

# xyz

*Revue  
de l'Association  
Française  
de Topographie*



# Wild Geomap – un pas de géant sur la voie du dessin automatique



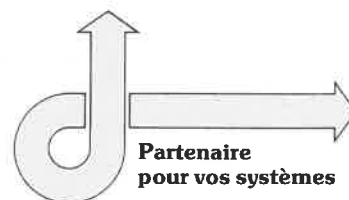
La représentation exacte sur un plan du terrain naturel et de tout ce qui a été construit de la main de l'homme nécessite un travail long et minutieux.

Avec le Geomap, Wild Heerbrugg a développé un système exécutant de façon enchaînée les différentes tâches conduisant du lever de terrain à l'exécution du plan final, avec un degré d'automatisation jamais atteint sur un micro-ordinateur. Grâce à un véritable système de gestion de base de données, l'utilisateur du Geomap domine sans difficultés les diverses tâches qui peuvent lui être confiées et les exécute avec commodité, précision et rapidité. Le Geomap est

très flexible et s'adapte intelligemment aux instruments déjà disponibles pour exécuter l'ensemble des tâches de saisie, transfert, traitement et édition des données graphiques.

Une documentation complète vous sera adressée sur demande. ■

Edition interactive sur l'écran graphique du Geomap. Pour faciliter la tâche de l'opérateur, le mode d'emploi des fonctions activées apparaît sur l'écran alphanumérique.



Ph 65-83

**Wild + Leitz France**

86, av. du 18 juin 1940 · Boîte Postale 326 · 92506 Rueil-Malmaison Cedex

**WILD  
HEERBRUGG**

**COUVERTURE**

Le satellite SPOT, dont le premier exemplaire sera lancé par ARIANE en 1984 ouvrira une ère nouvelle dans le domaine cartographique. Les articles de R. GENTY et P. GAUBERT vous éclaireront sur quelques aspects des possibilités des satellites en matière de topographie

**TRIMESTRIEL**

Le numéro : 80 F  
L'abonnement d'un an  
(4 numéros) : 300 F

Secrétariat de l'AFT  
et Rédaction XYZ  
39 ter, rue Gay-Lussac  
75005 PARIS  
Tél. : (1) 354.19.21 pte 310  
Ouverts les mardi et vendredi  
de 10 h à 12 h

**Comité de lecture****PRÉSIDENT**

Robert VINCENT

**RAPPORTEUR**

Jean PUYCOUYOL

**MEMBRES**

André BAILLY

Ingénieur ETP

Jean COMBE

Ingénieur ESGT

Guy DUCHER

Ingénieur en Chef Géographe

Jean-Jacques LEVALLOIS

Ingénieur Général Géographe

Roger SCHAFFNER

Géomètre DPLG

Bernard SCHRUMPF

Ingénieur en Chef  
de l'Armement**DIRECTEUR DE LA PUBLICATION**

Jean PUYCOUYOL

**MAQUETTE**

Muriel PEYRONNET

**IMPRIMERIE MODERNE**U.S.H.A.  
AURILLAC 15001

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.

# sommaire

**Rencontre AFT - SICOB 1982**

- Les satellites héliosynchrones type SPOT  
par R. GENTY ..... 4

**Tribune des Constructeurs**

- Positionnement par satellite : les systèmes MAGNAVOX  
par P. GAUBERT ..... 10
- Nouveautés techniques : une platine à mouvement  
horizontal et vertical par A. GUIRAND ..... 17

**Gazette de l'AFT**

- Calendrier ..... 18
- Colloque de Lille ..... 20
- Nouveaux adhérents - Le 1 000<sup>e</sup> adhérent ..... 25
- Nouvelles des commissions ..... 25
- Lu pour vous ..... 26
- Emploi ..... 19
- La définition du mètre  
par A. BOUCHAREINE ..... 29

**Le coin de l'aventure**

- Oh KERRATA  
par R. SCHAFFNER ..... 36

# Qui est Robert GENTY ?

Né à Nantes, Robert GENTY est Docteur es Sciences (Doctorat d'État, ingénieur de l'école Supérieure d'Électricité, diplômé de l'école libre des Sciences Politiques, membre titulaire de l'Académie de Marine et de l'Académie des Sciences d'Outre-Mer, membre correspondant de l'Académie Internationale d'Astronautique.

Juge unique mondial des records de l'Espace.



Apparemment très diversifiée, sa carrière scientifique présente un caractère d'unité fondée sur l'étude, le développement et la pratique de la navigation sous toutes ses formes. Il enseigne la Mécanique spatiale dans de nombreuses Écoles Supérieures. Ses articles et ses conférences sur l'espace, la mécanique et la navigation ont remporté un succès considérable en France et à l'étranger.

Ses travaux sur le cosmos l'ont conduit à de profondes réflexions quant à la construction de l'Univers et son évolution, réflexions qui sont à la base de son ouvrage "Univers Spinorel ou Dieu Mécanicien", édition Cerdicim, et prolongent incontestablement la pensée du Révérend Père TEILHARD de CHARDIN dont il est véritablement imprégné.

A. BAILLY

## Satellite héliosynchrone type SPOT

et ses applications géophysiques, géodésiques et topographiques

Par M. Robert GENTY,  
Professeur de mécanique spatiale  
à l'ENST  
Juge unique mondial des  
records de l'espace

(Conférence faite le 23 septembre 1982 devant l'association française de topographie).

Dès l'avènement de l'ère spatiale les savants conçurent le projet d'utiliser les satellites artificiels à des mesures géodésiques. C'est qu'en effet les satellites volent relativement haut, à plusieurs centaines voir plusieurs milliers de kilomètres, permettant d'être vus simultanément de lieux très éloignés comme les côtes "Est" et "Ouest" de l'Atlantique par exemple.

On peut, au principal, distinguer trois méthodes d'emploi des satellites artificiels en matière de géodésie.

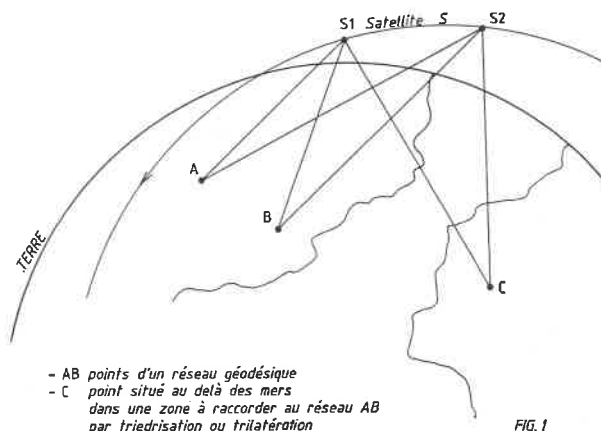
### a) TRIÉDRISATION

La triangulation est un procédé plan en première approximation. Mais si l'un des points visés se trouve à quelques centaines de kilomètres d'altitude, les constructions géométriques affectent 3 dimensions et non plus 2 seulement. Le volume défini par le satellite artificiel et les stations géodésiques à terre servant de points de base est donc un polyèdre, et dans le cas général un trièdre. Sa détermination porte le nom de triédration. On comprend que des observations simultanées d'un même satellite artificiel S en  $S_1$  et  $S_2$  à partir de 2 points géodésiques A et B ainsi qu'un 3<sup>e</sup> point C permettent de rattacher, par triédration,

le point C au réseau géodésique de A et B. (fig. 1).

### b) TRILATÉRATION

A partir du même schéma, il est possible de placer le point C dans le système géodésique de A et B par le procédé de trilatération. Il suffit de mesurer les distances qui séparent C des diverses positions du satellite, lui-même repéré de la même façon par rapport aux points A et B (fig. 1)



### c) DISPOSITIF DOPPLER

Si le satellite est le siège d'une émission radioélectrique, il est clair que la fréquence apparente de cette émission pour un observateur donné, en C par exemple, varie en fonction de la vitesse de rapprochement du satellite. Or cette vitesse de rapprochement passe par un minimum en  $S_0$  au moment où le satellite commence à s'éloigner de C après s'en être rapproché (fig. 2).

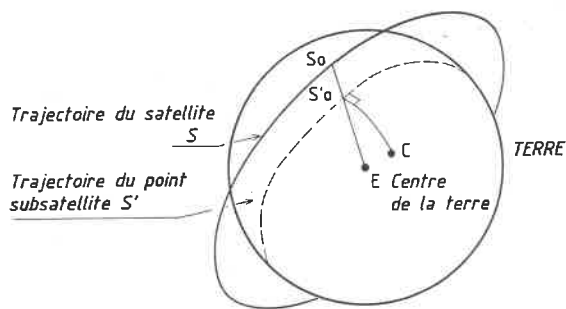


FIG. 2

De cette mesure, on peut déterminer la position du grand cercle passant par C et perpendiculaire à la ligne subsatellite  $CS_0$  à la surface de la Terre. La ligne subsatellite est elle-même définie à partir de critères géodésiques et le grand cercle précité constitue un lieu géométrique du point C. Plusieurs mesures de référence pour le même point C donnent sa position par rapport au système géodésique de base.

Au surplus ces remarques correspondent à des situations acquises.

a) Le procédé de triédrisation a été mis en œuvre avec l'un des premiers satellites placés sur orbite, Echo 1 lancé le 12.08.60 par les américains. Son inclinaison orbitale valait  $i = 47^\circ 22'$ . Les altitudes au péri-gée et à l'apogée étaient respectivement 1 524 km et 1 685 km (que nous représenterons par la fraction 1 524/1 685 km). Les observations effectuées à l'aide de ce satellite ont permis d'établir la jonction géodésique entre la France et l'Afrique du Nord.

b) La trilatération a fait l'objet d'une expérimentation fructueuse du satellite français Starlette dûment équipé à cette fin et lancé le 06.02.75 avec une inclinaison orbitale  $i = 49^\circ 80'$  et les altitudes péri-gée/apogée = 806/1 109 km. Les premiers échos laser y afférents obtenus par les stations de Grasse (France) et de la Grande Canarie (Espagne) ont contribué à la définition du géoïde GRIM2 et à l'étude des marées terrestres.

c) Enfin la méthode Doppler est couramment employée non seulement pour les déterminations géodésiques, mais aussi dans la résolution des problèmes de navigation, cousine germaine de la géodésie.

Les satellites les plus normalement utilisés en cette occurrence, sont ceux de la série Transit, en particulier les suivants lancés par les américains les :

19.12.62 avec $i = 90^\circ,62'$	698/725 km
16.06.63 avec $i = 89^\circ,97'$	724/757 km
28.09.63 avec $i = 89^\circ,90'$	1 075/1 127 km
04.06.64 avec $i = 90^\circ,42'$	854/956 km
13.12.64 avec $i = 89^\circ,86'$	1 025/1 084 km
13.08.65 avec $i = 90^\circ,01'$	1 089/1 194 km

entre autres.

On peut remarquer que tous ces satellites sont du type polaire, c'est-à-dire que leur plan orbital passe en permanence par l'axe des pôles terrestres. Il en résulte que toutes les latitudes sont successivement survolées.

