on tire : $\varphi_3 \leq 49^{\circ}076$, telle que 6 tout au plus, dont on tire $\varphi_3 \leq 54^{\circ}800$, telle que moins de 3, dont résulte $\varphi_3 \geq 60^{\circ}525$ vont dans le bon sens et diminuent l'écart avec les valeurs φ_2 résultant de M.

Compte tenu de l'instrument assez primitif qu'utilisait Pythéas, celui-ci ne pouvait qu'arrondir les résultats de ses observations à un nombre entier de coudées, en faisant les restrictions rappelées ci-dessus. Le fait que ces quantités n soient en progression arithmétique de 2e ordre (quantités Δn en progression arithmétique de raison 1) ne pourrait être que fortuit.

6.3.7 Critique des résultats de Pythéas

Les résultats de Pythéas ont été critiqués à tort par Strabon ; pour celui-ci la limite Nord de la Celtique allait à peu près d'Est en Ouest de l'île d'Ouessant aux Bouches du Rhin, se développant à la latitude à peu près uniforme de 3 800 stades à partir de Marseille, ce qui fait environ 49° de latitude. Or Pythéas assurait avoir vu des Celtes à 6 300 stades de Marseille, ce qui donne environ 52°, qui est la latitude des Bouches du Rhin, considérées à l'époque comme étant à la limite septentrionale de la Celtique ; Pythéas avait donc vu juste.

Continuant son erreur, Strabon fixe à 6 300 stades de Marseille, soit environ 52° de latitude, l'extrémité Nord de l'archipel britannique. Hipparque, se fiant à Pythéas, place cette limite septentrionale à 9 100 stades de Marseille, soit

à environ 56° de latitude Nord, ce qui est beaucoup plus proche de la vérité que le résultat de Strabon. Strabon fait aussi pivoter la (Grande) Bretagne d'un angle sensible vers l'Est, la couchant littéralement sur l'Europe. **Eratosthène** commet la même erreur, qui sera reprise par Ptolémée. Eratosthène fera passer le méridien de Carthage à la fois par Thulé et l'extrémité Nord de la (Grande) Bretagne. Ptolémée disposera de façon analogue son méridien de 30°, compté à partir du méridien 0°, qui passe par les îles Fortunées (Canaries).

6.4 Conclusion sur Pythéas

Si on dispose de données assez précises sur la détermination de la latitude de Marseille par Pythéas, on n'a que très peu de renseignements sur les observations faites au cours de son expédition : quel était l'instrument utilisé pour viser le Soleil et les étoiles les plus proches du pôle ? Comment a-t-il déterminé les 4 climats : de 16h, 17h, 18h, 19h ?

Pourquoi n'a-t-il pas déterminé le climat de 20h qui passe à la latitude 63° que vraisemblablement il a dépassée ? Strabon répond à cette question. « *Les pays situés au delà (du climat de 17h) qui sont déjà tout proches de la zone inhabitée par suite du froid, ne présentent aucun intérêt pour le géographe. Si l'on désire les connaître ainsi que toutes les indications concernant les astres qu'a notées Hipparque (d'après Pythéas), mais que nous laissons délibérément de côté parce que ce sont des notions bien trop précises pour notre étude, qu'on s'en réfère à lui.* »

On voit ainsi les raisons pour lesquelles Strabon n'a pas rapporté les indications d'Hipparque-Pythéas au delà du climat de 19h.

Le fait qu'il ait terminé son expédition au fleuve Tanaïs d'une part, qu'il ait observé des habitants à la latitude de Thulé d'autre part, contribuèrent à faire passer Pythéas pour un menteur, notamment par Polybe et Strabon. Le dogme d'une zone froide inhabitable qui commençait à la latitude de 54° était solidement ancré dans la mentalité des Anciens Grecs. **Dicéarque**, qui le premier s'est référé à Pythéas, et qui en général admettait ses données, ne l'a pas cru pour certains passages de ses récits.

Ceux qui ont mis en doute les narrations de Pythéas se sont trompés. Le navigateur Massaliote a été l'un des plus grands explorateurs grecs ; le premier il a décrit la (Grande) Bretagne ; il en a fixé la forme en exagérant toutefois ses dimensions.

Si on admet que Thulé est situé aux îles

Feroë (latitude 62° environ) Pythéas aurait étendu l'œcumène de 8° en latitude ; si on place Thulé à 65° de latitude Nord (Islande) l'extension de l'œcumène dépasse 11°.

Winston Churchill considérait Pythéas comme le plus grand géographe grec ; selon **M. Cary** et **E. Warmington** (Bibl 3) le voyage de Pythéas « fut le plus fécond de tous ceux qui précéderent ceux de l'époque du prince Henri du Portugal. »

Enfin les observations astronomiques de Pythéas firent pour la première fois de l'astronomie l'indispensable auxiliaire de la géographie et de la cartographie.

6.5 Autres explorations postérieures à Alexandre et à Pythéas

Les successeurs d'Alexandre qui se partagèrent son empire ont continué sa politique d'explorations en Europe, en Asie et en Afrique.

6.5.1 Reconnaissances et expéditions

ordonnées par Séleucus 1er

Séleucus 1er, ou Seleucus Nikator (le vainqueur), ancien général d'Alexandre, Satrape de Babylonie, de la dynastie des **Séleucides**, étendit sa domination de la Méditerranée à l'Inde et fit étendre la connaissance de l'œcumène vers le Nord et vers l'Est.

A. Reconnaissance dans l'Inde par Mégasthène

Mégasthène fut chargé par Séleucus 1er de missions diplomatiques en Inde entre 303 et 292 avant Jésus-Christ. Il traversa le Pendjab, longea les Monts Siwalik et pénétra dans la plaine du Gange. Dans son ouvrage « Indica », le premier, il révéla aux Grecs l'immense plaine de ce fleuve, dont il décrivit le régime ainsi que celui de ses 17 affluents. Il a énuméré 118 peuples indiens et fait une place particulière aux Prasiens, le peuple dirigeant, dont Palimbothra, dans la vallée du Gange était la capitale. Il distingue 7 classes dans la société indienne, il expose les croyances brahmaniques, de sorte qu'il décrit aussi bien des particularités géographiques que les aspects d'une civilisation.

Il a ignoré le Dekkan, mais il entendit parler de l'île de Taprobana (actuel Ceylan devenu Sri-Lanka), traversée par un fleuve et où on ne voit plus la Grande Ourse.

C'est de Mégasthène ou de la relation d'Onesicrite, qui a été perdue, que les cartographes grecs ont déduit les dimensions nette-

ment exagérées de Taprobana, qui seront reproduites sur les mappemondes de **Dicéarque**, d'**Eratosthène** et de **Ptolémée**.

Grâce à Mégasthène les connaissances géographiques des Grecs s'étendirent jusqu'au golfe du Bengale, à environ 20° de longitude à l'Est du bras oriental de l'Indus, là où Alexandre s'était arrêté.

B. Explorations dans le Nord de l'Europe

Séleucus 1er chargea un de ses officiers **Patrocle** d'explorer vers 285 les rives de la Caspienne et de reconnaître la possibilité de transporter des marchandises de l'Inde dans le Pont Euxin (Mer Noire) en utilisant au maximum les voies d'eau. Il semble que Patrocle se soit arrêté à l'Ouest dans la zone de Bakou et à l'Est à la Baie de Kara-Bougaz ; il laissa se perpétuer l'erreur selon laquelle la mer Caspienne était un golfe du grand océan septentrional, dans lequel il faisait se jeter l'Iaxarte (actuel Syr Daria - voir carte n°5.3).

Un autre officier de Séleucus franchit ce fleuve.

6.5.2 Expédition ordonnée par Antigone

Antigone, ancien officier d'Alexandre et Satrape d'Asie, fit reconnaître en 312 avant J-C une partie de l'Arabie, le pays des Nabatéens, bédouins nomades, dont la capitale était Petra (actuellement dans le Sud de la Jordanie) et qui était le carrefour de plusieurs pistes caravanières. (voir carte n°5.3)

6.5.3 Explorations ordonnées par les Ptolémée.

Connaissance de l'Afrique

De l'Empire d'Alexandre les Ptolémée avaient conservé l'Egypte. Alexandrie devint sous leur règne le premier port du monde ; **Ptolémée Philadelphe** établit une communication directe entre ce port et le golfe arabe (Mer Rouge) et fonda au fond du golfe de Suez la ville d'Arsinoë (Ar sur carte n°5.3). Des escales furent établies sur la côte égyptienne du golfe de Suez et du golfe arabe jusqu'à l'actuel détroit de Bab-el-Mandab ; cette côte fut décrite et mesurée. On recensa les ressources de l'intérieur, particulièrement en éléphants.

La côte orientale du golfe arabe (Mer Rouge) fut aussi explorée. Enfin des navigateurs anonymes poussèrent jusqu'à la « Corne du sud » (cap Guardafi).

Les **Ptolémée** firent aussi explorer la vallée du Nil en amont de Syène (Assouan), qu'on

avait reconnu être sous le tropique du Cancer. **Philon** reconnut Méroë et son «île», qui n'est autre que le triangle formé par le Nil et un de ses affluents ; il constata qu'à Méroë le Soleil passait au zénith quarante cinq jours plus tôt que le solstice d'été.

Les Ptolémée établirent des relations avec les populations de la côte orientale du golfe arabique, notamment avec les Sabéens du Yémen actuel. C'est par leur intermédiaire que l'Egypte recevait les aromates d'Arabie et les Produits de l'Inde. Toutefois la côte méridionale de l'Arabie ne fut pas explorée.

6.6 Les conséquences de l'extension de l'oecumène

L'itinéraire terrestre d'Alexandre le Grand, l'expédition maritime de Pythéas, celle de Néarque, les diverses explorations ordonnées par les successeurs d'Alexandre, donnèrent à l'ancien monde grec, pratiquement limité au pourtour de la Méditerranée, une dimension plus étendue, aussi bien vers le Nord, l'Est et le Sud et furent à l'origine d'une géographie nouvelle, pour laquelle on peut citer les noms de :

- **Théophraste**, qui s'est spécialisé dans ce que nous appelons aujourd'hui la phyto-géographie,
- **Héraclide**, auteur d'un «Itinéraire des villes grecques» et initiateur de ce que nous considérons aujourd'hui comme la géographie urbaine,
- **Strabon de Lampsaque**, que l'on peut considérer comme le fondateur de l'océanographie.

L'ampleur des découvertes, la documentation rassemblée, rendaient nécessaire la refonte de la carte d'Eudoxe. Les progrès de l'astronomie avec **Héraclide du Pont** et **Aristarque de Samos** (voir chap.7) allaient contribuer à l'essor de la géographie mathématique grecque, dont les représentants les plus marqués furent **Dicéarque** et surtout **Eratosthène**. Ainsi toutes ces connaissances géographiques nouvelles vont elles pouvoir se concrétiser sur des cartes établies plus rationnellement que par le passé. Alexandrie, ville fondée par Alexandre le Grand, va jouer un rôle important dans cette géographie mathématique et cette cartographie nouvelles.

C'est ce que nous étudierons dans le chapitre n° 8, le chapitre n° 7 étant consacré essentiellement à Aristarque de Samos.