En vérité tous ces satellites, aussi bien Echo que Starlette ou Transit — appelés satellites à défilement — ont un comportement souvent apparemment baroque vu de la Terre.

C'est la raison pour laquelle ils ont été qualifiés "d'aléatoires", alors qu'en réalité il est tout à fait possible de prévoir leur position à chaque instant (fig. 3).

Ainsi Tiros 1 lancé par les américains le 01.04.60 avec une inclinaison orbitale de  $48^\circ,4'$  et un rapport péri-gée/apogée = 693/750 km, destiné initialement à des mesures météorologiques, présentait si fréquemment ses caméras face au Soleil, qu'il était dans l'impossibilité pratique d'effectuer des prises de vue au moment même où elles auraient été les plus utiles.

Telstar 1 lancé également par les américains le 10.07.62 avec  $i = 44^\circ,79'$  et le couple altitude péri-gée/apogée = 952/5 632, était un satellite pour le moins capricieux se levant et se couchant aux points les plus divers de l'horizon et à des heures souvent indues.

Malgré le gros effort de la France qui — à l'époque — construisit le complexe de Pleumeur-Bodou comportant une antenne orientable en site et montée sur un chariot roulant sur une voie circulaire de 30 m de rayon, il fallut bientôt abandonner le système et le procédé pour la réception des images et des sons venant d'outre-Atlantique.

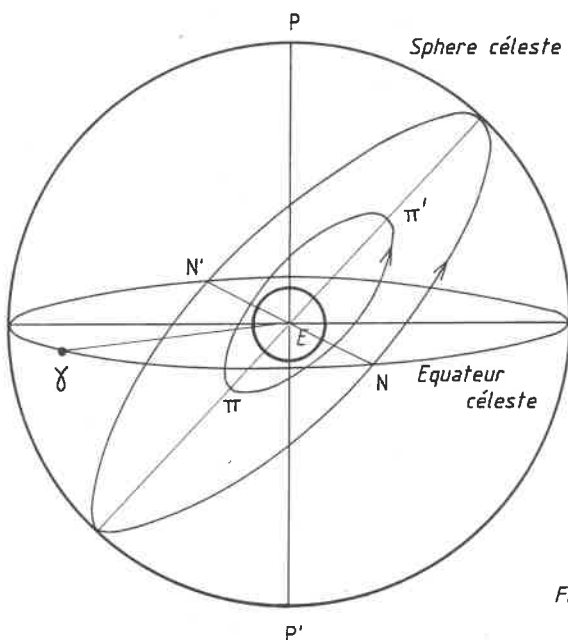


FIG. 3

Il apparut alors absolument indispensable de "domestiquer" les orbites afin de rendre les satellites pleinement opérationnels en définissant leurs formes, leurs dimensions et leur position dans l'espace par le choix judicieux des conditions de lancement et des paramètres orbitaux.

## GÉOSTATIONNAIRE

Bien entendu, la première solution qui vint à l'esprit fut celle des satellites géostationnaires.

Rappelons qu'il s'agit d'un véhicule spatial placé sur une orbite équatoriale à une distance du centre de la Terre telle que sa vitesse angulaire de déplacement autour de ce point, mesurée par rapport aux étoiles, soit exactement égale à celle de la rotation de la Planète sur elle-même, mesurée dans les mêmes conditions.

Ce satellite est alors fixé par rapport à tous les points de la terre et c'est le seul qui jouisse de cette propriété.

Par ailleurs, il éclaire radioélectriquement une calotte sphérique terrestre atteignant les latitudes de  $\pm 81^\circ$  réduite à  $\pm 76^\circ$ , compte tenu des garanties prises par les radioélectriciens. Les intersections de cette calotte avec l'équateur se situent respectivement, dans le cas pratique, à  $\pm 76^\circ$  de longitude de chaque côté du méridien contenant la direction du satellite en cause.

Ces dispositions correspondent à une altitude d'environ 36 000 km ce qui est un chiffre très important impliquant de grosses difficultés de lancement et de grandes dépenses d'énergie.

Aussi bien dans certains cas particuliers il est bon de penser à des solutions différentes. Mais comment obtenir la réalisation de satellites "domestiqués" autres que les géostationnaires ?

## DIVORCES

Pour tenter de résoudre ce problème, il faut commencer par trouver les raisons de la fantaisie apparente des satellites comme Tiros 1 et Telstar 1 pour ne parler que de ceux-là.

La situation inexploitable des premiers satellites artificiels tient à ce qu'on pourrait appeler un double divorce entre les éléments naturels c'est-à-dire le Soleil et la Terre avec leur particularités, et les éléments techniques créés par l'homme, c'est-à-dire les satellites artificiels.

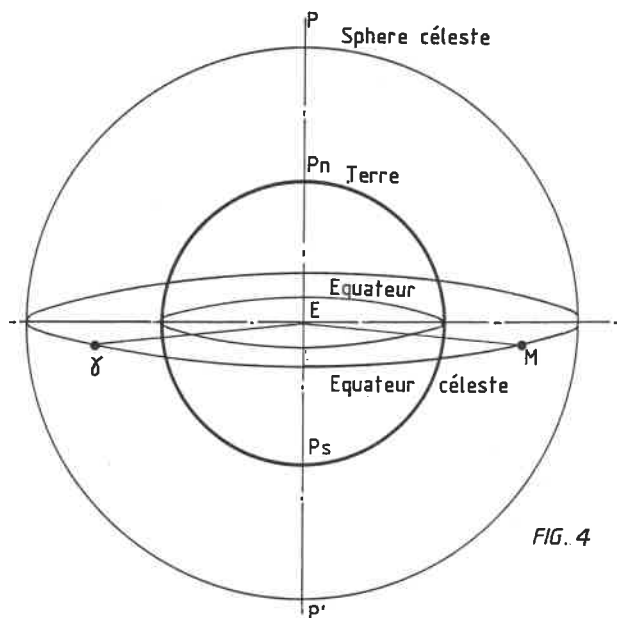


FIG. 4

## Premier divorce

Le Soleil, n'étant pas une étoile fixe, semble se déplacer par rapport aux étoiles et son passage au méridien se décale tous les jours d'environ  $1^\circ$ , en s'éloignant vers l'Est de l'intersection E du plan de l'écliptique avec le plan de l'équateur. Ce mouvement est régulier pour le Soleil dit moyen M. Il s'ensuit donc que le mouvement du satellite artificiel étant repéré par rapport aux étoiles, sa position par rapport aux divers points de la Terre ne saurait être régie par une relation horaire simple (fig. 4).

Ce phénomène s'aggrave d'ailleurs, du fait que l'intersection EN du plan orbital et du plan de l'équateur, n'est pas fixe dans l'espace comme le voudraient les lois de Kepler. La raison en est la suivante : ainsi que nous l'avons vu, la Terre n'est pas tout à fait sphérique, mais plutôt ellipsoïdale. La partie massive équatoriale excédentaire baptisée souvent "bourrelet terrestre" agit en fonction de la loi de Newton sur toute masse en sa présence, par exemple un satellite artificiel (fig. 5).

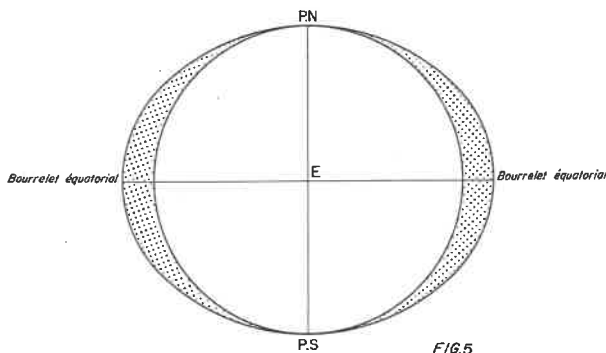


FIG. 5

Or le système complet du satellite artificiel en gravitation possède ce que l'on appelle en mécanique rationnelle : un moment cinétique constant.

Le moment cinétique n'est au demeurant pas autre chose que le moment géométrique du vecteur "quantité de mouvement"  $\vec{m}\vec{v}$  ( $m$  masse du satellite,  $v$  sa vitesse), pris par rapport au centre de la Terre. Le moment cinétique que nous représentons par  $\vec{m}\vec{q}$ , est alors  $\vec{m}\vec{q}$  vecteur perpendiculaire au plan orbital avec son origine au centre de la planète.

Dans le même ordre d'idée, la mécanique rationnelle explique que, par application du théorème du moment cinétique, toute agression du système par une force extérieure se traduit, non pas par un entraînement de la masse correspondante (ici la masse  $m$ ) avec une accélération proportionnelle à la force d'agression, mais bien par un basculement du système tout entier autour du rayon vecteur du satellite, avec une vitesse angulaire proportionnelle à la force d'agression.

Cette remarque au surplus tout à fait générale dans l'ensemble de l'univers, conduit dans le cas singulier du satellite artificiel de la Terre à reconnaître que le plan orbital — compte tenu de l'action newtonienne du bourrelet terrestre — se met à tourner autour de la ligne des pôles de la planète avec une vitesse angulaire proportionnelle à la force  $f$  d'agression newtonienne, produite à chaque instant sur le satellite par l'élément correspondant du bourrelet terrestre (fig. 6, fig. 7).

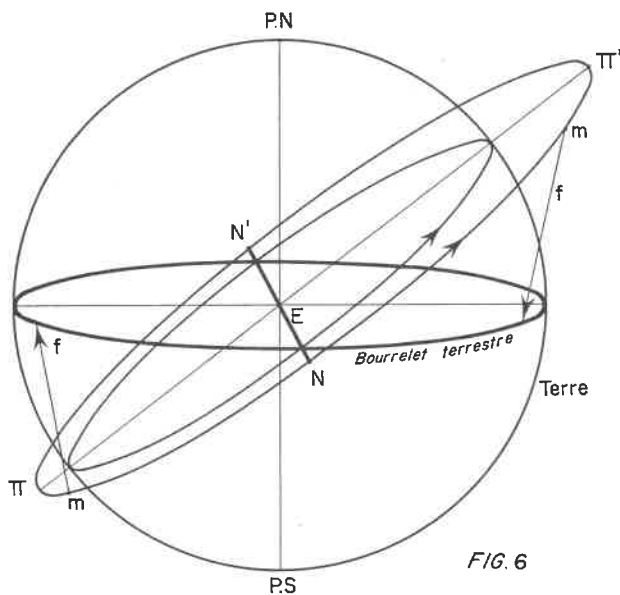


FIG. 6

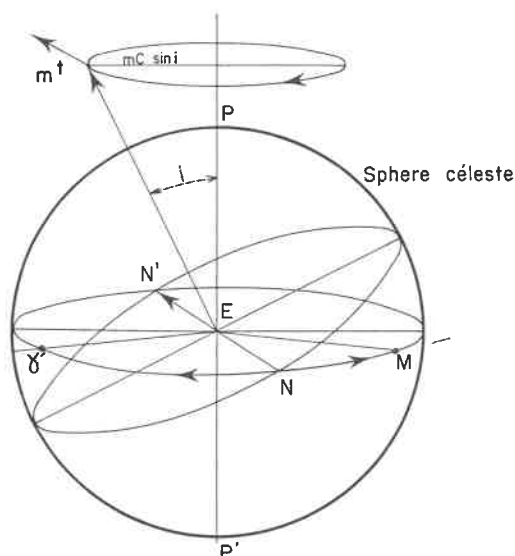


FIG. 7

$$a^7 = [6.638 \cos i]^2 \quad \text{avec } a \text{ rayon exprimé en } 10^3 \text{ km}$$

Les conditions du problème sont telles que cette vitesse angulaire — pratiquement constante — est dirigée vers l'Ouest si le lancement du satellite est effectué dans le secteur Est, et vers l'Est dans le cas contraire.