Bibliographie

1 Histoire de l'astronomie ancienne par **M. Delambre**. Paris 1817.

2 Histoire de la géographie et Atlas pour l'histoire de la géographie par **Vivien de St Martin**. Paris 1873.

3 Les explorateurs de l'antiquité par **Cary. Warington**, traduction **Delavaud**. Paris 1932.

4. Pythéas le massaliote par **Gaston E. Broche**. Paris 1935.

5. Las mas antiguas determinaciones de latitud en el Atlantico y el Indico par **A. Laguarda Trias**. Montevideo 1963.

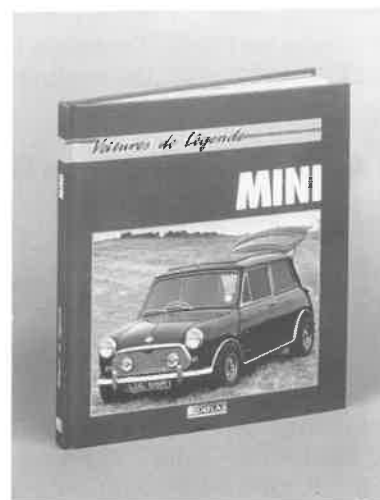
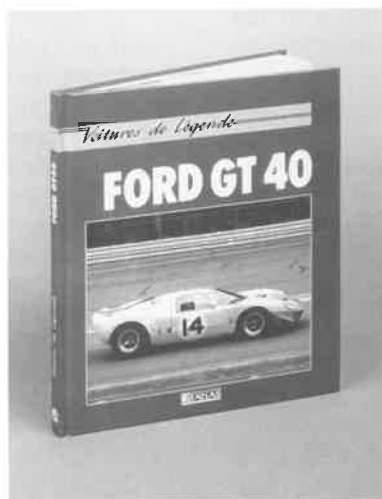
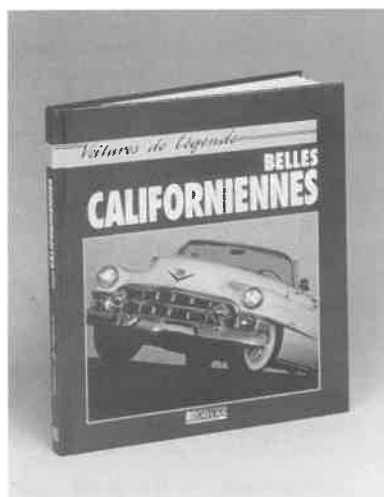
6. La géographie dans le monde antique par **G. Aujac**. Paris 1975.

7. La géographie des Grecs par **P. Pédech**. Paris 1976.

8. Le voyage de Pythéas par **Paul Fabre**. Paris 1992.

AUX ÉDITIONS ATLAS

Voitures de légende



Belles californiennes - de Colin Burnham :

Album de photos des stars que sont Buick, Chevrolet et autres décapotables des années cinquante et du rêve hollywoodien.

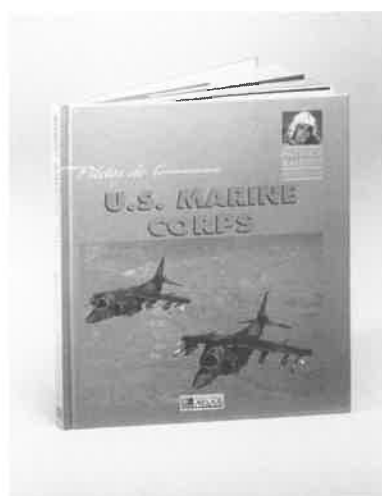
Ford GT40 - de John S. Allen :

Le monstre de qualité mécanique et technique. Un historique complet de cette voiture mille fois contée.

Mini - de Mark Steward :

La Mini, toujours produite malgré ses trente ans d'âge, est désormais dans le monde entier une voiture de collection.

Pilotes de...



Pilotes d'avions de guerre électroniques - de R.J. Francillon, P.B. Lewis et J. Dunn

Les avions de guerre électroniques SU dans le dernier quart du XXème siècle.

Pilotes de l'US Marine Corps - de George Hall

Avions, hélicoptères, installations au sol, un ouvrage qui permet de découvrir Yuma, paradis de l'aviation militaire et de la marine US.

Pilotes de combats aériens - de Ian Black

L'auteur, pilote de la RAF, nous parle des combats aériens de façon étonnante et précise.

AUX EDITIONS SIDES-RECLUS

Atlas de géographie de l'espace - Sous la direction de Fernand Verger, un ouvrage de Yvette Palazot, cartographe-géographe, Raymond Ghirardi, ingénieur de recherche au CNRS, et Isabelle Sourbès, chargée de recherche au CNRS.

Un atlas qui présente le milieu spatial, les orbites de satellites, l'occupation de l'espace, les traces au sol. L'infrastructure économique et technique et l'organisation politique. Les différentes missions civiles et militaires et les voyages et séjours de l'homme dans l'espace.

(Editions SIDES - 5 avenue Jeanne d'Arc - 92160 Antony - 289 Francs)

Euro Vista : Dans le domaine de l'information géographique, Euro Vista, 33 rue Linné, 75005 Paris, signale la parution de deux titres :

- *Le "Mercator 1992", guide de la cartographie informatisée*

Pour se repérer et agir dans ce domaine. Plus de 100 produits sont mis en fiches descriptives et 108 tableaux comparatifs donnent les caractéristiques respectives. Des adresses utiles, la méthodologie, les applications-types, les laboratoires, l'enseignement sont répertoriés ainsi que les conférences internationales sur le sujet (3.100 F).

- *Les systèmes d'information géographique dans les collectivités territoriales*

Enquête systématique dans 600 collectivités locales, donnant un tableau des applications, les projets en cours, les besoins, les contraintes. En deux volumes (prix selon le niveau d'information souhaité).

L'HOMME SOUS LE SOL

Deux livres de Patrick Saletta

● Voyage dans la France des Troglodytes

Un cheval tirant une charrue. L'eau du puits tirée avec un seau en étain. Des poules en liberté dans une cour de ferme. Le bois pour l'hiver entassé devant la porte et l'odeur d'une cheminée qui fume.

Témoignage d'un temps révolu qui éveille en nous la nostalgie du passé, d'une autre forme de vivre, où il nous semble que tout était plus simple et plus vrai, plus libre aussi. Souvent nous rencontrons encore, au détour d'un voyage, des vestiges de ce qui fut, la maison à colombages, le château, la vieille église, parfois tout un village oublié.

Mais nous ignorons que nous cotoyons une autre France, d'autres paysages secrets et cachés, inconnus, la France des troglodytes. Des milliers de français vivent encore au sein de la roche. De véritables villages ont été construits au cours des siècles à l'abri des regards, sous la terre. Véritable patrimoine qui étend ses ramifications dans la plupart de nos régions.

C'est cette face cachée de nos campagnes que nous découvrons avec Patrick Saletta dans son voyage parmi la France des troglodytes. On est surpris par l'ingéniosité de nos ancêtres et les possibilités architecturales offertes par le troglodytisme. Les cavités qui nous sont parve-

nues, souvent intactes et parfois habitées, sont un livre d'histoire creusé dans la pierre.

Des centaines de photos et de documents nous découvrent ce monde caché, fascinant univers minéral et secret. L'architecture souvent audacieuse de ces monuments construits en négatif dans la croûte de la terre est une source de réflexion sur la Terre elle-même en tant que planète sculptée par l'homme.

(éditions SIDES).

● A la découverte des souterrains de Paris

Nous vivons dans le Paris de la lumière, en plein jour ou en pleine nuit les rues alignent leurs maisons, leurs fêtes et leur bruit. Puis vous poussez la porte d'une cave ou soulevez une plaque d'égout et, par l'obscurité d'un tunnel vous pénétrez sous la ville, dans une autre ville, une cité silencieuse et immense.

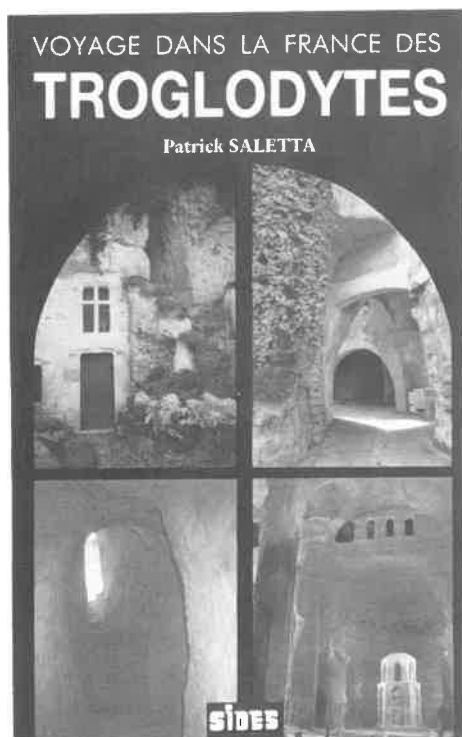
Envers de la médaille, face cachée de la ville, partie immergée de l'iceberg, un réseau inquiétant et fascinant s'étend sous Paris, avec ses légendes et ses histoires, ses architectures et ses mystères. Anciennes carrières, cryptes, tunnels, conduites, égouts, caves, cachent avec soin dans leur nuit leur histoire pleine d'attraits inattendus.

Ce livre nous dévoile ce curieux patrimoine qui envoûte l'esprit et assouvit notre curiosité à l'égard de ce sous sol souvent impraticable, interdit, parfois dangereux et malheureusement menacé par une fréquentation clandestine sans respect mais insoupçonnée par nous, les hommes du dessus.

Dans ce monde souterrain, aussi vaste que la ville érigée sur ses voûtes, l'irréel domine la réalité. Refuge, sanctuaire, abri, parfois vision futuriste, c'est le recoin obscur et inconscient de l'âme d'une ville.

A découvrir comme on se découvre soi-même dans une psychanalyse.

(éditions SIDES).



L'ALSACE GASTRONOMIQUE

par Michel Sautreau

Le Forum International de l'Instrumentation et de l'Information Géographique (FI3G) a eu lieu à Strasbourg, les 25, 26 et 27 mai au Palais de la Musique et des Congrès. Vous avez été très nombreux à y participer, d'autant que cette manifestation était jumelée avec le 31ème Congrès National de l'Ordre des Géomètres Experts et que, dans le même temps, s'est tenue l'Assemblée Générale Annuelle de l'A.F.T.

Ce fut l'occasion rêvée pour tous les participants de découvrir, ou de redécouvrir, les charmes de la capitale alsacienne : sa cathédrale en pierre rose des Vosges, l'une des plus belles et des plus originales réalisations de l'art gothique, avec sa flèche dont le sommet pointe à 142 mètres au-dessus du sol, sa cité ancienne, dédale de ruelles qui se sont entortillées depuis le Moyen Age, sa Petite France, l'un des quartiers les plus curieux et les mieux conservés du vieux Strasbourg, où les maisons à colombages pavoisées de géraniums se reflètent dans l'Ill.

Mais ce fut aussi pour tous les gastronomes, friands d'une chère savoureuse et typique, de déguster l'excellente cuisine du terroir alsacien. Les spécialités du pays, quelques restaurants choisis parmi les meilleurs de la région et que j'ai eu le privilège de fréquenter au cours de mes séjours en Alsace, quelques recettes du cru, voilà ce que je vous invite à redécouvrir aujourd'hui.

LES RICHESSES CULINAIRES DE L'ALSACE

Ainsi que le soulignait déjà, en 1952, M. René Schehr, secrétaire général du Syndicat d'initiative de Strasbourg, dans la revue "La France à table", l'Alsace offre d'exquises richesses culinaires qui, par leurs qualités et leur variété, répondent à l'abondance et à la diversité de ses ressources naturelles.

Le sol alsacien, sous la douceur du climat, fournit en quantité toutes les espèces de légumes, des céréales aux moissons opulentes, des betteraves à sucre, du houblon...

Les coteaux des Vosges produisent des vins d'excellente qualité ;

Le beau jardin de l'Alsace offre des fruits délicieux.

Les vastes forêts abritent du gibier de toute nature, et de ses lacs et rivières se tirent ces exquis poissons que tout cuisinier est fier de servir avec une présentation typiquement alsacienne.

Quoi d'étonnant qu'en Alsace on ait, de tout temps, bien mangé et bien bu.

En ce qui concerne la cuisine du terroir, toute une gamme de savoureux mets régionaux complète les plats classiques et fait partie de cette bonne cuisine bourgeoise servie dans presque tous les restaurants de la région et à laquelle les touristes rendent un éloquent hommage.

Mentionnons, au hasard de la plume, les plus connues des spécialités qui ont fait la renommée de la cuisine alsacienne.

En Alsace, résidence d'été des cigognes, les grenouilles constituent la nourriture préférée de ces attachants échassiers migrateurs. Un plat de cuisses de grenouilles, aromatisé aux fines herbes et servi avec des nouilles fraîches est excellent. Et, si vous préférez un autre assortiment, allez au **Crocodile** (10, rue de l'Outre, Strasbourg - Tél. 88.32.13.02) où elles sont accompagnées d'un flan de cresson, ou bien au **Cerf** (Marlenheim, N4 - Tél. 88.87.93.93) qui les saute au Riesling, les parfume de persil et les sert avec des quenelles d'orge perlé.

Autre plat régional, très estimé et fort demandé : la fameuse matelote, préparée avec infiniment de patience et d'attention, étuvée au vin d'Alsace. C'est un régal pour les gourmets. La tradition exige qu'elle soit composée de brochets, de perches, d'anguilles, de tanches et de lottes de rivière. Autant dire qu'il s'agit d'un met rare et coûteux, auquel même les plus grands restaurants ne s'attaquent que trop peu souvent. La recette vous en est donnée plus loin.

En revanche, pour les amateurs de poissons au fumet alléchant, le choix ne manque pas. Qu'il s'agisse du sandre que l'on marie soit aux pleurotes à la **brasserie Kammerzell** (16, place de la Cathédrale - Strasbourg - Tél. 88.32.82.14), soit au chou vert nouveau et à la crème de raifort (**Le Cerf**), soit encore à la laitance de carpe et au blanc de poireau, le tout assorti de tranches de cèpes et de pommes de terre rissolées (**Le Crocodile**), qu'il s'agisse de la lotte gratinée délicieusement servie avec de la langouste et parfumée aux pistils de safran, spécialité de l'**Auberge de l'III** (Illaeusern - 68 - Tél. 89.71.83.23), qu'il s'agisse du Saint Pierre, du turbot, de la sole, ou du saumon, tous savoureusement aromatisés, qu'il s'agisse enfin de cet exceptionnel duo de rouget barbet et de langoustines, accompagné de nouilles fraîches au cerfeuil et incorporé d'une purée d'olives que l'on peut déguster au **Buehiesel** (4, Parc de l'Orangerie, Strasbourg - Tél. 88.61.62.24), bref, tous ceux qui sont friands de poisson trouvent en Alsace matière à se régaler.

Mais, si l'on peut concevoir, à la rigueur, un festin sans poisson, en revanche, pour le fin gastronome, un somptueux repas alsacien n'existe pas sans le vol-au-vent traditionnel. Quel gourmet ne sentirait-il pas venir l'eau à la bouche aux noms de vol-au-vent de volailles ou au ris de veau, accompagné de quenelles de godiveau ou de champignons ? C'est un délice qu'il ne faut absolument pas manquer.

Au printemps, des asperges de Hoerdt, de Lampertheim ou de Horbourg, servies avec du jambon de pays cru ou cuit constituent une entrée typiquement régionale.

Autre mets rustique et très apprécié que les restaurateurs ont mille occasions de servir : le "Beckeoffe". Préparé dans une terrine, ce plat comprend du porc, du mouton et du boeuf, entourés de pommes de terre en rondelles et de deux ou trois oignons découpés, le tout bien assaisonné, arrosé de vin d'Alsace et cuit au four, le couvercle de la terrine étant "scellé" à la pâte à tarte. L'excellent fumet qui se dégage de la terrine quand on enlève son couvercle est tout à fait prometteur.

Comment ne pas citer également la célébrité gastronomique de l'Alsace, pure invention strasbourgeoise universellement connue, à savoir le foie gras truffé, servi en pâté, en parfait ou en terrine. On le doit à Jean-Joseph Close, né à Dieuze (Moselle) en 1757. Cuisinier du Maréchal de Contades, qui fut commandant militaire de la province d'Alsace de 1762 à 1788, Close, artiste dans sa profession, avait élevé le foie gras, sous forme de pâté, à la dignité d'un mets souverain. Du foie gras concentré, parfumé de truffes, entouré d'une douillette de veau haché recouverte d'une fine cuirasse de pâté et dorée au four, voici accomplie l'incomparable

création.

Mentionnons encore l'odorant pot-au-feu aux quenelles de moelle, suivi de belles tranches juteuses et fermes de boeuf bouilli accompagné de raifort, de choux-raves et de carottes en salade : un vrai régal, dont vous trouverez la recette ci-après.

Et puis, bien évidemment, vous ne manquerez pas de déguster le plat alsacien par excellence : la choucroute. Bien qu'elle ait fait aujourd'hui le tour du monde, tous les Alsaciens jurent, à juste titre d'ailleurs, que "la seule et véritable choucroute à l'alsacienne ne se mange qu'en Alsace". Servie classiquement avec du lard, des côtelettes de porc, des saucisses de Strasbourg et, parfois, des boulettes de foie, ce mets exquis et sain est sans conteste le plat de résistance de la famille alsacienne. Dans la plus pure tradition du terroir, la choucroute de **L'ancienne Douane** (8, rue de la Douane - Tél. 88.32.42.19) est à citer en exemple.

Quand elle n'est pas ignorée par certains des très grands restaurants - ceux qui l'ignorent la considèrent sans doute comme un mets trop commun ou trop viril, voire trop consistant pour l'inscrire à leur carte - la choucroute devient alors la délicieuse résultante d'un subtil mélange entre la tradition et l'invention. Ainsi, par exemple, la divine choucroute au cochon de lait et au foie gras fumé du **Cerf** à Marlenheim, et l'incontournable mais non moins fameuse choucroute au poisson de la Maison **Kammerzell**, rénovent et embellissent le répertoire de la plus célèbre des spécialités alsaciennes.

Enfin, pour terminer, on ne saurait oublier le fameux fromage de Munster, plus ou moins saupoudré de cumin selon le goût de chacun, élément indispensable pour achever un très bon repas avant que n'arrive la farandole des desserts.

LES VINS D'ALSACE

Le vin d'Alsace, à la fois riche en bouquet, fruité, gai, alerte et toujours excellent quand il est présenté comme il convient, ne saurait être absent lorsque l'on évoque la gastronomie de la région. Nous ne faillirons donc pas à cette tradition.

Admirablement exposé, bénéficiant d'un micro-climat particulièrement chaud et ensoleillé et présentant une grande diversité de terroirs, le vignoble alsacien s'étend, tout en longueur et sans interruption, de Marlenheim à Thann, sur les coteaux du versant Est des

Vosges. Couvrant une superficie d'environ 13 000 hectares, il s'élève de la plaine d'Alsace jusqu'à 400 mètres d'altitude. Lorsque l'on suit cette "Route du vin", on ne roule qu'à travers les vignes. Tous les villages rencontrés sont de pittoresques "petites villes", aux maisons gaies et fleuries concentrées autour de l'église et peuplées de vigneron. Ces villages méritent d'être visités, ne serait-ce que pour joindre le charme à l'agréable en ajoutant à la beauté du circuit touristique la saveur d'un rallye dégustation.

Grâce aux efforts méritants faits par les vignerons pour améliorer, au fil des ans, la qualité de leur production, les vins sont aujourd'hui reconnus dans la classification officielle. On trouve ainsi, au côté de l'AOC Alsace, l'AOC Alsace Grand Cru et le Crémant d'Alsace. Ce qui caractérise plus particulièrement la viticulture alsacienne, c'est la diversité et la variété des crus. (1)

Le Sylvaner est tout à fait typique par sa belle couleur verte, son caractère pétillant et sa fraîcheur. S'il a moins de noblesse et de finesse que les autres cépages de la région, il n'en est pas moins un bon vin sec quand il est jeune et servi frais avec les hors-d'œuvre ou le poisson.

Le Muscat est un cépage à maturation tardive. Il s'agit là d'un vin plutôt sec, dont le fruité est très apprécié, qui se différencie nettement des Muscats doux des régions méridionales. Il peut agréablement accompagner les entrées chaudes ou les entremets.

Le Traminer et le Gewurztraminer sont plus robustes et doivent leur succès à leur bouquet puissant, très prononcé et d'une dégustation quasi voluptueuse. A savourer, en particulier, l'après-midi avec des pâtisseries.

Le Pinot gris ou Tokay d'Alsace (à ne pas confondre avec le cépage de Tokay en Hongrie qui est le Furmint) est lui capiteux, opulent et corsé. C'est un vin de haute qualité qui exige beaucoup de soins. Il accompagne avec bonheur les rôtis, le gibier ou les volailles. Le Pinot noir, de production plus récente, donne aussi d'excellents vins rosés ou rouges, ronds et séveux.

Enfin, à tout seigneur tout honneur, **le Riesling** est sans conteste le roi des cépages d'Alsace. C'est un vin racé, d'une grande légèreté, au bouquet délicat et d'une exceptionnelle finesse. Très recherché, il constitue le régal du vrai connaisseur.

Signalons aussi, pour terminer, **l'Edelzwicker**, assemblage de plusieurs cépages nobles tous d'appellation d'origine contrôlée, vin agréable et harmonieux.

QUELQUES BONNES ADRESSES

Personne ne peut le nier : l'Alsace tient un rôle fondamental dans la réputation de la gastronomie française. Dans cette belle région, à la fois agricole et touristique, les grandes tables ne manquent pas, qui viennent ajouter encore au charme naturel du pays.

Les gloires locales, richement étoilées au Michelin, excellemment notées et pourvues en toques rouges au Gault et Millau, ont déjà été mentionnées. Que ce soit à **l'Auberge de l'III** à Illausern (60 km de Strasbourg en direction de Colmar), au **Crocodile** ou au **Bureheisel** dans Strasbourg même, ou à **l'Hostellerie du Cerf** à Marlenheim (18 km de Strasbourg, sur la RN 4 qui mène à Saverne), vous êtes assurés de trouver, là, une cuisine talentueuse et raffinée à l'extrême, alternant produits de haut de gamme et mets plus largement inspirés du terroir, qui vous laissera un souvenir impérissable. C'est un rendez-vous avec les rubans bleus de la gastronomie alsacienne qu'il ne faut surtout pas manquer, même si le prix en est relativement élevé. Un impératif, cependant : ne pas omettre de réserver sa table longtemps à l'avance.

A côté de ces ténors de la très grande cuisine, il faut absolument connaître les "winstubs". Ce sont d'anciens débits de vins devenus depuis lors de typiques estaminets aux boiseries peintes ou sculptées, aux vitres cathédrales, aux recoins secrets, aux bancs souvent rudes, aux tables d'hôtes quasi obligatoires. Vous pourrez y déguster des spécialités alsaciennes élaborées dans le droit fil de la plus pure tradition locale : presskopf (fromage de tête), kassler (porc en croûte avec pommes de terre et salade verte), lewerknepfle (quenelles de foie en garniture de choucroute ou navets salés), ... Sans oublier, bien évidemment, toutes les variétés de choucroute (noble, faon juive, au saumon et truite fumés, etc.) qui vous sont proposées par exemple à la **D'Choucrouterie** (20, rue St Louis - Tél. 88.36.52.87).

"Quittez Strasbourg sans avoir dîné dans une winstube et vous aurez visité une orpheline" a dit un chroniqueur. Car c'est là en effet que vous découvrirez toute la vitalité, toute l'ambiance chaleureuse et animée, toute la jovialité bruyante et débridée, bref, toute l'identité inimitable du terroir.

La plus pittoresque est, sans conteste, **Le Saint Sépulcre** (15, rue des Orfèvres - Tél. 88.32.39.97). Certes, vous n'y trouverez ni choucroute, ni bière et il vous faudra y boire votre vin d'Alsace dans un dé à coudre. Mais les autres produits sont 100% faits "maison".

(1) A noter que les vins d'Alsace sont connus par le nom de leur cépage et, exceptionnellement, par celui des crus.