On voit donc que pour un tir optimal sur le plan énergétique, c'est-à-dire réalisé dans le secteur Est, afin de profiter au maximum de la vitesse de rotation de la Terre, l'intersection du plan orbital avec l'équateur appelée aussi ligne des nœuds EN, tend à se rapprocher de cette autre ligne fondamentale déjà définie comme étant l'intersection du plan de l'écliptique — contenant à tout moment le Soleil et la Terre — avec le plan équatorial, à savoir E $\chi$ . On se souvient qu'à ce propos il a été précisé plus haut que la direction du Soleil moyen s'éloigne en permanence de cette même ligne fondamentale.

Voilà donc le divorce grave auquel nous assistons, à l'origine des déboires rencontrés par les premiers ingénieurs du cosmos.

## Satellite héliosynchrone

Fort heureusement le mal trouve en lui son propre remède. Il suffit en effet de lancer le satellite artificiel dans le secteur Ouest pour obtenir un mouvement de la ligne des nœuds en direction de l'Est c'est-à-dire dans le même sens que celui du Soleil moyen.

De plus en choisissant bien l'inclinaison orbitale et l'altitude du satellite, on peut faire en sorte que le mouvement de la ligne des nœuds — cette fois vers l'Est — soit doté de la même vitesse que celle du déplacement du Soleil moyen c'est-à-dire sensiblement 1° par jour.

Un tel satellite est dit héliosynchrone, qualificatif qui lui a été donné en 1963 par le Colonel ANDRÉ du service de documentation de l'Armée. Il est caractérisé par le fait que l'angle compris entre la ligne des nœuds du satellite et la direction du Soleil moyen est maintenu constant.

On peut donner à cet angle telle valeur que l'on souhaite — par exemple, on peut le rendre nul. Dans ces conditions le satellite repasse à l'équateur dans son mouvement ascendant, à midi vrai local à chaque révolution. C'est pourquoi on l'a appelé satellite midi. En matière de météorologie il est très avantageux parce que pendant 1/2 révolution il conserve le Soleil derrière lui pour un éclairage optimal de la Terre, mettant à profit avec un excellent rendement ses caméras opérant dans le visible. Pendant l'autre 1/2 révolution, il se trouve dans la nuit où ses appareils à infrarouge travaillent également dans les meilleures conditions.

Une formule simple résume l'ensemble de ces propos.

$$a^7 = (6\,638 \cos i)^2$$

où "a" représente le 1/2 grand axe de l'ellipse orbitale exprimé en 10<sup>3</sup> kilomètres et où i est l'inclinaison du plan de l'orbite sur l'équateur.

## Deuxième divorce

On sait que la période de révolution d'un satellite artificiel dépend essentiellement de la longueur du grand axe de l'orbite.

Or, il n'y a aucune raison a priori, pour qu'il existe une relation simple entre cette période et celle de la rotation de la Terre sur elle-même mesurée par rapport au Soleil, c'est-à-dire celle de l'alternance des jours et des nuits qui détermine très généralement les activités des hommes.

## Satellite horaire

Pour remédier à cet état de chose et situer la course d'un satellite héliosynchrone dans le cadre de la vie de chaque jour, il faut et il suffit qu'il fasse un nombre entier de révolutions en 24 heures c'est-à-dire en 86 400 s de jour solaire moyen.

Il est alors possible de constater que le véhicule en cause, revient — sans y rester — tous les jours à la même heure à la verticale d'un même point du globe, en suivant d'ailleurs toujours le même chemin relatif par rapport à celle-ci.

Un tel satellite est appelé horaire.

Cette disposition comporte évidemment des avantages qu'il ne faut pas hésiter à qualifier de considé-

**Tableau des satellites horaires**

Nbre de révolutions	Durée de révolution T			Altitude en km
	en sec.	en mn.	en h.	
16	5 400	90	1 h 30	282
15	5 760	96	1 h 36	526
14	6 171	102,576	1 h 42 34,56 s	901
13	6 647	110,466	1 h 50 27,95 s	1 270
12	7 200	120	2 h	1 689
11	7 854	130,551	2 h 10 33,06 s	2 169
10	8 640	144	2 h 24	2 730
9	9 600	160	2 h 40	3 392
8	10 800	180	3 h	4 190

rables d'où le succès des satellites horaires pour la météorologie certes mais aussi et surtout pour la navigation ainsi que la géodésie et — pourquoi pas — dans l'avenir, les télécommunications.

Il n'est pas inutile, en ce point de notre exposé, de faire un peu d'histoire.

Dès le lancement du premier satellite artificiel par l'URSS, à savoir le Spoutnik 1, le 04.10.57, les astronomes du monde entier se penchèrent sur le phénomène de gravitation terrestre et purent effectivement constater le déplacement angulaire de la ligne des nœuds. On peut citer à cette occasion : Anthony, Blitzer, Brouwer, Garfinkel, Groves, Jaramillo, King Hele, Kosai, Sir Harrie SW Massey, Robert E., Roberson, Sterne, Strubble, Sturm, Vinti, Weisfeld, Wheelon, entre autres.

Ils établirent très correctement la formule de ce mouvement qu'ils baptisèrent "précession de la ligne des nœuds".

Personnellement confronté avec ce même problème, j'ai tout de suite pensé à une explication purement mécanique faisant intervenir le bourrelet terrestre d'une part et le moment cinétique du système gravitationnel d'autre part. J'obtins finalement la même formule que les astronomes précités par une voie essentiellement vectorielle, formule que je communiquai à l'Académie des Sciences en 1963.

Dès lors, il était tentant d'utiliser ce mouvement de précession en le renversant pour passer du fameux divorce dénoncé plus haut à un aimable arrangement entre le mouvement de la ligne des nœuds et celui de la direction du Soleil moyen; toutes deux contenues dans le plan de l'équateur. Il s'agissait donc dès cette époque de ce que le Colonel André avait nommé "satellite héliosynchrone", appellation qui non seule-

ment subsista mais gagna rapidement les milieux cosmiques du monde entier.

En fait, cette idée émise au sein des sphères spatiales françaises et européennes n'eut alors qu'un succès d'estime tout au plus.

### États-Unis

Les américains furent plus diligents puisque le 31.01.61 ils lancèrent Samos 2 avec  $i = 97^\circ,4$  et un couple périégée/apogée tel que 474/557 qui remplissait exactement les conditions de l'héliosynchronisme.

Ils placèrent ensuite Nimbus 1 sur orbite le 28.08.64 avec  $i = 98^\circ,66$  et 429/937 km.

Puis ce fut Tiros 9 lancé le 22.01.65 avec  $i = 96^\circ,41$  et 705/2 582 km. Ensuite vinrent les 10 ESSA (Environnement Sciences Service Administration) dont les 5 premiers ont pour caractéristiques respectives :

N° 1 - du 03.02.66 avec  $i = 97^\circ,91$  et 702/ 845

N° 2 - du 28.02.66 avec  $i = 101^\circ$  et 1 356/1 418

N° 3 - du 02.10.66 avec  $i = 101^\circ,06$  et 1 383/1 493

N° 4 - du 26.01.67 avec  $i = 102^\circ$  et 1 328/1 443

N° 5 - du 20.04.67 avec  $i = 101^\circ,97$  et 1 361/1 423

Enfin ce furent les Landsat avec  $i = 99^\circ$ , 1 à l'altitude moyenne de 900 km.

On peut citer aussi bien entendu :

Nimbus 7 avec  $i = 99^\circ,3$  et 944/957

NOAA 7 avec  $i = 99^\circ,9$  et 837/857

et plus près de nous :

Tiros N (le satellite du système Argos de positionnement à terre et en mer) avec  $i = 99^\circ$  à l'altitude moyenne de 854 km.

C'est ainsi que les États-Unis d'Amérique placèrent sur orbites héliosynchrones 66 satellites de 1962 à 1969.

**URSS**

N° 30 - i = 98° et 589/678

## 9

# Le positionnement par satellite avec le MAGNAVOX MX 1502

---

*Patrice GAUBERT  
Ingénieur Géomètre ETP  
Sté Wild + Leitz France*



La présentation du Système de positionnement par satellite Magnavox MX 1502 au colloque de Versailles, les 25 et 26 novembre 1982, a été ressentie par beaucoup comme marquant l'entrée de notre profession dans l'ère spatiale.

Le présent article a pour but de montrer les possibilités, encore trop peu exploitées par les organismes français, d'obtenir des déterminations de positions de points isolés ou de sommets de canevas à l'aide du Système transit, grâce à l'appareil Magnavox MX 1502.

## I — HISTORIQUE

Quand Spoutnik 1 fut lancé en 1957, des chercheurs américains qui suivaient les signaux radios émis par le satellite constatèrent un important effet Doppler. Ils mirent au point des algorithmes pour déterminer la trajectoire complète du satellite à partir de mesures Doppler soigneusement effectuées en une seule station terrestre.

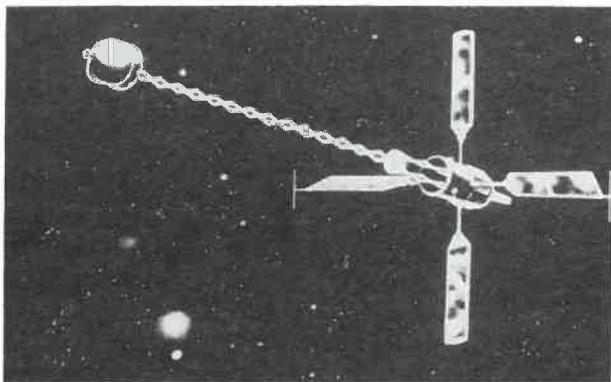
On songea ensuite à renverser le procédé ; et à déterminer la position d'une station par mesure de l'effet Doppler sur les signaux émis par un satellite dont l'orbite serait parfaitement connue. Lancé en 1958 sous le nom de Transit le système devint opérationnel en 1964 pour les armées américaines, puis s'ouvrit aux utilisateurs civils en juillet 1967.

## II — DESCRIPTION

Le Système Transit se compose de 5 satellites artificiels en orbite circulaire, polaire, à environ 1 075 km d'altitude, qui font le tour de la terre en 107 minutes. Cette constellation d'orbites forme une cage à l'intérieur de laquelle la terre tourne.

Quand un satellite apparaît au-dessus de l'horizon, on peut obtenir une position de récepteur.

Le satellite émet en permanence deux fréquences stables et bien calibrées proches de 150 et 400 MHz.



### 1) Message diffusé par le satellite

Un message que le satellite a en mémoire est diffusé vers la terre par modulation des phases des ondes porteuses. Ce message radio se répète et est transmis en continu. Il dure exactement 2 minutes, commençant et se terminant à chaque minute impaire.