La plus chic se répartit sur les trois étages de la **Maison Kammerzell** déjà citée, perle architecturale de la sculpture sur bois, d'ailleurs classée monument historique. Mais, souvent considérée par les Strasbourgeois comme un "repaire à touristes", ayant de plus quelque peu perdu son caractère folklorique au bénéfice d'une ambiance plus "smart" et plus feutrée, d'aucuns lui contestent aujourd'hui l'appellation de *winstube*. Il n'en demeure pas moins qu'elle constitue, dans son genre particulier, une belle brasserie où les spécialités alsaciennes côtoient un remarquable banc de fruits de mer.

Au terme de cette chronique, j'ai tout à fait conscience de n'avoir pas épuisé, loin s'en faut, le sujet. J'ai omis de parler des desserts et surtout des divines eaux-de-vie : Kirsch, Mirabelle,

Quetsch, Framboise, Myrtille, Houx,... toutes distillées avec dévotion pour l'enchantement du palais. Je n'ai même pas cité, ô sacrilège !, la bière, tout à la fois légère, digestive, savoureuse et mousseuse, l'une des grandes spécialités du pays. Mais il faut savoir s'arrêter, ne serait-ce d'ailleurs que pour laisser au lecteur le plaisir de la découverte.

Retenez seulement ceci, pour conclure : "En Alsace, la gastronomie est partie intégrante de la civilisation". Ainsi s'exprimait, dans les années 50, Robert Redslob, doyen de la Faculté de Droit de Strasbourg. Quand on connaît la chaleur de l'accueil et la gentillesse proverbiale des alsaciens, quelle autre formule pourrait mieux inciter à venir goûter les charmes incomparables et les richesses savoureuses de leur table ?

Pot-au-feu alsacien

En Alsace, on se sert beaucoup de casseroles en terre cuite, surtout pour la préparation du pot-au-feu. La préparation ne diffère pas sensiblement de celle du pot-au-feu familial. C'est ainsi que la garniture est presque la même : blancs de poireaux, carottes, céleris, choux-raves. Ce qui relève agréablement ce plat, ce sont les quenelles à la moelle, qui se servent en même temps que le bouillon.

Pour obtenir ces quenelles, on passe 100 grammes de moelle au travers d'un tamis fin, on recueille cette moelle dans une terrine et on la travaille avec une cuillère en bois jusqu'à ce qu'elle devienne très lisse. On y ajoute 50 grammes de mie de pain, trois jaunes d'oeufs, sel, poivre, soupçon de noix muscade et enfin un peu de cerfeuil haché.

Après s'être enfariné les mains, on confectionne de petites boulettes rondes que l'on fait délicatement pocher dans le bouillon, lequel doit être très chaud mais ne pas bouillir.

Pour servir, on place des tranches de pain déjà dorées au four dans une soupière et l'on saupoudre légèrement ces tranches de ciboulette hachée. Sur le tout, on dispose délicatement les quenelles et l'on remplit la soupière avec le bouillon. Ce potage délicieux est à servir sans tarder.

Matelote alsacienne

Pour réussir une matelote strasbourgeoise, il faut se procurer les poissons suivants : anguille, brochet, perche, tanche et, si possible, lotte de rivière.

Dans une casserole et dans du beurre, faire "suer" des échalotes hachées finement. Ajoutez-y les poissons bien nettoyés et coupés en tronçons. Assaisonnez-les de sel et de poivre et saupoudrez-les d'une cuillerée de farine que vous laissez légèrement cuire. A ce moment, immergez la matelote de vin sec d'Alsace et laissez cuire, couvert, pendant un quart d'heure.

Pour servir, dressez les tronçons de poissons dans un plat creux sur des tranches de pain rissolées au beurre. Faites réduire la cuisson d'un tiers et liez vivement la sauce avec l'adjonction de jaunes d'oeufs et de quelques dés de beurre frais. Versez la sauce sur le poisson, saupoudrez de persil haché et servez immédiatement.

LES BONNES RECETTES D'XYZ

par Anita Sautreau

La rubrique précédente étant consacrée à la gastronomie en Alsace, il est dans l'ordre des choses que la recette d'aujourd'hui concerne un plat typiquement alsacien et particulièrement savoureux : le baeckoeffe. Cette recette est celle d'Antoine Westermann, le grand chef du Buerehiesel à Strasbourg. Elle a été publiée dans le magazine Gault Millau n° 271 de février 1992. Je ne résiste pas au plaisir de vous la communiquer.

A.S.

BAECKOEFFE AUX LÉGUMES

Préparation : 30 minutes, 24 heures à l'avance ; 15 minutes le lendemain.

Pour 6 personnes :

- 600 g d'échine de porc (sans os)
- 600 g d'épaule d'agneau (sans os)
- 600 g de paleron de boeuf (sans os)
- 2 pieds de porc
- 1 kg de pommes de terre bintje
- 500 g de carottets
- 500 g de navets
- 300 g de blancs de poireaux
- 200 g d'oignons
- 6 gousses d'ail
- 3 brins de persil
- 3 brins de thym
- 2 feuilles de laurier
- 3 clous de girofle
- 1 bouteille de Riesling
- sel, poivre.

Pour luter la terrine :

- 300 g de farine
- 1,5 dl d'eau à température ambiante.

● Vingt-quatre heures avant la cuisson du baeckoeffe, couper les viandes en cubes de 5 cm et les pieds de porc en gros dés. Saler et poivrer les viandes. Les mettre dans un grand saladier avec persil, thym, laurier, girofle et les arroser du vin blanc d'Alsace (Riesling). Couvrir le saladier et le mettre au réfrigérateur pour 24 heures.

● Lorsque les viandes ont ainsi mariné 24 heures, verser le contenu du saladier dans une grande passoire placée au-dessus d'un autre grand saladier pour recueillir le vin.

● Peler les pommes de terre, les couper en rondelles de 3 mm d'épaisseur, les rincer, les égoutter, les éponger. Laver les blancs de poireaux, les éponger, les couper en rondelles obliques de 3 mm. Peler les oignons et les couper en fines rondelles de 2 mm. Peler les carottes, les laver, les couper en quatre dans le sens de la longueur puis en trois dans le sens de la largeur. Peler les navets, les laver, les couper en quatre. Peler les gousses d'ail, puis les couper en quatre en éliminant le germe.

● Allumer le four (thermostat 6 - 200°).

● Placer les morceaux de pieds de porc dans une terrine alsacienne en terre vernissée de 32 cm (à défaut, utiliser une cocotte en fonte). Sur les pieds de porc, mettre une couche de légumes mélangés, puis une couche de viandes mélangées, avec l'ail, les épices et les herbes de la marinade. Continuer ainsi jusqu'à épuisement des ingrédients. Mouiller du vin de la marinade, puis couvrir la terrine.

● Mélanger la farine et l'eau, pétrir jusqu'à obtention d'une pâte qui se détache des doigts ; en faire un cordon et le placer sur la terrine, entre les bords de l'ustensile et le couvercle ; aplatir la pâte avec les doigts afin de fermer hermétiquement la terrine et de souder ainsi le couvercle.

● Glisser la terrine dûment lutée au four. Laisser cuire 2 heures, puis baisser le thermostat à 5 (175°) et laisser cuire 2 heures de plus.

● Porter la terrine à table, casser le cordon de pâte devant les convives, retirer le couvercle : le parfum du baeckoeffe emprisonné dans la terrine s'échappe, délicieux, appétissant. Servir aussitôt.

Nota. Le baeckoeffe peut être accompagné d'une salade verte (frisée ou mâche) ou d'un mélange de petites salades et d'herbes.

AU SERVICE DES AMENAGEURS



AERIAL

91, rue Jean Perrin - Z.I.
13851 Aix-en-Provence Cedex 03
Téléphone : 42.60.05.45
Télécopie : 42.24.26.04

→ consultez l'Annuaire Electronique



Nom : AERIAL

Loc : AIX

Dépt : 13

CAUSERIE TOPOGRAPHIQUE

Quelques considérations sur les relèvements multiples

par Robert VINCENT

"Le travail... c'est pas que j'ai rien contre... mais c'est le temps qu'on perd !!!" aurait dit Marcel Pagnol, à moins que ce ne soit son entourage, mais on ne prête qu'aux riches ! (propos sauvés de l'oubli par l'acteur Jean-Pierre Darras à la télévision dans une récente émission "Bouillon de culture").

C'est sur cette facétieuse pensée que je vous convie aujourd'hui à réfléchir sur quelques considérations qui peuvent sûrement alléger, et en temps et en coût, certains travaux topographiques.

Dans l'exécution des canevas de détails nécessaires aux levés topographiques, où l'on cherche la rapidité et plus encore la souplesse, il arrive que la configuration la plus adéquate du canevas s'impose par un choix souvent très restreint des emplacements des stations, en raison du bâti, de la végétation ou du relief, voire des facilités d'accès.

Rapidité des opérations et facilité d'accès sont liées, et, parmi les procédés d'établissement d'un canevas de détail, le relèvement multiple répond souvent à ce double impératif en allégeant au maximum les opérations et, en particulier, en ne nécessitant pas de mesures de distance.

Le relèvement multiple peut se définir, à priori, comme étant un procédé permettant la détermination concomitante, en position planimétrique, de plusieurs points stationnés au théodolite, reliés entre eux par des visées internes, en général réciproques, et à partir desquelles sont observées des visées de relèvement, en nombre suffisant, sur des points connus en coordonnées, et ceci à l'exclusion de toutes mesures de distances.

Les visées internes, reliant entre elles les stations, peuvent donner au réseau différentes configurations. L'enchaînement des stations peut en effet former :

- un simple cheminement d'angle, c'est-à-dire un cheminement polygonal où seuls les angles au sommet sont mesurés, mais pas les longueurs des côtés
- un cheminement d'angle présentant un ou plusieurs embranchements
- un cheminement d'angle présentant une ou plusieurs boucles indépendantes (polygones fermés)
- un cheminement d'angle présentant une combinaison des cas précédents.

Les présents propos ont pour objet de préciser, en fonction de ces différentes configurations, le nombre de visées de relèvement nécessaires en raison du nombre de points stationnés.

Nous appelons

n le nombre de points stationnés

p le nombre de boucles (polygones fermés indépendants)

r le nombre nécessaire de visées de relèvement

Par exemple, pour un relèvement simple, qui exige au moins 3 visées de relèvement

$$n = 1 \quad p = 0 \quad r = 3$$

1. CHEMINEMENT SIMPLE

Pour commencer, nous allons évoquer les cas les plus simples en rappelant tout d'abord que dans notre précédente causerie (1) nous avons revu la détermination d'un point fictif dans un relèvement. C'est une des clefs de la résolution, nous le verrons, des relèvements multiples.

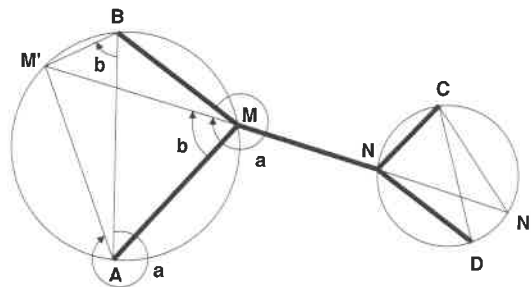
1.1 Relèvement double

Soit deux points stationnés M et N pouvant se viser entre eux et en lesquels deux visées de relèvement sur 2 points connus ont été observées :

En M visées sur A et B ainsi que sur N

En N visées sur C et D ainsi que sur M

La détermination des points fictifs M' et N' par intersection à partir de A et B pour M' et C et D pour N' permet de calculer le gisement M'N'

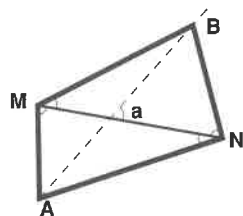


qui est aussi celui de MN. Les tours d'horizon en M et N se trouvent ainsi orientés et les calculs des coordonnées de M et de N se ramènent à des intersections à 3 visées.

Pour un relèvement double :

$$n = 2 \quad p = 0 \quad r = 4$$

Dans le cas du relèvement double particulier où en chacune des 2 stations M et N, les deux visées de relèvement ont été observées sur les mêmes deux points connus A et B, la résolution est plus directe par la formule dite des cotangentes (1) donnant l'angle "a" entre les droites AB et MN en fonction des 4 angles observés. Du gisement de AB on déduit alors le gisement de MN et les tours d'horizon en M et N se trouvent orientés.



1.2. Le relèvement triple

Soit trois points stationnés M, N, et P formant une polygonale, les visées réciproques MN et NP pouvant être observées mais pas MP. En ces 3 points des visées de relèvement sur 5 points connus A, B, C, D et E ont été observées :

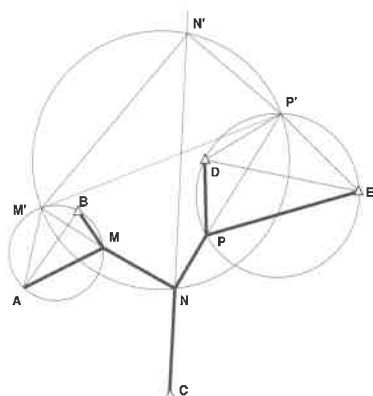
En M : visées sur A et B ainsi que sur N
En N : visées sur C ainsi que sur M et P
En P : visées sur D et E ainsi que sur N

En chaque station, les tours d'horizon comportent 3 visées.

1.2.1 Première résolution

La détermination des points de relèvement fictifs M' et P' par intersection à partir de A et B pour M' et D et E pour P' montre la solution : le point N sera déterminé par un relèvement sur les 3 points alors connus CM'P'.

Enfin, pour résoudre ce relèvement, il suffit de déterminer le point fictif N' sur le cercle NM'P' et sur la droite NC.

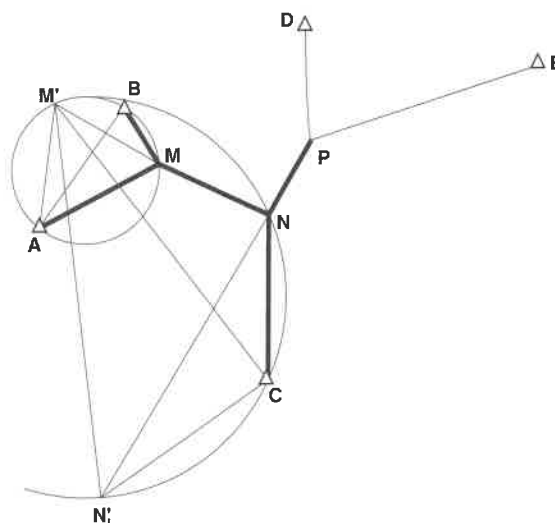


Ainsi le calcul du gisement N'C et par conséquent la connaissance du gisement de NC qui est le même, permet d'orienter le tour d'horizon en N et, par voie de conséquence, d'orienter les tours d'horizon en M et P grâce aux visées réciproques N-M et N-P.

Le calcul des coordonnées des points M, N et P se ramène donc encore à des intersections à 3 visées.

1.2.2 Deuxième résolution : Solution itérative

Détermination du point de relèvement fictif M' par intersection à partir de A et B comme pour la première résolution, puis détermination du point de relèvement fictif N' par intersection à partir de C et M'. Le point P se trouve alors relevé sur les 3 points D, E et N'.



On note que pour un tel relèvement triple :
 $n = 3$ $p = 0$ $r = 5$.

1.3. Relèvement quadruple

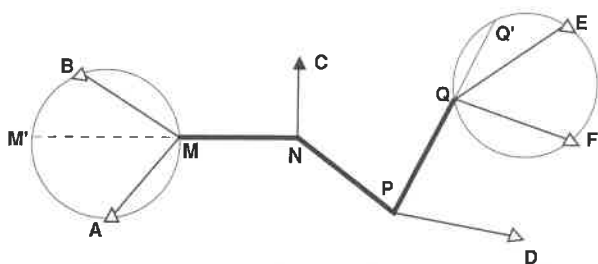
Soit 4 points stationnés M, N, P et Q formant une polygonale, les visées réciproques MN, NP, PQ pouvant être observées mais pas MP, MQ, NQ. En ces 4 points des visées de relèvement sur 6 points connus A, B, C, D, E et F ont été observées :

En M visées sur A et B ainsi que sur N
N visées sur C ainsi que sur M et P
P visées sur D ainsi que sur N et Q
Q visées sur E et F ainsi que sur P

En chaque station les tours d'horizon comportent 3 visées.

1.3.1 Première résolution

La résolution du système passe par la détermination des points fictifs M' et Q' par intersection à partir de A et B pour M' et de E et F pour Q'. Ensuite nous nous trouvons devant un relèvement double, les points N et P étant respectivement relevés sur M' et C et sur D et Q'.



1.3.2 Deuxième résolution : Solution itérative

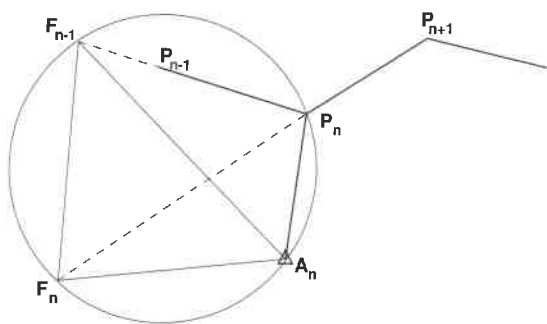
Même raisonnement que pour la solution itérative 1.2.2.

On note que pour un tel relèvement quadruple : $n = 4$ $p = 0$ $r = 6$, et on remarque que dans les exemples étudiés jusqu'à présent on a toujours : $r = n + 2$.

1.4 Cas général des cheminements simples de relèvements multiples

Après avoir compris l'usage de l'algorithme du point fictif de relèvement et son usage itératif, on peut envisager le cas général :

Par la solution itérative, chaque point stationné P_n est doté d'un point fictif de relèvement F_n , sur l'alignement $P_n - P_{n+1}$, et intersecté depuis le point fictif de relèvement précédent F_{n-1} et le point connu A_n visé de P_n .



L'itération se poursuivra jusqu'au dernier point du cheminement où deux visées de relèvement auront été observées et qui se trouvera ainsi déterminé par une troisième visée de relèvement sur le dernier point fictif.

Par ce raisonnement on voit que le cheminement de relèvement simple comporte en chaque extrémité des stations à 2 visées de relèvement observées, les autres n'en ayant qu'une : d'où confirmation de la règle :

$$r = n + 2$$

Cette règle peut s'établir directement par le raisonnement suivant :

Pour résoudre un système de n points, comportant chacun 3 éléments inconnus - les 2 coordonnées X et Y et l'orientation G_0 du tour d'horizon - il est nécessaire de disposer d'au moins $3n$ équations d'observation c'est-à-dire de $3n$ visées observées.

Or, entre les n points, il y a $(n - 1)$ côtés de cheminement donc $(2n - 2)$ visées internes réciproques.

Il faudra donc observer $3n - (2n - 2)$ soit $n + 2$ visées de relèvement.

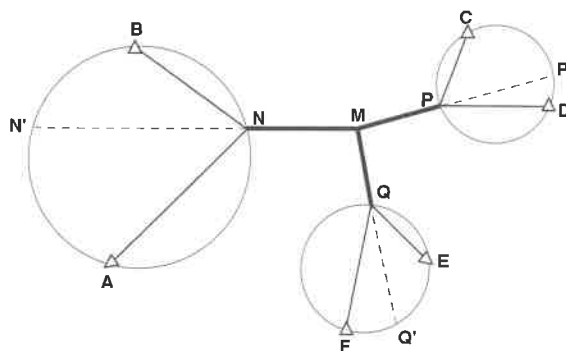
2. CHEMINEMENT D'ANGLE DE RELEVEMENTS MULTIPLES AVEC EMBRANCHEMENTS

Nous allons voir que les résolutions sont très semblables.

Commençons par le cas le plus simple.

2.1 RELEVEMENT QUADRUPLE EN ÉTOILE À 3 BRANCHES

En un point de station M d'où on ne voit aucun point connu sur lequel on pourrait se relever, on vise 3 stations de relèvement N , P et Q qui ne se voient d'ailleurs pas entre elles, et où les tours d'horizon vont comprendre, outre la visée réciproque sur le point M , deux visées de relèvement respectivement sur A et B , sur C et D , et sur E et F .



En chaque station, 3 visées sont ainsi observées.

La détermination des 3 points fictifs de relèvement N' , P' et Q' par intersection à partir respectivement de A et B , de C et D , et de E et F , ramène la figure à un relèvement du point M sur les 3 points N' , P' et Q' .

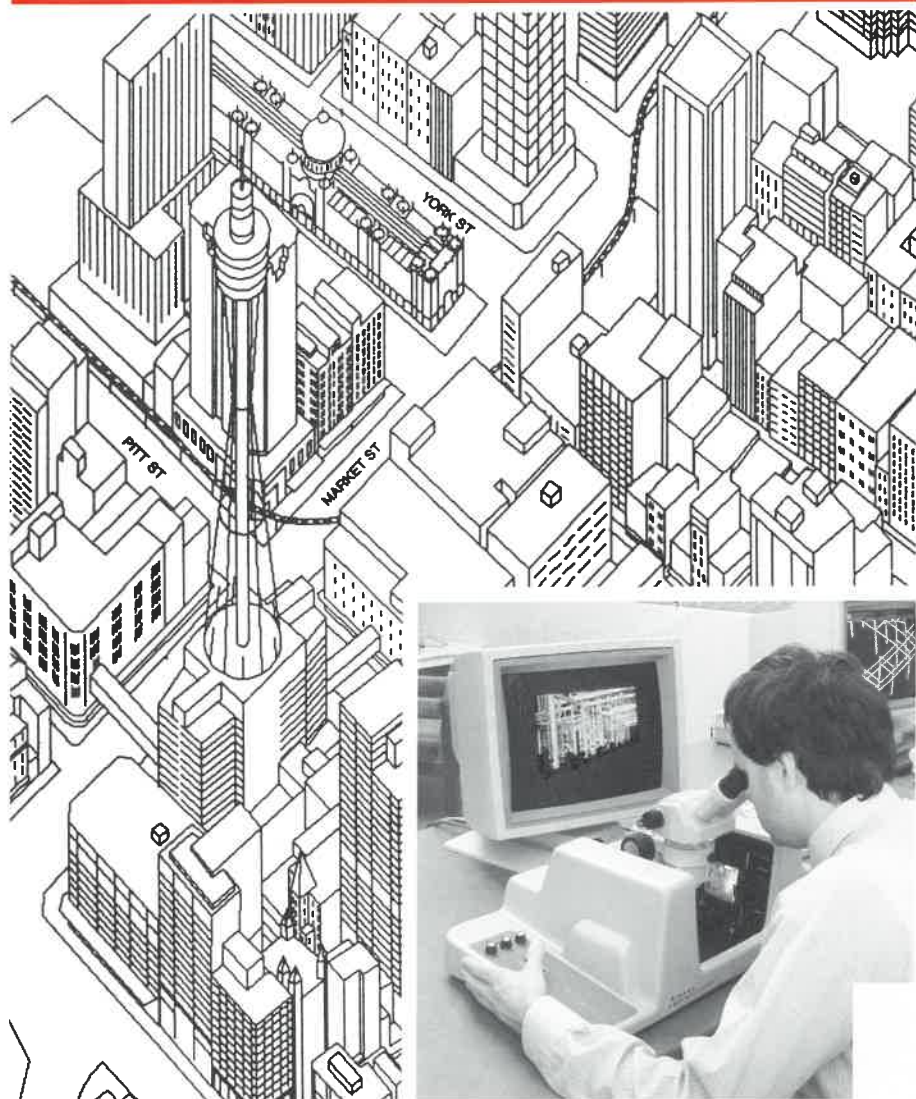
Dans le présent cas : $n = 4$ $p = 0$ $r = 6$

La règle $r = n + 2$ est encore valable ici.