Il se compose de 6 103 bits binaires, organisés en 6 colonnes et 26 lignes de mots de 39 bits, plus 19 bits à la fin. Les 25 derniers bits de chaque message, composés de 23 "1" encadrés de 2 "0", forment un message de synchronisation (top horaire) précis, indiquant les minutes impaires. C'est en reconnaissant ce mot que le MW 1502 se recadre sur le message.

Les paramètres de l'orbite se trouvent dans les 22 premiers mots de la colonne 6. Les paramètres contenus dans les lignes 9 à 22 ne sont changés que quand un nouveau message est injecté en mémoire. Ils définissent une orbite elliptique.

Les mots des lignes 1 à 8 se décalent d'une ligne toutes les 2 minutes, car ils décrivent les variations de la trajectoire par rapport à l'orbite elliptique toutes les 2 minutes.

### 2) Principe du calcul de position

En recevant les deux signaux on peut utiliser les informations suivantes pour le calcul d'un point :

- a) position du satellite,
- b) l'effet Doppler sur le signal reçu,
- c) les tops horaires précis,
- d) la correction de la réfraction ionosphérique, obtenue par combinaison des deux fréquences Doppler.

Le message reçu définit la position du satellite toutes les 2 minutes, et aux temps intermédiaires par interpolation, utilisant comme top horaire certains bits au cours du message.

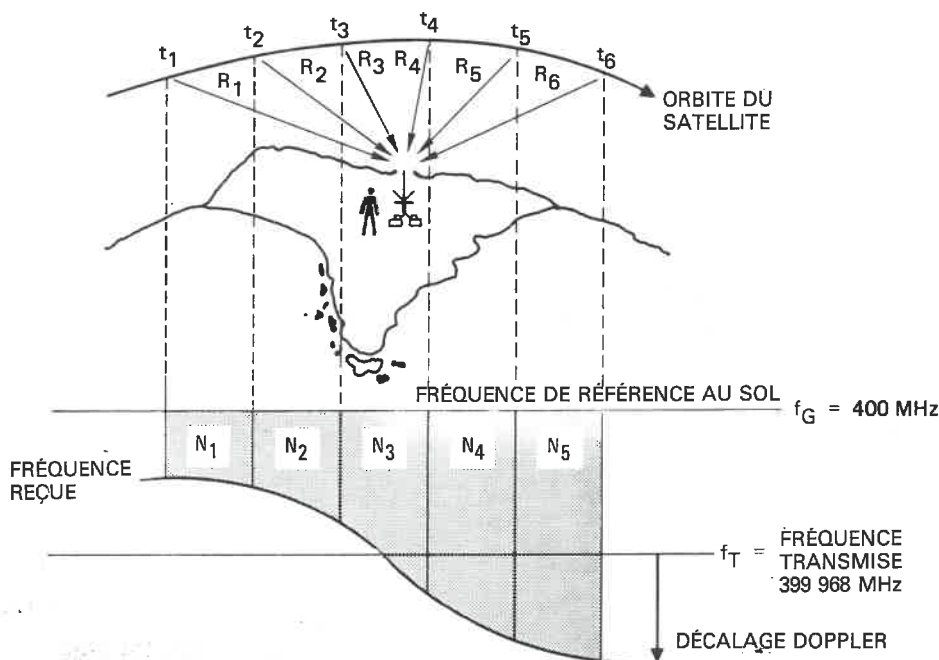
Pour obtenir une position, le MX 1502 mesure sa position par rapport à la position connue du satellite. Ceci se fait en comptant le nombre de cycles-Doppler entre 2 tops horaires.

Un comptage Doppler entre deux tops horaires reçus nous donne la variation de la distance entre le satellite et le MX 1502 dans cet intervalle. La position est calculée par comparaison entre la variation de distance qui se serait produite entre la position estimée du MX 1502 et la position connue du satellite, et la variation de distance qui s'est réellement produite et a été constatée par le comptage Doppler. Le MX 1502 ajuste sa propre position jusqu'à ce que la variation de distance calculée s'adapte au mieux à celle mesurée. Un paramètre de fréquence doit aussi être pris en compte. Un minimum de 3 paramètres sont déterminés dans le calcul. Ces paramètres sont la latitude, la longitude, et la fréquence.

Pour calculer un point en 2 dimensions le MX 1502 doit d'abord obtenir les valeurs suivantes :

- a) orbite du satellite,
- b) comptage Doppler,
- c) altitude,
- d) estimation de la latitude et longitude de la station.

Les paramètres d'orbite et les comptages Doppler sont obtenus automatiquement par le MX 1502.



Passage d'un satellite

L'altitude et la position estimées sont entrées manuellement par l'utilisateur pendant l'initialisation.

Quand le MX 1502 a tous les éléments, il calcule la position en 10 étapes.

1) Vérifie s'il y a eu injection de nouveau message au cours du passage.

2) Sélectionne des données en exploitant les redondances.

3) Corrige les données Doppler de la réfraction.

4) Calcule la position du satellite.

5) Estime la position du récepteur.

6) Calcule les distances Satellite/Récepteur aux tops horaires.

7) Compare les variations de distance calculées et observées par effet Doppler.

8) Ajuste l'estimation de la position du récepteur, et répète les pas 5, 6, 7 jusqu'à ce que les éléments calculés et observés s'adaptent.

9) Calcule la position du récepteur.

10) Enregistre la position sur la cassette.

Les données Doppler des 2 canaux sont combinées pour obtenir une information corrigée de la réfraction. Le MX 1502 calcule aussi les coordonnées cartésiennes de la station, puis la distance satellite/récepteur à partir de ces jeux de coordonnées, et la compare à la valeur issue du comptage Doppler (étape 7). En calculant les dérivées par rapport à la latitude et la longitude, le MX 1502 détermine les corrections à apporter à la position estimée du MX 1502 pour minimiser par moindres carrés les différences entre éléments calculés et observés.

### 3) Précision

On obtient dès le premier message de satellite une précision suffisante pour vérifier que l'on a bien stationné l'endroit désiré : le premier passage acceptable donne une précision de 37 m (1 $\sigma$ ) si l'altitude est connue au départ à  $\pm 20$  m.

La précision s'améliore par multiplication des passages.

Les erreurs sont en grande part aléatoires ce qui permet d'obtenir une précision, par multiplication des passages des satellites, de 3 à 5 mètres. C'est la technique du point isolé qui met en œuvre un seul appareil.

Un réseau de poursuite des satellites calcule leur trajectoire et l'extrapole sur 16 heures, puis l'injecte à chaque satellite qui malheureusement ne suit pas exactement cette trajectoire prédite, ce qui provoque l'imprécision sur le point au sol. Les techniques dites de translocation exploitent le fait que ces erreurs sont fortement corrélées pour 2 récepteurs suivant le même passage de satellites pour relier avec précision une station inconnue à un point connu. (A mieux que 1 mètre).

L'obtention a posteriori d'éphémérides précises est un autre moyen d'améliorer les résultats, mais est réservée à certains organismes.

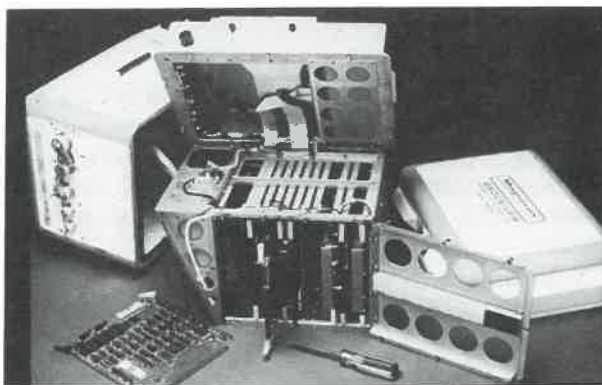
Un calcul en bloc d'un réseau permet d'atteindre des précisions de 30 cm.

## III — RÉCEPTEUR MAGNAVOX MX 1502

### 1) Description

L'appareil se compose d'un récepteur calculateur enregistreur de 19 kg et d'une antenne/préampli démontable de 7,7 kg présentés en coffret. Il est conçu pour résister aux intempéries, est étanche, et même flotte si son couvercle est en place. Sa fiabilité est de l'ordre de grandeur de 10 000 heures MTBF (temps moyen entre pannes).

Un test interne automatique quotidien détecte les éléments qui seraient défectueux ; l'échange de ces éléments ne nécessite que 3 tournevis !



### 2) Mise en œuvre

La mise en œuvre de cet appareil s'effectue d'une manière incroyablement simple.

On arrive sur le terrain avec les 2 coffrets et une alimentation 12 volts.

On ouvre le coffret de l'antenne/préampli, visse l'ensemble et l'installe sur le point à relever.

On branche le câble entre le préampli et le coffret du récepteur, que l'on branche sur le 12 volts.

On met l'appareil en route ; lui-même pose des questions, auxquelles on répond par le clavier :

- nombre de satellites à écouter,
- numéro de la station,
- mode d'utilisation.

On a le choix entre les 5 modes suivants :

#### a) Mode Standard

Mode normal pour l'écoute de satellites, et le calcul en 2D et 3D des points isolés.

#### b) Mode off line

Pour le calcul de bandes enregistrées sur un site. Le récepteur est déconnecté.

#### c) Mode Remote

(Pour la translocation en temps réel).

Réception des satellites, des valeurs de translocation obtenues par télécommunication d'un autre 1502, et calcul en 2D/3D par point isolé et translocation.

#### d) Mode Control

(Pour la translocation en temps réel).

Réception des satellites, calcul en 2D et 3D point isolé, et télécommunication des données vers le poste 1502 Remote.



#### e) Mode Navigate

Pour la navigation sur mer ou sur terre.

L'utilisateur sélectionne le mode, et spécifie vitesse et direction du mouvement du MX 1502.

Le MX 1502 calcule une position à l'estime qui sera corrigée par les résultats 2D après passages du satellite. La distance et l'azimut vers un point à atteindre peuvent être calculés en utilisant soit l'orthodromie, soit la loxodromie.

Les résultats de navigation estimée peuvent être affichés à la demande et imprimés à intervalles donnés en utilisant l'option imprimante.

— estimations à 2 degrés près de la latitude et de la longitude,

— altitude au-dessus du niveau de la mer du point de référence marqué d'une bande rouge sur l'antenne,

— l'heure de greenwich à 1/4 d'heure près, et la date, si l'appareil ne les a pas.

Toute autre initialisation est facultative.

#### 3) Opérations d'initialisation facultatives

A) On peut d'une part introduire dans l'appareil divers paramètres éventuellement utiles pour un calcul postérieur au bureau.

B) On peut d'autre part introduire les éléments d'un ellipsoïde de référence local. On obtient alors longitude et latitude, et même coordonnées UTM dans ce système directement sur le MX 1502.

C) On peut par ailleurs apprendre au MX 1502, s'il ne les a déjà les éphémérides approximatives des satellites, en faisant lire par l'appareil une cassette enregistrée il y a moins de trois mois par un MX 1502. L'appareil en extraira les éphémérides des satellites, et son unité de calcul les traitera avec les valeurs d'initialisation du site, pour afficher les heures de passages des satellites visibles du site et la géométrie de ces passages.

Le triple intérêt de cette information est :

a) de faire ce calcul avant la campagne de mesure pour organiser au mieux le circuit de site à site. Et sur le site pour estimer le moment où on aura accumulé suffisamment de passages,

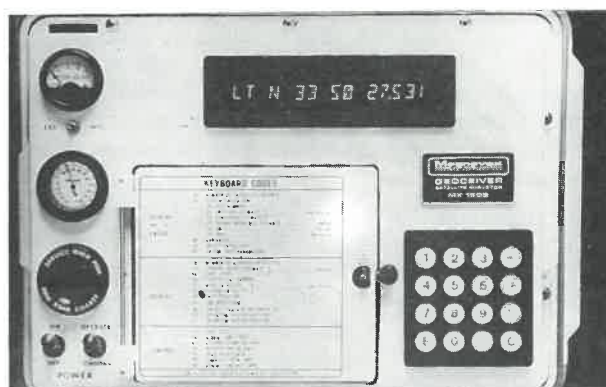
b) sur le site de situer le 1<sup>er</sup> passage car on a toujours intérêt à examiner ce 1<sup>er</sup> passage, ne serait-ce que pour vérifier le choix du site,

c) l'appareil exploite automatiquement ces calculs pour se mettre en sommeil pour économiser l'énergie, entre deux passages.

Si l'on n'a pas ces éphémérides, l'appareil va alternativement se mettre à l'écoute quelques instants, pour ne pas manquer un passage, puis se mettre en sommeil 2 minutes s'il n'a pas décelé de satellite, ce qui permet de limiter la consommation jusqu'à l'obtention de toutes les éphémérides.

#### 4) Mesures et Repli

Que l'on utilise ou non ces possibilités, on laisse maintenant le MX 1502 fonctionner le temps nécessaire. Il traite après chaque passage acceptable l'ensemble des informations reçues depuis le début



de la station, et enregistre les données et les résultats.

Le prochain moment important sera le repli.

On note les derniers résultats ; leur précision ; le nombre de passages acceptables :

- si l'on travaille en point isolé ou en translocation en temps réel les coordonnées sont prêtes à être exploitées, ou livrées,

- si l'on travaille en translocation sur le terrain, mais pas en temps réel, on fait lire la cassette du point inconnu par le MX 1502 du point connu, qui fera les calculs.

On peut aussi retraiter les cassettes au bureau sur un ordinateur indépendant. Cela ne paraît indispensable que dans le cas d'une compensation en bloc pour l'obtention de coordonnées à 30 cm près.

Que faire sinon des cassettes ?

Les archiver, les livrer au client, les traiter au bureau sur le 1502 après la campagne, ou les réutiliser, tout en en gardant une pour y lire les éphémérides lors de la prochaine campagne.

Le repli physique, comme l'installation, ne prend que quelques minutes. Notons que laisser l'appareil en Stand by pour le temps d'un transport présente l'avantage de lui faire conserver certains paramètres comme heure, date, les éphémérides, et de maintenir l'oscillateur interne.

#### **IV — MÉTHODE PERMETTANT D'OBTENIR UN POINT EN 3 DIMENSIONS**

Le MX 1502 offre deux méthodes pour déterminer une position 3D, le "point" 3D et la translocation. Le point offre une précision meilleure que 5 m emq, la translocation mieux que 1 m emq.

##### **1) Le Point 3D**

C'est la méthode de base du positionnement par satellite. Elle consiste en l'accumulation de passages de satellites dont on connaît les éphémérides. Elle ne nécessite qu'un appareil, en un seul site, pour obtenir latitude, longitude, et altitude, dans le système satellite.

S'il y a 5 satellites opérationnels, on obtient 10 passages de satellites de 6 h 30 à 16 h suivant la latitude, et 50 passages de 32 à 79 heures.

La précision finale dépend du nombre de passages suivis.

##### **2) La translocation**

La translocation utilise des données reçues simultanément par deux MX 1502 installés en 2 sites différents pour relier avec précision un site à l'autre. L'avantage de la méthode est que la position relative peut être établie précisément avec très peu de passages, même pour des points éloignés de plusieurs centaines de kilomètres.

La translocation détermine une position en 3 dimensions en compensant les erreurs d'une détermination individuelle. Les principales sources d'erreurs d'une détermination individuelle sont : la définition de l'orbite donnée par le satellite, les erreurs troposphériques résiduelles, et les erreurs de réfractions ionosphériques. Une compensation pré-

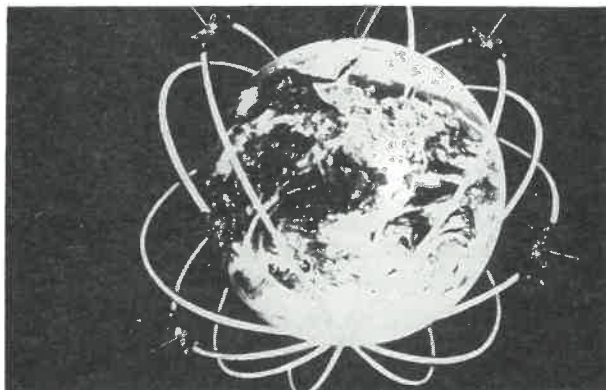
cise de ces erreurs est possible quand le même signal est reçu en des sites, même éloignés de centaines de kilomètres.

Dans sa forme la plus simple, la méthode de translocation nécessite 2 MX 1502. Une unité est installée sur une position connue, (site de contrôle) en un système géodésique donné. On aura pu déterminer cette position par positionnement 3D, translocation antérieure, ou par la connaissance de coordonnées d'un point géodésique classique.

L'autre unité occupe le point inconnu (site éloigné, ou Remote) dont on cherche les coordonnées. Les données satellite reçues simultanément par les 2 unités sont calculées par n'importe quelle unité MX 1502.

La translocation profite de la corrélation des erreurs résultant sur les 2 antennes pour relier le point inconnu au point connu à mieux que le mètre après relativement peu de passages.

Un MX 1502 en site de contrôle peut servir au calcul de la position d'autant de MX 1502 éloignés que l'on souhaite, pourvu que l'on traite à chaque fois des données communes.



La translocation peut être calculée en off-line ou en temps réel. En mode off-line, les données sont accumulées sur cassette par chacune des unités tant contrôle que éloignées, et les cassettes sont physiquement apportées à un MX 1502 pour le calcul.

En temps réel, le MX 1502 au site contrôle envoie les données en temps réel (c'est-à-dire dès qu'elles sont calculées à partir du passage d'un satellite) par un canal de télécommunication, à un ou plusieurs sites éloignés (Remote) pour que chacun calcule immédiatement la translocation.

Le programme intégré au MX 1502 utilise la translocation par semi arc-court qui consiste à recalculer en travaillant sur 3 degrés de liberté, l'orbite du satellite, puis à calculer le point inconnu avec ces nouvelles valeurs, pour obtenir des résultats à mieux que le mètre.

#### **V — DÉFINITION DES POSITIONS**

##### **1) Positions mémorisées**

Huit jeux de coordonnées de positions (latitude, longitude et altitude) sont gardés par le MX 1502 : position introduite, position de référence, position du point de contrôle, position 2D, position 3D (point),

position par translocation, position à l'estime, position du point à atteindre.

Toutes ces coordonnées s'entendent pour le centre électrique de l'antenne (marque rouge).

#### **Position introduite (input)**

La position introduite est le dernier jeu de coordonnées entré au clavier.

#### **Position de référence**

La position de référence est normalement la position introduite utilisée comme référence pour le calcul en 2D, en 3D ou par translocation. La précision des calculs dépend de celle de la référence. Si la position introduite diffère de la solution 2D donnée par le premier passage du satellite, de plus de 300 mètres, c'est la position 2D qui devient la position de référence pour les passages ultérieurs.

#### **Position de contrôle**

La position de contrôle est la position introduite qui définit la position connue dans un calcul de translocation.

#### **Position 2D**

La position 2D est la position en deux dimensions (latitude et longitude) qui est calculée après chaque passage. La position 2D est calculée à partir des données reçues au cours du passage d'un seul satellite. Sa précision est sensiblement affectée par la précision de l'estimation de l'altitude.

#### **Position 3D (point)**

Le "Point" 3D est la position en trois dimensions, (latitude, longitude et altitude) qui est calculée par le MX 1502 après chaque passage acceptable du satellite. Un passage acceptable du satellite a les caractéristiques suivantes :

- 1) L'angle maximum d'élévation du satellite a été supérieur à 15°.
- 2) Le satellite était en service pendant le passage.
- 3) Il a fallu moins de 7 itérations dans le calcul 2D.
- 4) Les données Dopplers sont symétriques autour du point où le satellite est le plus proche de la station.
- 5) La distance entre la position 2D et la position de référence est inférieure à un kilomètre.
- 6) On n'a pas demandé de ne pas prendre en compte le satellite.
- 7) Des données des deux canaux ont été utilisées pour le calcul 2D.
- 8) L'écart type des résidus du comptage Doppler est inférieur à la limite (sélectionnée par l'utilisateur, valeur 25 cm par défaut).
- 9) Le calcul 2D s'est effectué à partir d'au moins 8 comptages Doppler.

La position 3D, est calculée à partir de l'accumulation de données de différents passages de satellites. En général la précision du point est proportionnelle au nombre de passages de satellites. Le processus d'accumulation de données s'arrête, et on recommence une nouvelle accumulation dans les cas suivants :

- 1) Le numéro de site a été changé.
- 2) La position introduite a été changée.

3) Le courant est appliqué au MX 1502 par l'interrupteur (Power).

4) S'il s'est produit une panne de courant qui peut avoir détruit les paramètres dans la mémoire-horloge.

Quand les coordonnées définissant la position introduite sont entrées dans le MX 1502, elles sont utilisées comme position de référence et comme point 3D.

Après le premier passage acceptable de satellite suivant le commencement d'une nouvelle accumulation de données, la position de référence est soit la position 3D, (valeurs initiales), soit la position introduite, ou soit la position courante 2D, suivant la distance entre ces 2 positions. Si la distance est inférieure à 300 m, la précédente valeur 3D, ou la position introduite, est utilisée comme position de référence. Si la distance est supérieure à 300 m, la position courante 2D est utilisée comme référence.

#### **Position par translocation**

La position par translocation est une position en 3 dimensions (latitude, longitude, et altitude). Elle est calculée par le MX 1502 en mode off-line, ou en mode Remote, utilisant des données de deux sites différents.

L'acceptation d'un passage de satellite pour la translocation répond aux mêmes critères que l'acceptation pour un point 3D.

#### **Position à l'estime**

La position à l'estime (DR) est la position courante de l'antenne du MX 1502 quand le MX 1502 est en mode "Navigation". Elle est calculée à partir des positions 2D des satellites, et la vitesse et la direction introduites.

#### **Position du point à atteindre**

La position du point à atteindre est spécifiée par l'utilisateur quand le MX 1502 est en mode "Navigate" (c'est la destination). Le MX 1502 peut calculer la distance et le gisement entre la position DR actuelle et cette position du point à atteindre.