Du nouveau en photogrammétrie

L'acquisition de données en trois dimensions (3D) c'est facile avec le stéréorestituteur analytique MPS-2 (ADAM Technology)

TRANSPORTABLE – SIMPLE – FACILE D'EMPLOI



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

MANIABILITE – PERFORMANCE – SIMPLICITE

AUTRE MODELE

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



DE NOMBREUSES APPLICATIONS :

- 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...



MESURES & SYSTEMES

6, Rue des Jardins. 60500 CHANTILLY - FRANCE.
Tél. : 44 57 27 97. Fax : 44 57 46 58. Telex : MESYST 150153 F



À DECOUPER
et à retourner à MESURES & SYSTEMES
6, Rue des Jardins 60500 CHANTILLY
Sans engagement de ma part, veuillez m'adresser
votre documentation concernant le stéréorestituteur

☐ MPS-2 ☐ ASP 2000

Nom _____

Adresse _____

Ville _____

Code postal _____

Tél. _____

2.2 Cas général des cheminements de relèvements multiples, avec embranchements

Les cheminements de relèvements multiples avec embranchements sont constitués de plusieurs branches.

Chaque branche élémentaire est un cheminement simple de relèvement multiple doté, en sa station extrême, de deux visées de relèvement. Les branches élémentaires sont attachées entre elles à un point de jonction qui, par hypothèse, est dépourvu de visée de relèvement.

2.2.1 Cas d'un seul embranchement

Dans le cas le plus simple, la configuration ne comporte qu'un embranchement en un seul point de jonction.

La résolution itérative de chacune des trois branches, à partir de leurs stations d'extrémité où ont été observées deux visées de relèvement, jusqu'au point de jonction, dotera celui-ci de 3 visées fictives de relèvement sur les derniers points fictifs de chacune des 3 branches. On voit ici que toute visée réelle de relèvement, observée au point de jonction, n'est pas nécessaire sinon superflue.

Le nombre r de visées de relèvement nécessaires pour chaque branche élémentaire de n stations est :

$$r_1 = n_1 + 1 \quad r_2 = n_2 + 1 \quad r_3 = n_3 + 1$$

Pour l'ensemble des 3 branches :

$$r = r_1 + r_2 + r_3$$

$$n = n_1 + n_2 + n_3 + 1 \text{ (point de jonction)}$$

Ainsi, comme pour les cheminements simples :

$$r = n_1 + n_2 + n_3 + 3$$

d'où

$$r = n + 2$$

2.2.2 Cas de plusieurs embranchements

S'il y a plusieurs embranchements, la même résolution itérative réduira, en chaque point de jonction, une branche élémentaire à une visée fictive de relèvement sur un point fictif.

On se trouvera alors en présence d'un cheminement progressivement de plus en plus dépouillé pour aboutir à un relèvement sur 3 points fictifs.

Le nombre de visées de relèvement observées nécessaires est toujours $r = n + 2$

3. CHEMINEMENTS DE RELEVEMENTS MULTIPLES FORMANT UNE OU PLUSIEURS BOUCLES INDÉPENDANTES

Appelons "boucle" un cheminement de relèvements multiples se refermant en un de ses sommets et formant ainsi un polygone fermé. La configuration la plus simple est évidemment trois stations en triangle.

3.1 Relèvement triple en triangle

Soit 3 points stationnés MN et P formant un triangle, les visées réciproques entre stations étant observées.

En ces trois points, quatre visées de relèvement sur 4 points connus A B C D ont été observées.

En M visées sur A et B ainsi que sur N et P
N visées sur C ainsi que sur M et P
P visées sur D ainsi que sur M et N

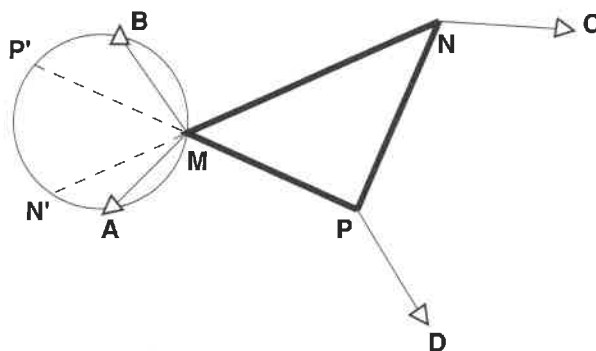
Notons que si les 6 visées internes ont été observées, l'une d'entre elles est redondante et peut à la rigueur manquer (on dit aussi angle conclu).

On note que pour ce relèvement triple en triangle : $n = 3$ $p = 1$ $r = 4$

Trois résolutions sont à notre disposition :

3.1.1. Première résolution

La détermination des points fictifs de relèvements N' et P' par intersection à partir de A et B montre la solution.



La figure se ramène à un relèvement double (cas 1.1) où les stations N et P sont relevées respectivement sur les points C et N' , et sur D et P'

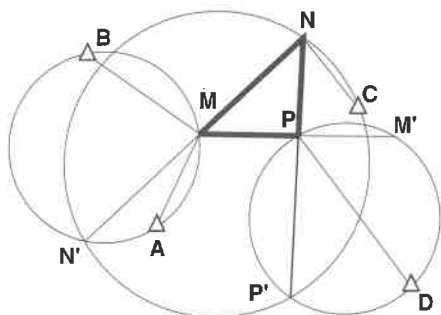
3.1.2 Deuxième résolution (solution itérative)

Tout comme dans un cheminement simple de relèvement on détermine successivement :

- le point fictif N' sur MN par intersection de A et B
- puis le point fictif P' sur NP par intersection de C et N'

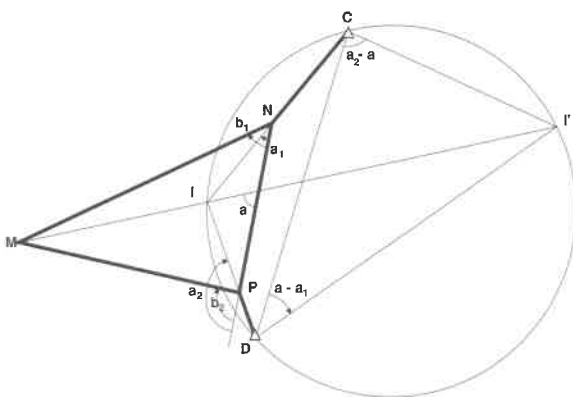
•enfin le point fictif M' sur PM par intersection de D et P'

Le point M se trouve ainsi relevé sur les trois points A B et M'.



3.1.3 Troisième résolution

Cette résolution est un peu plus complexe mais ouvre d'intéressantes possibilités.



On considère d'abord le point I, intersection des visées de relèvement NC et PD.

Dans le quadrilatère MNIP, les angles a_1 , b_1 , a_2 , b_2 que font respectivement les quatre côtés NI, NM, PI, PM avec la diagonale NP, ont été observés et sont donc connus. Le quadrilatère est dit indéformable et l'angle "a" des deux diagonales que fait MI avec NP est calculable par la formule dite des Cotangentes (1)

$$\cotan a = \frac{\cotan a_1 \times \cotan b_2 - \cotan b_1 \times \cotan a_2}{\cotan a_1 + \cotan b_2 - \cotan b_1 - \cotan a_2}$$

Le point I peut ainsi être assimilé à une station fictive de relèvement, visant les points connus C et D ainsi que le point M et recevant une visée de ce point M : la lecture fictive LMI de la station M sur le point I sera calculée grâce à l'angle "a", à 200 grades près :

$$L_{MI} = L_{MN} + L_{NP} - L_{NN} + a$$

ou aussi $L_{MI} = L_{MP} + L_{PN} - L_{PM} + a$

Les stations N et P d'une boucle triangulaire ayant chacune une visée de relèvement peuvent donc être remplacées par une station fictive unique I à deux visées de relèvement. La résolution se poursuivra ensuite par la détermination habituelle du point fictif de relèvement I', sur la droite MI, par intersection à partir des points connus C et D.

On notera que jusqu'à ce stade de la résolution, les visées de relèvement MA et MB n'ont joué aucun rôle.

Le point M se trouve ainsi relevé sur les trois points AB et I'.

3.2 Relèvement multiple en polygonale fermée

Soit n points stationnés formant une polygonale fermée, les visées réciproques entre station étant observées.

En ces n points, n + 1 visées de relèvement ont été observées : 2 en un point, et une en tous les autres points.

Notons que si les 2n visées internes ont été observées, l'une d'entre elles est redondante et peut à la rigueur manquer.

La résolution est une extension itérative de la deuxième résolution 3.1.2 du relèvement triple en triangle.

En partant du point qui bénéficie de deux visées de relèvement où on détermine leur premier point fictif de relèvement, on déterminera de proche en proche les points fictifs successifs jusqu'à revenir à la station de départ qui se trouve ainsi dotée d'une troisième visée de relèvement sur le nième point fictif.

On note que pour cette configuration : $p = 1$ et $r = n + 1$. On remarque que par rapport à la configuration en cheminement simple où $r = n + 2$, la fermeture en boucle fait "économiser" une visée de relèvement.

Dans le cas général du relèvement multiple en polygonale fermée, le nombre de visées de relèvement nécessaires peut s'établir par un raisonnement analogue à celui utilisé ci-dessus dans le cas des cheminements simples (1.4).

Pour résoudre un système de n points, comportant chacun 3 éléments inconnus - les 2 coordonnées X et Y et l'orientation G0 du tour d'horizon - il est nécessaire de disposer d'au moins 3n équations d'observation, c'est-à-dire de 3n visées indépendantes observées.

Or, entre les n points de la polygonale fermée, il y a n côtés de cheminement donc 2n visées internes observées.

Il y a lieu toutefois de considérer qu'une visée peut être conclue (fermeture du polygone) d'où seulement $2n - 1$ équations indépendantes. Il faudra donc observer $3n - (2n - 1)$ soit $n + 1$ visées de relèvement.

On voit que le nombre de visées de relèvement nécessaires est inférieur d'une unité à ce qu'il aurait été en cheminement simple.

Bien entendu, chaque fermeture supplémentaire en boucle va permettre "d'économiser" une visée de relèvement.

Pour une configuration comportant p polygones fermés indépendants, il suffira d'observer :

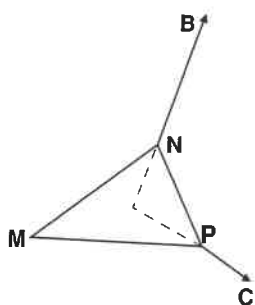
$n + 1 - (p - 1)$ soit $n + 2 - p$ visées de relèvement
 $r = n + 2 - p$

3.3 Configuration de relèvement présentant plusieurs boucles

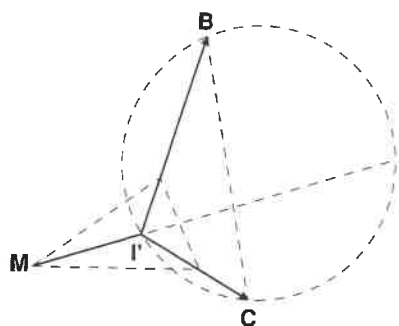
Nous avons mis en évidence - ci-dessus en 3.1.3. - que, dans une boucle triangulaire MNP, l'ensemble des deux stations N et P n'ayant chacune qu'une visée de relèvement respectivement sur B et sur C et que nous appellerons "doublet", équivaut à une station fictive unique I de relèvement à deux visées IB et IC et donc à une visée de relèvement unique émise du point M sur un point de relèvement fictif I' :

Les trois dispositions suivantes sont équivalentes :

a) doublet



b) station fictive de relèvement sur deux points



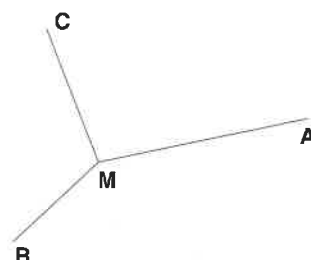
c) visée sur un point de relèvement fictif



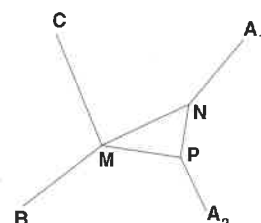
Réciproquement, dans toutes les configurations aperçues jusqu'à maintenant, là où en une station une visée était émise, on peut lui substituer un "doublet" constitué de deux visées sur 2 points de station supplémentaires où est émise en chacun d'eux une visée de relèvement sur un point connu.