#### **2) Conversion de système**

Toutes ces positions qui sont maintenues dans le MX 1502 (2D, point 3D, translocation, etc...) sont en coordonnées géodésiques dans le système satellite, qui utilise l'ellipsoïde de référence W G S 72. Il existe des codes pour convertir et afficher ces positions en XYZ, système satellite, XYZ système géodésique local, ou coordonnées UTM. Avant de demander une conversion de système ou en UTM, l'utilisateur doit entrer les paramètres de conversion. Quand ces paramètres sont introduits, ils n'ont pas à être modifiés tant que l'on ne change pas de réseau.

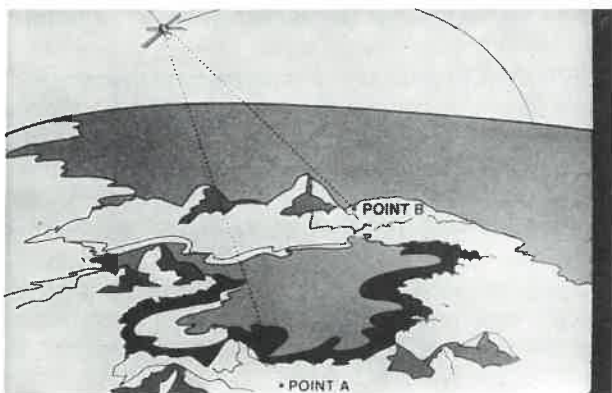
Ces paramètres sont :

A 1/2 grand axe

1/F l'inverse de l'aplatissement ex : 297

X composantes de la distance des centres des ellipsoïdes de références du système satellite et du Z système local (en m)

RX rotation autour de chacun des axes, comptés RY en secondes d'arc, le + pour le sens trigonométrique, - pour le sens des aiguilles d'une montre



On peut allonger facilement cette liste en se référant au tableau ci-dessous.

BS chiffres significatifs des PPM (parts par million) du facteur d'échelle.

## VI – DOMAINE D'EMPLOI

Le récepteur MX 1502 peut être utilisé pour :

- Détermination de points isolés.
- La création de canevas nationaux
- Liaison de deux réseaux.
- Études géophysiques (campagnes sismiques).
- Calage photogrammétrique.
- Délimitation de concession.
- Positionnement de balises de radiolocalisation.
- Positionnement en mer.
- Pose de pipelines et de câbles.

## TECHNIQUES DE POSITIONNEMENT DOPPLER APPLICABLES AUX DIFFÉRENTES PRÉCISIONS

Précision recherchée Positionnement horizontal 1 Sigma	Technique de positionnement Doppler	Nombre minimum d'unités MX 1502 nécessaire	Nombre minimum de passages nécessaires
$\geq 37$ m	Passage unique	1	1 passage acceptable (altitude connue à $\pm 20$ m).
$\geq 10$ m	Points 3D	1	15 passages acceptables.
$\geq 1$ m	Translocation sur le terrain ou en temps réel.	2	4 passages acceptables communs aux deux stations.
$\geq 0,5$ m $\leq 1,0$ m	Translocation sur le terrain ou en temps réel.	2	17 passages acceptables communs aux deux stations.
$\geq 0,3$ m	Ajustement d'un d'un réseau	3	20 passages communs à au moins deux stations.



La simplicité d'emploi du MX 1502 et le grand intérêt que présente l'exploitation de ses résultats, font comprendre pourquoi les américains donnent au MX 1502 le surnom de "Kit de survie pour les topographes".

# Nouveautés Techniques

## Une platine à mouvement horizontal et vertical pour le positionnement d'un théodolite, d'un niveau ou d'un laser d'alignement dans un axe donné dans l'espace

par Albert GUIRAND

Son domaine d'application est essentiellement la Métrologie Industrielle puisque cette platine permet de venir se placer par un mouvement horizontal et un mouvement vertical, tous les deux d'une grande douceur et une course de 50 mm chacun, dans le  $1/10^{\circ}$  de mm.

Cette platine dénommée GAZ.X est usinée dans un alliage léger, et son élaboration a été dictée par la forte demande des Techniciens en Métrologie Industrielle et en général de tous les utilisateurs d'instru-

ments qui ont à placer en XZ les instruments optiques de topographie, Niveaux ou Théodolites et parfois Lasers d'alignements.

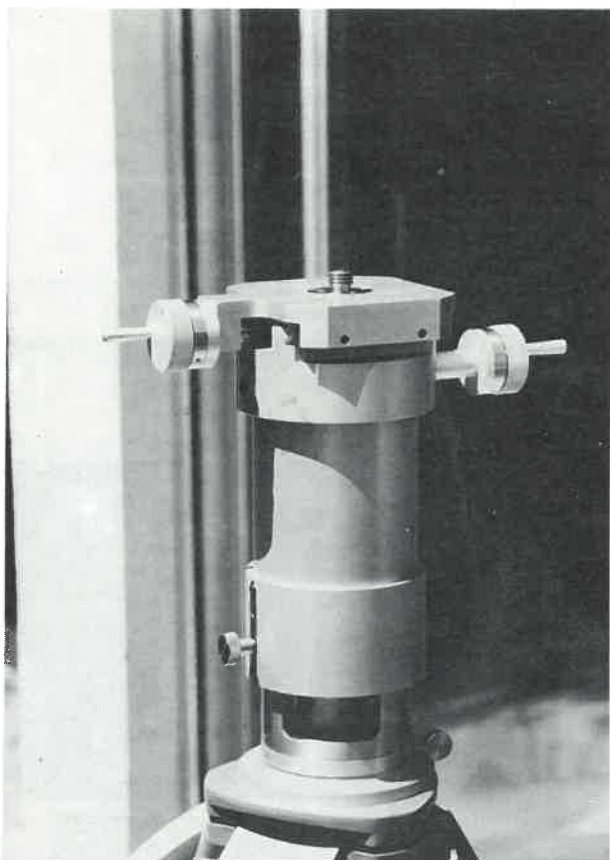
En effet, tous les Topographes le savent, il est actuellement très difficile, pour le lignage de ligne d'arbres par exemple, de venir placer son instrument dans l'axe des paliers d'une façon parfaite, mais de toute façon par tâtonnement. Même une fois sorti cet axe par une corde à piano à travers un cimblotage et cet axe repositionné au sol, à ce moment-là, c'est en Z que les difficultés recommencent, tout cela à terre. Imaginons un moment le travail à bord d'un navire à quai, où il n'est plus question de se servir des Nivelles !

La platine GAZ.X répond donc par exemple au cas de figure du lignage d'une ligne d'arbre. L'on pouvait trouver jusqu'à présent sur le marché français soit des mouvements XY, soit des mouvements verticaux uniquement, l'assemblage des deux donnant forcément un montage complexe et présentant plusieurs inconvénients :

- 1 — Mouvement vertical peu précis et trop rapide.
- 2 — Un des deux mouvements X ou Y inutile du fait de la mise au point optique en distance.
- 3 — Mouvement XY toujours très cher et présentant une précision inutilement fine du fait de sa provenance. (Microscopie métallographique ou banc de mesure). Graduation micrométrique inutile.

La platine GAZ.X peut recevoir les divers instruments au pas Wild. La pièce mâle du filetage supérieur étant rendue amovible par quatre vis à pans creux, d'autres adaptations par exemple Kern peuvent être prévues. Cet ensemble est supporté par les Trépieds Wild ou similaires ou toute console possédant toujours ce même pas de vis. Une adaptation sur Embase Wild GDF avec Nivelles et Plomb Optique est prévue pour permettre un dégrossissage de l'ensemble au cours de la mise en station.

Pour tout renseignement s'adresser aux Ets GUIZOU ou à WILD + LEITZ FRANCE.



# GAZETTE DE L'AFT

Calendrier 1983 à... 1992

## NATIONAL

### PARIS

• **4<sup>e</sup> Rencontre AFT pendant le SICOB : le 22 septembre 1983** à 16 h. Tour Fiat (1<sup>e</sup> sous-sol) Paris La Défense.

#### Conférences :

— SPOT et ses applications avec Film et Diapositives ; par M. Gérard BRACHET (CNES), le programme SPOT et par M. J.-Claude CAZAUX (GDTA), domaine d'application et simulation SPOT.

— Le point sur la commission nationale sur les informations géographiques "CNIG" par M. DUCHER et des représentants de cette commission.

— Et le compte rendu des activités de la région Ile-de-France de l'AFT.

### GANDELU (Aisne)

• **Le 23 septembre 1983.**

A l'occasion de la réception du 1001<sup>e</sup> adhérent, les régions Ile-de-France et Champagne-Ardenne de l'AFT organisent à partir de 10 h aux Bornes Cossuta à Gandelu 02180 Aisne (16 (23) 71.40.51.) entre les gares de Château-Thierry et La Ferté Milon et à proximité de l'autoroute de l'Est A.4 (sortie Montreuil-aux-Lions), une réunion intitulée :

### DU GRANIT AUX SATELLITES

#### Programme :

- Détermination d'un point par satellites.
- Rattachement aux bornes IGN.
- Démonstration de mâts télescopiques.
- Visite de l'usine des bornes granit COSSUTA.

### ORLÉANS

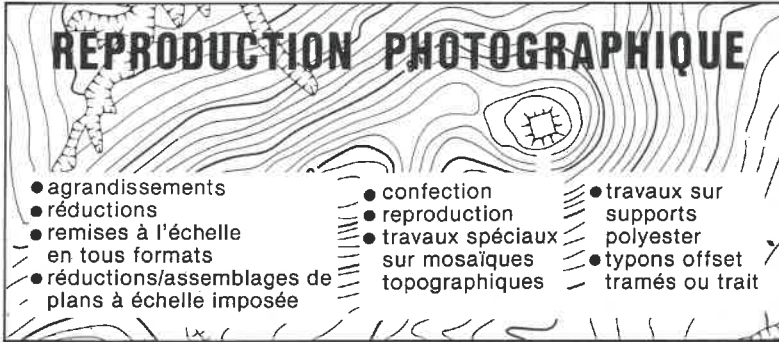
**les 1<sup>er</sup>, 2 et 3 décembre 1983** - 9<sup>e</sup> Colloque technique AFT "La Formation Continue". Assemblée Générale annuelle.

## INTERNATIONAL

### PARIS

**du 13 au 16 septembre** - Congrès Européen de la FEANI - L'ingénieur au service des hommes.

**du 19 au 25 septembre 1983** - IFEP 9<sup>e</sup> Congrès Mondial de l'Informatique.



## REPRODUCTION PHOTOGRAPHIQUE

- agrandissements
- réductions
- remises à l'échelle en tous formats
- réductions/assemblages de plans à échelle imposée
- confection
- reproduction
- travaux spéciaux sur mosaïques topographiques
- travaux sur supports polyester
- typons offset tramés ou trait

## HAUTE PRECISION





PHOTO REPROGRAPHIE PHOTO CARTOGRAPHIE

### LES APPLICATIONS DE LA REPRODUCTION TECHNIQUE

5, rue de la Véga  
75012 PARIS

 **347.15.92**

## PROGRAMMES DES ASSOCIATIONS INTERNATIONALES JUSQU'EN 1992

ANNÉES	Fédération internationale des Géomètres — F.I.G. —	Association internationale de Cartographie — I.C.A. —	Société internationale de photogrammétrie et de Télédétection — I.S.P.R.S. —	Association internationale de Géodésie — I.A.G. - (I.U.G.G.) —
1983	Congrès à Sofia (BG)	Comité Exécutif		Congrès à Hambourg 15-27 août 83
1984	Comité Permanent au Japon (Tokyo)	A.G. en Australie Perth août 84	Congrès au Brésil Rio de Janeiro 17-29 juin 84	
1985	Comité Permanent en Pologne (Varsovie)	Comité Exécutif		
1986	Congrès de Toronto (CA) du 1 <sup>er</sup> -11 juin	Comité Exécutif	Symposium	
1987	Comité Permanent en Norvège (Oslo)	Congrès à Mexico		Congrès
1988	Comité Permanent	Comité Exécutif	Congrès	
1989	Comité Permanent	Conférence Technique		
1990	Congrès à Helsinki	Comité Exécutif	Symposium	
1991	Comité Permanent	Congrès		Congrès
1992	Comité Permanent	Comité Exécutif	Congrès	

... emploi... emploi... emploi... emploi...

### Rubrique gratuite réservée aux membres de l'AFT

<p>Yves ALAJOUANINE, Président Régional de l'AFT Rhône-Alpes, recueille les offres et demandes d'emplois de géomètre parues dans la presse française et les tient à la disposition des membres de l'AFT. S'adresser :</p> <p>Y. ALAJOUANINE 108 bis, rue Hénon 69004 LYON Tél. : (7) 830.80.50</p>	<h4>OFFRES D'EMPLOI</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>Société Paris recherche 2 Restituteurs-Photogrammètres dont 1 avec expérience pouvant déboucher sur situation avenir Cadre. Un logement disponible . Écrire à : AFT, OE 24</li> </ul>
<h4>DEMANDES D'EMPLOI</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>Géomètre principal confirmé cherche poste à responsabilité dans cabinet, BE ou services techniques. Possède voiture, T2 et Distomat. Écrire à : AFT, DE 26</li> <li>Jeune ingénieur ESGT (promo 82), dégagé des obligations militaires fin décembre 1983, 2 années d'expérience professionnelle, dont 16 mois en Outre-Mer, recherche emploi région Rhône-Alpes de préférence. Écrire : Raymond CHEVILLARD 35, rue Joliot-Curie bât 1A 69005 LYON</li> </ul>	<h4>FORMATION CONTINUE-STAGES</h4> <p>Le N° 14 de XYZ contient pages 21 et 22 une liste très complète des organismes réalisant des actions de formation continue. Il convient d'y ajouter les organisations suivantes :</p> <p><b>CEIFICI</b>, 6, rue Vital 75016 PARIS. Tél. : (1) 504.55.02</p> <p><b>GDTA</b>, 18, avenue Édouard-Belin 31055 TOULOUSE Cedex. Tél. : (61) 27.42.90 et (61) 27.42.87 et bien entendu <b>l'AFT</b> !</p> <p>Notre association, habilitée à assurer des stages de formation continue, organise en effet, selon une formule originale, des cours "à la carte" et éventuellement à domicile. Grâce à la diversité d'origines, de disciplines et d'expériences de nos adhérents, elle est à même, sur un thème très particulier, de trouver les spécialistes convenables et de mettre sur pied cours et travaux pratiques.</p>

# COLLOQUE DE LILLE

22 et 23 avril 1983

## "Les banques de données urbaines"

### Organisé par :

M. Gilbert COUSIN, Directeur Adjoint à la Section Informatique et Données Urbaines de la CUDL, Président Régional de l'AFT.

en l'Hôtel de la Communauté Urbaine de Lille (CUDL).

### Président d'Honneur :

M. Guy LENGAGNE, Secrétaire d'État auprès du Ministre des Transports, chargé de la Mer, Conseiller Général du Pas-de-Calais, Maire de Boulogne-sur-Mer, Président de la Commission Nationale d'Informations Géographiques.

### Présidents

M. Michel ARROU-VIGNOD, Inspecteur Général de l'Équipement, Chargé de Mission auprès du Directeur de l'Urbanisme et des Paysages, représentant M. le Ministre de l'Urbanisme et du Logement.

et M. André DESMULLIEZ, Conseiller Général, Vice-Président de la CUDL, représentant M. le Président Arthur NOTEBART.

Ce colloque, précédé le jeudi 21 avril par une visite de la Centrale de Données Urbaines de la Communauté Urbaine de Lille, a connu un remarquable succès d'affluence : 103 personnes inscrites, dont 70 membres de l'AFT. Il s'est déroulé selon le programme, que nous rappelons ci-dessous :

### VENDREDI 22 AVRIL - MATIN

Président de séance : M. DUBUISSEZ, Directeur Général, Section Informatique et Données Urbaines de la CUDL.

L'Environnement Physique : Description (topographique, cartographique...). Rôle comme base de localisation.

- 9 h 30 Allocution de bienvenue par M. DESMULLIEZ  
Exposé introductif par M. ARROU-VIGNOD
- 10 h 00 Cadastre et Banques de Données Urbaines  
Présentation par M. VILLEMOT, exposé par M. CRIDLIG, Inspecteur Principal des Impôts, DGI, Sous-direction du Cadastre et de la Publicité Foncière
- 10 h 30 La Centrale de Données Urbaines de la Communauté Urbaine de Lille par M. DUBUISSEZ
- 11 h 00 IGN - Cartographie numérique à grande échelle - Projet de constitution de bases de données topographiques à partir de prises de

vues photogrammétriques, par M. PRESSENSÉ, Ingénieur Géographe, Chef du Service de la Photogrammétrie à l'Institut Géographique National

- 11 h 30 OSIRIS - un système de cartographie urbaine développé et distribué par la Compagnie Internationale de Services en Informatique CISI/filiale du Commissariat à l'Énergie Atomique, par M. GUEZ, Chef du Service Collectivités Locales, Compagnie Internationale de Services en Informatique (CISI)
- 12 h 00 Cartographie systématique des végétations en ville (cadastre vert) par M. LEGRAND, Chargé de recherches, École Nationale des Ponts et Chaussées
- 12 h 30 Occupation de l'espace et télédétection, par M. BALLUT, Chargé d'études, Division Aménagement de l'Espace, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France (IAURIF)

### VENDREDI 22 AVRIL - APRÈS-MIDI

Président de séance : M. CHOUZENOUX, Chef de la Division des Applications Informatiques et de Gestion, STU, Ministère de l'Urbanisme et du Logement.

**Autres champs d'investigation :** prise en compte de données localisées sur la population, les activités économiques... dans une optique de maîtrise du développement et de gestion de l'espace urbain **et Apport des Bases et Banques de connaissances.**

- 14 h 30 Expérience acquise par ICOREM dans la mise en place de systèmes d'informations urbaines localisées, par M. BOURSAULT, Directeur, Société ICOREM
- 15 h 00 L'information économique et sociale - quelques thèmes de réflexion liés à la décentralisation et aux actions de développement local, par M. PIECHAUD, Chef de l'Atelier d'Aménagement, STU, Ministère de l'Urbanisme et du Logement
- 15 h 30 Présentation de deux travaux de l'INSEE dans le domaine de la statistique locale, par Mme GOURIO, Administrateur, Division des Statistiques Locales, INSEE

**Bases et Banques de connaissances (bibliographiques, documentaires...) :**

- 16 h 15 Les Banques de Données Patrimoniales de l'Inventaire général par M. SAINT-AUBIN, Conservateur de l'Inventaire général des Monuments et Richesses Artistiques de la France, Ministère de la Culture et de la Communication
- 16 h 35 Réalisations documentaires du BRGM (bibliographiques, factuelles) dans le domaine des sciences de la terre, par M. LEPRÊTRE, Adjoint au Chef du Département Documentation et Informations Géologiques, BRGM
- 16 h 55 URBAMET (Urbanisme - Aménagement - Environnement - Transports), par M. HUIN, Documentaliste, Cellule de coordination, Réseau Nord, URBAMET, CETE NORD

#### **SAMEDI 23 AVRIL - MATIN**

Président de séance : Mme PANCHETTI, Chef de la Mission Informatique Collectivités, Ministère de l'Intérieur.

**Les systèmes d'Informations Urbaines - Rôle des Pouvoirs Publics :** Essais de définition, stratégies de réalisation... dans le cadre de la décentralisation. **Le point de vue d'utilisateurs. Un exemple d'exportation.**

- 9 h 00 Présentation de la "Section Informatique de la Commission Nationale des Services Départementaux et Communaux" par Mme PANCHETTI

- 9 h 15 Présentation de l'Agence de l'Informatique Rôle et Missions, par M. PEYRONNET, Chargé de mission, Collectivités Locales, Agence de l'Informatique

- 9 h 30 Définition et démarche pour la mise en œuvre d'un système d'information urbain, par M. RAMELLI, Directeur d'études, STU, Ministère de l'Urbanisme et du Logement

#### **Exemples de démarches suivies par deux Collectivités Locales :**

- 10 h 00 La Communauté Urbaine de Dunkerque, par M. BISMAR, Directeur Général des services Techniques de la Communauté Urbaine de Dunkerque
- 10 h 30 La ville de Caen, par M. LEGROS, Chargé d'études principal, STU, Ministère de l'Urbanisme et du Logement

#### **Un exemple de réalisation dans les pays en voie de développement**

- 11 h 15 Cadastre polyvalent de développement en milieu urbain, par M. PYMOR, Directeur Scientifique, Société Internationale d'Études, de Recherches et d'Organisation (SINORG)
- 12 h 45 Discours de clôture, par Mme PANCHETTI,
- Les comptes rendus de ces divers exposés paraîtront dans les prochains numéros de XYZ.

# ABONNEMENT 1983 A LA REVUE XYZ

de l'Association Française de Topographie

Pour s'abonner à cette revue, vous adressez votre demande, accompagnée du chèque de règlement à l'adresse suivante :

**ASSOCIATION FRANÇAISE  
DE TOPOGRAPHIE**

**"Abonnements"**

**39<sup>ter</sup> rue Gay-Lussac  
75005 PARIS**

Abonnement 1 AN (4 numéros) : 300 F

Tous les membres de l'A.F.T. sont automatiquement abonnés à la revue xyz.

Les abonnements sont en principe souscrits par année civile.

Achat d'un seul numéro - même adresse que ci-dessus (sous réserve de disponibilité) : 80 F.

Tél. : (1) 354.19.21 pte 310 mardi et vendredi de 10 h à 12 h.

En cas de changement d'adresse, nous invitons nos abonnés à bien vouloir communiquer à l'adresse ci-dessus la dernière bande accompagnée de la somme de 4,00 F en timbres-poste.