Exemple : En partant du relèvement simple d'une station unique sur trois points connus, on peut remplacer une, deux, ou même les trois visées de relèvement par des doublets.

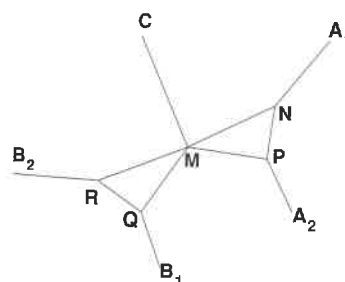
Relèvement simple sur 3 points
 $n = 1$ $p = 0$ $r = 3$



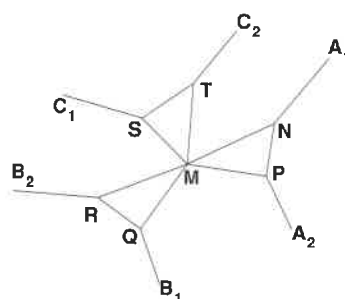
Relèvement triple sur 4 points (cas étudié en 3.1)
 $n = 3$ $p = 1$ $r = 4$



Relèvement de 5 stations sur 5 points
 $n = 5$ $p = 2$ $r = 5$



Relèvement de 7 stations sur 6 points (2)
 $n = 7$ $p = 3$ $r = 6$





Cercle de Gambey qui servit à la mensuration du méridien terrestre et portant sur son piétement l'indication
"Dépôt de la guerre" n° 9 - 1823"

**Instruments scientifiques, objets de marine, haute curiosité
ACHAT VENTE ECHANGE DE TOUS INSTRUMENTS ANCIENS DE GEOMETRE**

ETS DIEUTEGARD

LA FILLE DU PIRATE

Tél. 42.93.42.01

LE LOUVRE DES ANTIQUAIRES
2, place du Palais-Royal, Paris 1^{er}
(1, allée Weisweiler, sur rue St-Honoré)
Tél. 42.60.20.30

AUX ARMES DE FURSTEMBERG
1, rue Furstemberg
(angle 3, rue Jacob) Paris 6^e
Tél. 43.29.79.51

PROMENADE DES ANTIQUAIRES
7, promenade des Anglais
(sur rue Masséna) 06 NICE
Tél. 93.82.00.02

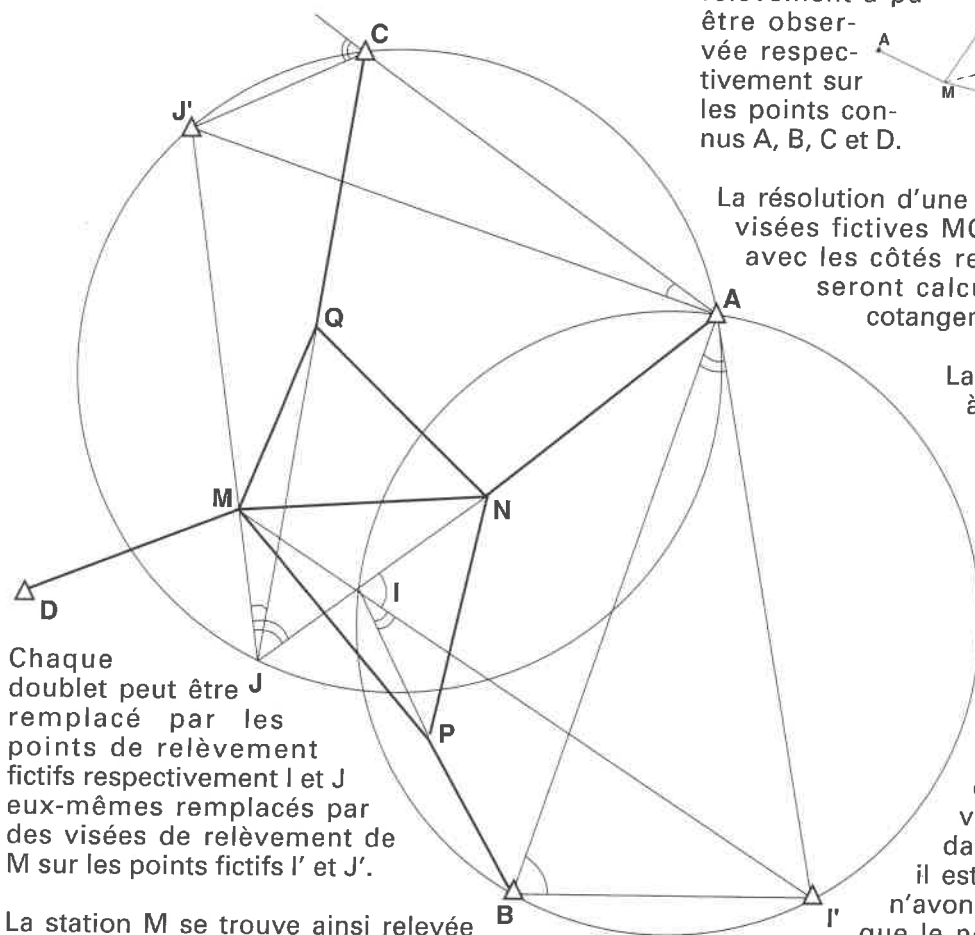
3.4. Relèvement de configurations indéformables

Une configuration indéformable est une figure définie à une similitude près (translation + rotation + mise à l'échelle).

La configuration indéformable la plus simple est formée de deux triangles accolés par un côté. C'est un quadrilatère indéformable MNPO où en chaque sommet est émise une visée de relèvement.

On considère les 2 doublets

- MNP avec les visées de relèvement NA et PB
- MNQ avec les visées de relèvement NA et QC



Chaque doublet peut être J remplacé par les points de relèvement fictifs respectivement I et J eux-mêmes remplacés par des visées de relèvement de M sur les points fictifs I' et J'.

La station M se trouve ainsi relevée sur les 3 points DI'J.

Cette configuration est la plus simple des chaînes de triangulation, formée de deux triangles accolés.

On peut généraliser cette résolution au cas de toute figure indéformable : chaîne de triangles juxtaposés.

Si p est le nombre de triangles (polygones indépendants) et n le nombre de sommets, il est facile de voir que :

$$p = n - 2$$

En portant cette valeur dans la relation générale

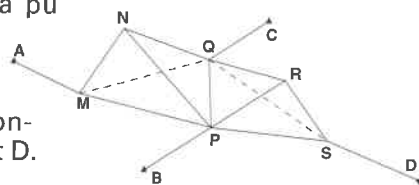
$$r = n + 2 - p$$

on trouve
 $r = n + 2 - (n - 2)$
 d'où

$$r = 4$$

Le relèvement, et donc le rattachement, d'une figure indéformable, une triangulation locale par exemple, sur un réseau géodésique, nécessite donc toujours quatre visées de relèvement mais quatre seulement quelle que soit sa complexité, qui permettent de fixer les 4 degrés de liberté d'une similitude.

Exemple : Soit une chaîne de 4 triangles accolés donc à 6 sommets stationnés M, N, P, Q, R, S, où en 4 sommets M, P, Q, et S, une visée de relèvement a pu être observée respectivement sur les points connus A, B, C et D.



La résolution d'une telle figure passe par les visées fictives MQ et QS dont les angles avec les côtés respectivement NP et PR seront calculés par la formule des cotangentes.

La configuration se ramène à la résolution du quadrilatère indéformable MPQS doté, en chacun de ses sommets, d'une visée de relèvement.

Tout ceci peut sembler un peu théorique au premier abord, et nombre de lecteurs trouveront quelque peu téméraire de n'envisager ici que des configurations dépourvues de visées surabondantes. C'est certain, mais il est bien entendu que nous n'avons étudié dans chaque cas que le nombre nécessaire donc minimum de visées de relèvement. Il est toujours loisible, si les lieux s'y prêtent, d'observer des visées de relèvement supplémentaires. Mais alors, dans nombre de cas, la configuration pourra se décomposer en figures élémentaires plus restreintes. En espérant que vous n'aurez eu rien contre ce travail de réflexion et qu'il ne vous aura pas fait perdre trop de temps.

Bibliographie : Théorie et Pratique des relèvements multiples par l'Ingénieur Géographe P. Richarme (Publications techniques de l'Institut Géographique National Paris - 1956)

(1) XYZ n° 50 de janvier 1992. Défense et illustration de la cotangente : formule 4. ; (2) Cette configuration a fait l'objet du problème 3/91 posé dans XYZ n° 49 d'octobre 1991.

RÉCRÉATIONS MATHÉMATIQUES

*par Michel Sautreau
et
Robert VINCENT*

PROBLEME N° 2/92 (MICHEL SAUTREAU)

Un propriétaire possède une parcelle ayant la forme d'un triangle quelconque ABC. Il demande à un géomètre de poser deux bornes, l'une en B' sur le côté AB, l'autre en C' sur le côté AC, de telle sorte que les longueurs BB', B'C' et C'C soient égales.

Saurez-vous construire, géométriquement, la position des points B' et C' ?

PROBLEME N° 3/92 (Robert VINCENT)

Le problème des deux polytechniciens.

Deux polytechniciens ne se sont pas revus depuis la sortie de l'Ecole. Ils ont moins de quarante ans cependant et ont le même âge. Ils se retrouvent fortuitement sur le trottoir par une belle journée. La conversation s'engage et ils n'ont rien perdu de leur vivacité d'esprit, vous allez en juger !

- **Le premier** : Que deviens-tu ?
- **Le second** : Je suis marié et j'ai trois enfants.
- **Le premier** : Bravo et quel âge ont tes enfants ?
- **Le second** : Oh ! c'est simple, il te suffit de savoir que la somme de leur âge est égale au numéro de la maison d'en face et que le produit est égal à notre âge.
- **Le premier** : (l'oeil rivé sur le numéro d'en face le temps d'un soupir) Mille regrets mais cela ne me suffit pas.
- **Le second** : Mille excuses, tu as parfaitement raison ; j'ajouterai donc que mon aînée aime la tarte à la crème.
- **Le premier** : Eh bien cette fois ta réponse me convient et encore bravo et mes compliments.

Et vous cher lecteur qui ne connaissez ni l'âge des polytechniciens ni le numéro de la maison d'en face, ayez la satisfaction de vous prouver que vous êtes au moins aussi perspicace en découvrant l'âge des trois enfants.

SOLUTION DU PROBLEME IMPOSSIBLE (N° 1/92)

Soit E l'ensemble des entiers de 2 à 23 (inclus) parmi lequel les deux nombres ont été choisis. Les sommes S formées par l'addition de deux nombres quelconques de E appartiennent à l'ensemble des entiers successifs de 5 à 45 inclus.

En fait, les valeurs 5, 6, 44 et 45 sont à éliminer car elles correspondent à un couple unique de E ($5 = 2 + 3$; $6 = 2 + 4$; $44 = 21 + 23$; $45 = 22 + 23$) ; par suite, si S avait été égal à l'une de ces quatre valeurs, le géomètre suisse (qui détient S) aurait immédiatement trouvé les deux nombres choisis. L'ensemble (S) des sommes possibles est donc :

$$(S) = (7, 8, 9, \dots, 42, 43).$$

Cela étant, quand le topographe suisse affirme qu'il ne voit aucune méthode permettant à son confrère polonais (qui détient le produit P) de déterminer sans ambiguïté sa somme, cela indique que S ne peut en aucun cas être obtenue par l'addition de deux nombres premiers de l'ensemble E.

Pour le montrer, supposons par exemple que $S = 20$. Parmi tous les couples (a, b) tels que $S = a + b = 20$, existe le couple de nombres premiers $a = 7, b = 13$. Si ce sont ces deux nombres qui ont été choisis initialement - hypothèse que le détenteur de la somme ne peut écarter a priori - celui qui connaît leur produit ($P = 91$) est en mesure de les trouver immédiatement (par une simple décomposition en facteurs), donc de connaître la somme S . L'affirmation du géomètre suisse est alors non fondée.

En revanche, cette affirmation prend toute sa valeur si $S = 17$ car aucun couple (a, b) de nombres premiers ne permet de reconstituer cette somme.

Ainsi, après la première phrase du dialogue entre les deux topographes, on peut éliminer de l'ensemble (S) des sommes possibles toutes celles qui peuvent être obtenues par addition de deux nombres premiers. Ces nombres sont, dans l'ensemble $E : 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19$ et 23 . Leurs combinaisons deux à deux fournissent 24 sommes différentes ($7, 8, 9, 10, 12, \dots, 40, 42$) à exclure de l'ensemble (S) . Après cette opération, il ne reste que 13 sommes possibles :

11, 17, 23, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 38, 39, 41, 43.

C'est à cette conclusion qu'arrive le topographe polonais et qu'il traduit par sa réflexion : "Vous venez de me donner une indication précieuse". Malgré cela, il avoue ne pas pouvoir déterminer la somme détenue par son collègue. Cette impossibilité s'explique comme suit.

Considérons tous les couples (a, b) de l'ensemble E tels que $(a+b)$ soit égal à l'une des 13 sommes possibles énumérées ci-dessus et formons tous les produits ab correspondants (v. tableau A). Deux cas peuvent alors se présenter :

- ab ne peut être obtenu qu'à partir d'un couple unique (a, b) ; dans cette éventualité, connaissant le produit ab on détermine sans ambiguïté les nombres a et b , donc leur somme ; par exemple (v. tableau A), si $P = 52, S = 4+13 = 17$; si $P = 162, S = 8+19 = 27$; etc.
- Plusieurs couples (a, b) , correspondant à des sommes possibles distinctes, conduisent au même produit ab ; dans ce cas la connaissance du produit ne permet pas de déterminer le couple dont il est issu, donc la somme correspondante (Exemple : Si $P = 126$, ce résultat peut être obtenu par le couple $(9,14)$ dont la somme est 23 ou par le couple $(6, 21)$ dont la somme est 27).

La réponse du topographe polonais indique qu'il se trouve dans cette seconde hypothèse. Pour son confrère suisse, cette réponse fournit les seuls produits possibles, à savoir ceux qui correspondent à plusieurs sommes. Ces produits sont les suivants (v. tableau A) :

- $P = 30 : S = 11$ ou 17 - $P = 42 : S = 17$ ou 23 - $P = 60 : S = 17$ ou 23 - $P = 126 : S = 23$ ou 27
- $P = 180 : S = 27$ ou 29 - $P = 198 : S = 29$ ou 31 - $P = 210 : S = 29$ ou 31

Parmi la liste ci-dessus, seule la somme 11 n'intervient qu'une seule fois. C'est donc cette somme que détient le topographe suisse, ce qui lui permet d'affirmer qu'il connaît le produit P ; s'il avait eu une autre somme, il n'aurait pu en effet se prononcer sans ambiguïté sur la valeur de ce produit (pour $S = 17$, par exemple, trois produits sont également possibles : $P = 30, 42$ ou 60).

En définitive, les nombres choisis étaient 5 et 6 correspondant à une somme égale à 11 et à un produit égal à 30.

Tableau A

Pour chaque somme possible sont indiqués les couples de nombres donnant cette somme ainsi que les produits correspondants

S = 11	S = 17	S = 23	S = 27	S = 29	S = 31
2,9 18	2,15 30	2,21 42	4,23 92	6,23 138	8,23 184
3,8 24	3,14 42	3,20 60	5,22 110	7,22 154	9,22 198
4,7 28	4,13 52	4,19 76	6,21 126	8,21 168	10,21 210
5,6 30	5,12 60	5,18 90	7,20 140	9,20 180	11,20 220
	6,11 66	6,17 102	8,19 152	10,19 190	12,19 228
	7,10 70	7,16 112	9,18 162	11,18 198	13,18 234
	8,9 72	8,15 120	10,17 170	12,17 204	14,17 238
		9,14 126	11,16 176	13,16 208	15,16 240
		10,13 130	12,15 180	14,15 210	
		11,12 132	13,14 182		

Nota : pour les autres sommes possibles ($S = 33, 35, 37, 38, 39, 41$ et 43) les décompositions analogues à celles faites ci-dessus conduisent toutes à des produits différents.

du terrain, à la base
de données urbaines.



LIAISON AVEC LES PRINCIPAUX
LOGICIELS DE TOPOGRAPHIE

SYSTEME D'INFORMATIONS
GEOGRAPHIQUES
LIAISON AVEC
UN SGBD EXTERNE



AUTOCAD

CONSTRUCTIONS
GEOMETRIQUES
ETENDUES

DIGITALISATION
AVEC COMPENSATION
AUTOMATIQUE SELON
LA METHODE D'HELMERT

CREATION
D'UN MODELE
NUMERIQUE DE TERRAIN

PROFILS EN LONG,
PROFILS EN TRAVERS
COURBES DE NIVEAU

Le savoir-faire d'une équipe d'Ingénieurs spécialisée
depuis quatre années dans les domaines de la topogra-
phie et de la gestion de bases de données géographiques.

CONTACT : M. CHRISTIAN LE GAC - SEDASIS INFORMATIQUE - 98 41 70 90

 **SEDASIS**
INFORMATIQUE
— A l'écoute de demain —



BREST - Siège social
14, rue de Maupertuis
ZI de Kergonan
29601 BREST CEDEX
Tél. : 98 41 70 90
Fax : 98 41 66 33

RENNES
Parc Brocéliande, B1
Route de Melesse - B.P. 93
35762 SAINT-GREGOIRE CEDEX
Tél. : 99 68 89 79
Fax : 99 68 73 36

PARIS
7, Centrale Parc
Avenue Sully-Prud'homme
92298 CHATENAY-MALABRY CEDEX
Tél. : 1 46 60 03 75
Fax : 1 46 60 31 80

SOLUTION DU PROBLEME N° 3/91

Pour la compréhension du raisonnement, on pourra se reporter avec profit aux deux "causeries topographiques" :

a) "Défense et Illustration de la Cotangente" parue dans XYZ n° 50 et notamment :

- Intersection à 2 visées, à partir de 2 stations et des angles à la base
- Détermination d'un point fictif dans un relèvement
- Angle des deux diagonales d'un quadrilatère indéformable

b) "Quelques considérations, sur les relèvements multiples" parue dans le présent n° 51 de XYZ

- Chapitre 3 et notamment paragraphes 3.1.3 et 3.3

Méthodologie

La résolution du problème est un cas particulier des relèvements multiples. La station centrale ne peut se relever sur aucun point connu ; mais, par groupe de deux, les stations périphériques liées entre-elles par une visée réciproque, se relevant chacune sur un point connu, forment des "doublets" qui permettent de calculer trois points d'appui fictifs, et les lectures fictives qui auraient été observées sur ces points dans le tour d'horizon au point central. La position de ce point central sera ainsi déterminée par un relèvement sur trois points fictifs.

Après avoir appelés I, J, K les points situés respectivement à l'intersection des visées (ou de leur prolongement) NA et PB, QB et RC, SC et TA :

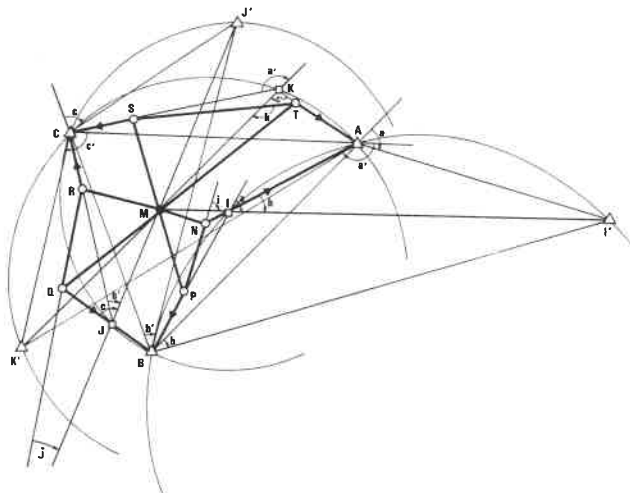
1° On considère les 3 quadrilatères MNPI, MQRJ et MSTK. Ils sont dits "indéformables" car les angles de leur quatre cotés respectivement avec les diagonales NP, QR et ST sont donnés. On peut donc calculer les angles i, j, k que font entre-elles les deux diagonales de chacun de ces trois quadrilatères par la formule (4) de la causerie "Défense et Illustration de la Cotangente"

2° On en déduira les lectures L_{mi} , L_{mj} , L_{mk} que l'on aurait pu faire dans le tour d'horizon en M sur les points I, J et K.

3° Les points I, J et K peuvent être considérées comme des stations fictives de relèvement avec, en chacune, une visée sur M et deux autres visées, respectivement sur les points connus A et B, B et C, C et A. Les angles a et b , b' et c , c' et a' que font ces visées avec les visées sur M seront déduits des angles i, j, k et des angles observés des tours d'horizon en N, P, Q, R, S, T.

4° On considère les points fictifs de relèvements I', J', K' sur les droites MI, MJ, MK respectivement, à l'intersection des cercles passant par les points ABI, BCJ, CAK. Les coordonnées de ces points I' J' K' sont calculables par intersection à deux visées, à partir des points connus respectivement A et B, B et C, C et A et des angles à la base a et b , b' et c , c' et a' par la formule (1) de la causerie "Défense et Illustration de la Cotangente".

5° Le point M est ainsi calculable, en tant que relèvement sur trois points fictifs I' J' et K' maintenant connus, par les trois lectures : L_{mi} , L_{mj} et L_{mk} ajoutées au tour d'horizon observé en M. Il est bon de remarquer que les formules utilisées ne comprenant que des cotangentes, les angles comme les lectures des tours d'horizon n'ont besoin d'être définis qu'à 200 grades près.



Résolution numérique (en grades)

1°	i	=	77,5443
	j	=	4,0250
	k	=	156,0179
2°	Lmi	=	376,8759
	Lmj	=	300,3704
	Lmk	=	130,9913
3°	a	=	59,7259
	b	=	27,2068
	b	=	35,1246
	c	=	78,6610
	c	=	112,5436
	a'	=	161,9950
4°		X	Y
	I'	6 799,43	3 235,71
	J'	2 713,36	5 152,80
	K'	423,04	1 471,40
5°	M	2 000,00	3 000,00
	Gom	= 120,0000	

Quatre bonnes réponses à la solution géométrique nous sont parvenues :

- Jean-Michel JOSEPH (AFT n° 210) à Boulogne-sur-Mer
- Laurent SALOMON à Versailles
- Pierre PLANQUES à IGN Saint-Mandé
- Alain BARNIER à Marseille

Monsieur JOSEPH a, de plus, fourni un résultat numérique exact :

Exerçant ses talents à Eurotunnel, son brillant résultat nous explique la qualité des travaux topographique qui ont assuré la réussite parfaite du percement sous la Manche !

Une cinquième réponse, celle de M. J.R. LEAUTHAUD (ENSG Saint-Mandé) présente un résultat numérique exact mais le problème a été résolu par les moindres carrés.

Bravo à tous.

REPERTOIRE DES ANNONCEURS - N° 51

LEICA	2° CV	LE PONT	39
SIRAP	4	TOPOSAT	43
NISSAN	6	FOGALE NANOTECH	44
SERCEL	10	REPRO-CONCEPT	46
CORALIS	11	LART	46
TRANSEL	11	SLOM-ESSILOR	50
CARL-ZEISS	14	GEOTRONICS	54
ROLLEIMETRIC	22	SETAM-INFORM	55
IETI	29	AERIAL	74
APEI	32	MESURES ET SYST.	78
GEOID	34	DIEUTEGARD	82
BURNAT	36	SEDASIS	86
DIAL-INFORM.	38	SOKKISHA	3° CV
SITES	38	TOPO-CENTER	4° CV