**votre force:  
notre service**



**Geod**

**AGA GEOTRONICS**

Appareils de mesure distribués par

- **Le Géodimeter 112** : portée 2 500 m sur 1 prisme couplable avec l'enregistreur « Géodat 122 » ● **Le Géodimeter 14 A** : portée 6 000 m sur 1 prisme ● Ces deux appareils conviennent aux travaux de polygonation à grand côté, stéréopréparation ● **Le Géodimeter 116** : portée 1 500 m sur 1 prisme, distance horizontale et dénivelé directs automatiques, sans calcul ● **Le Géodimeter 122** : portée 2 500 m sur 1 prisme, distance horizontale et dénivelé directs automatiques sans calcul, liaison phonique intégrée à l'aide du faisceau de mesure : UNICOM, faisceau guide de lumière rouge verte visible par le porte-réflexeur : TRACKLIGHT, couplable avec l'enregistreur : « GEODAT-122 » ● Ces deux appareils sont de véritables autoréducteurs pour les implantations et la levée de détails ● **Le Géodimeter 140** : portée 2 500 m sur 1 prisme. Appareil intégré, Affichage électronique des angles horizontaux et verticaux, couplable avec l'enregistreur : « GEODAT 122 », distance horizontale et dénivelé directs automatiques, sans calcul, liaison phonique intégrée à l'aide du faisceau de mesure : UNICOM ● Cet appareil universel convient à tous les travaux de relevés topographiques et implantations ● **Le GEODAT 122** : carnet électronique de terrain, enregistreur à mémoire, capacité de 700 à 1 000 points ● Cet appareil permet de passer directement des mesures de terrains aux calculs et plans

## APPEL DE CANDIDATURES

### Candidatures au Conseil de l'Association

Les membres de l'Association Française de Topographie sont informés que 4 membres nationaux du Conseil seront à élire par la prochaine Assemblée Générale de l'Association (décembre 1983) pour remplacer ou renouveler 3 mandats arri-

vant à expiration en 1983 et pour pourvoir 1 poste actuellement vacant.

Suivant les statuts, toute personne physique, membre de l'Association peut faire acte de candidature par lettre au Siège de l'Association avant le 31 août 1983.

## Les nouveaux adhérents

986	CORREIA Antonio	PT	1002	DAULL Bernard	68	1018	MILLION Claude	97
987	LECANNIET Fabienne	75	1003	GUILLO Annick	63	1019	DUPOUY Michel	75
988	LE GOURRIERE Pierrick	49	1004	MICHEL Jean-Pierre	63	1020	GILLOT Patrice	03
989	BONNIEL Guy	65	1005	NAPHETAT Daniel	03	1021	BOUKHARI Mohamed	Algérie
990	GUERRAUD Jean-Mary	75	1006	C.I.S.I. (M. Guez)	75	1022	VEYRIÉ Gilbert	13
991	VAVASSEUR Jean-Paul	91	1007	PARMENTIER Rémy	10	1023	ROGÉRIE Philippe	69
992	GRAMATICA André	31	1008	CARRE Jacques	49	1024	REGNAM S.A.	75
993	HERIVEAU Francis	31	1009	LESERVOISIER Guy	75	1025	BERTHET Lucien	73
994	CATY Jean-Claude	07	1010	MAZUEL Guy	03	1026	DESCOURS Joseph	43
995	RONVAUX Jules	Belgique	1011	ROGER Philippe	13	1027	NAVARE Françoise	10
996	CHEVILLARD Raymond	N. Calé.	1012	JACQUES Guy	25	1028	GAUTRON Marc	94
997	GILG André	41	1013	ZORIO-MAULEN Pierre	43	1029	DUCLoux	
998	DESMET Dominique	41	1014	BOUGUET Jean-Claude	22	1030	KASSER	
999	COFIROUTE	75	1015	DECOBERT Bernard	24	1031	SERRE	
1000	GARCIA Claude	26	1016	MOSER Francis	67	1032	LECOMTE	
1001	COSSUTA Joël	02	1017	SOYEZ Philippe	59	1033	BOULEY	

... nouvelles... nouvelles... nouvelles...

## NOTRE MILLIÈME ADHÉRENT

Le 28 mars dernier notre Association a enregistré la millièème adhésion.

A cette occasion, le Président de l'Association et la direction de la Revue souhaitent à M. Claude GARCIA la bienvenue parmi les membres de l'AFT.



M. Claude GARCIA, Ingénieur ENSAIS travaille actuellement à l'Entreprise Francis BOUYGUES sur le Chantier de la centrale nucléaire de Saint-Alban où il participe aux dernières implantations de génie civil et de VRD, avant d'aller démarrer un nouveau chantier à La Hague toujours dans le nucléaire.

Auparavant M. GARCIA avait, à la sortie de son école d'Ingénieurs, fait un stage à la division Topographie d'EDF où il avait participé aux auscultations du Bugey, puis il avait travaillé au Koweït sur le chantier d'un pont de conception nouvelle et sur un projet autoroutier en Irak.

## NOUVELLES DES COMMISSIONS

Jean COMBE, qui vient d'accepter la Présidence de la Commission 8 nous communique :

Notre association, lors de la réunion du Conseil du 3 juin 1983 a décidé du thème du prochain colloque technique, à savoir :

"Topométrie Industrielle"

et du lieu - Région Bourgogne -

Comme vous le savez, un colloque se prépare longtemps à l'avance, et c'est pourquoi je vous invite déjà à réfléchir aux divers aspects devant conduire à la réussite de celui-ci et en particulier à contacter les

membres susceptibles de présenter une communication sur ces aspects.

Afin d'éviter de déborder le thème choisi, il me paraît important que les exposés se rapportent à :

— la construction d'usine pour la partie mécanique et installation,

— le contrôle dimensionnel ou de fonction par des procédés topométriques voire photogrammétriques,

— le réglage des machines tournantes, machines outils, chaînes de montages,

— ou toute autre application topographique se référant à l'Industrie.

Il est souhaitable que chaque intervenant prépare un résumé (d'une page au maximum) en précisant le sujet choisi et le sommaire de son exposé.

Tout courrier concernant ce colloque peut être adressé à :

— M. Émile BERGER, Président de l'AFT - Bourgogne

— M. Roger CHEVALIER à Creusot-Loire.  
ou au siège de l'Association.

J.C.

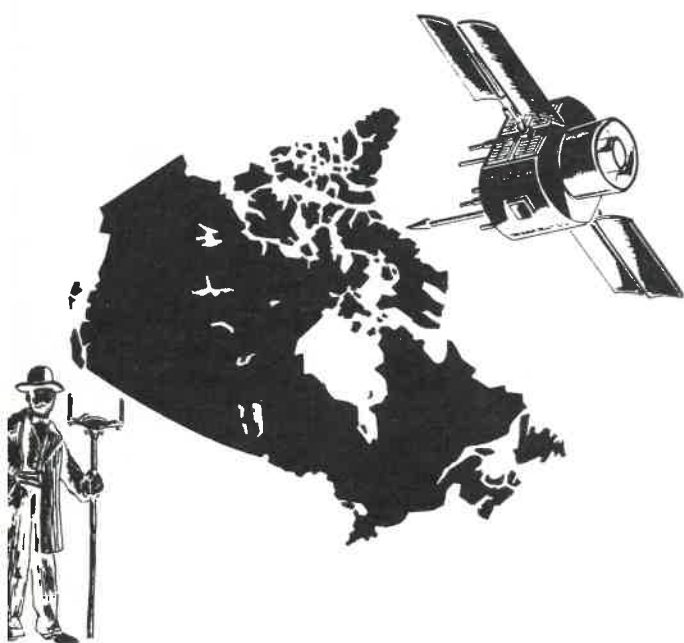
## Décès

Nous apprenons avec peine les décès de Jacques JACQUET, Géomètre-Expert à Thiers (AFT n° 548), Alain RAMBOUR, Géomètre-Expert à Châtellerault

(AFT n° 900) et Jean ALAPETITE (AFT n° 607), principal du cabinet DARNAUD à Paris.

Lu pour vous... Lu pour vous... Lu pour vous... Lu pour

### LE NUMÉRO SPÉCIAL DE THE CANADIAN SURVEYOR LE GÉOMÈTRE CANADIEN DE LA BOUSSE AU SATELLITE



## FROM COMPASS

## TO SATELLITE

by  
W.D. Stretton

### RÉSUMÉ

L'ouvrage de STRETTON illustre bien de quelle façon les arpenteurs ont été au premier rang du progrès du pays au cours des 100 dernières années. Il y a un siècle, deux célèbres arpenteurs, Sir Sandford FLEMING et Sir Casimir GZOWSKI, traçaient de nouvelles lignes de chemin de fer et l'Arpenteur général, M. Edouard DEVILLE, dressait des cartes de l'Ouest du pays, à l'intention des nouveaux colons. STRETTON retrace et relate les exploits de certains de leurs collègues et successeurs qui ont fait des levés ou les ont dirigés, qui ont écrit des articles, remporté des prix, conçu des instruments, mis sur pied des écoles et des départements et organisé des congrès et des symposiums. Il existe plus de 150 biographies et bon nombre de portraits d'arpenteurs, de géodésiens, d'hydrographes, de photogrammètres et de cartographes qui donnent au lecteur un aperçu des motivations et de la personnalité de ces derniers. Il décrit en détail la mise sur pied et l'expansion de l'Association canadienne des sciences géodésiques et de chaque association provinciale.

D'intéressantes anecdotes s'ajoutent à l'histoire comme, par exemple, le différend qui opposa les arpenteurs à Louis RIEL, le mariage de M. DEVILLE avec la fille du Premier Ministre du Québec, l'incarcération du président à la suite d'une discussion au sujet de l'abolition des examens, l'exposition d'une simple rose sur une petite table aux congrès de l'ACSG et les bandes dessinées de Bill BROOKES qui savent amuser tous et chacun.

On y retrouve de très intéressants extraits d'exposés présentés lors de colloques et d'autres réunions et on y fait des prévisions. L'ouvrage constitue une source de renseignements inestimables à propos des réalisations et des déclarations des arpenteurs canadiens, de la façon dont ils ont utilisé une variété d'instruments, du compas au satellite en passant par les cartes topographiques et les cartes marines, afin de subdiviser les terres du Canada.



## CONCOURS NATIONAL PHOTOGRAPHIQUE

La Société des Ingénieurs Diplômés de l'École Spéciale des Travaux Publics Région Ile-de-France lance un concours de photographie avec la collaboration de la Fédération régionale des Travaux Publics d'Ile-de-France, du Syndicat National du Béton Armé et des Techniques Industrialisées, le Moniteur des Travaux Publics et du Bâtiment, la Revue Photomagazine et la Société KODAK.

Ce concours a un but artistique et technique. Il veut attirer l'attention sur les réalisations contemporaines, en génie civil notamment, des Entreprises françaises tant en France qu'à l'étranger.

Le règlement du concours peut être obtenu auprès de la SID-ETP, 6, rue Vital, 75116 Paris. Les inscriptions seront closes le 6 novembre 1983.



# AERIAL

*PRISES DE VUES AERIENNES  
pour la photogrammétrie,  
la photo-interprétation,  
les études,  
l'information...*

*PHOTOTHEQUE*

Z.I. D'AIX-EN-PROVENCE  
13763 LES MILLES CEDEX  
Tél. (42) 60.05.45  
Télex Aéromap 401 140 F

*REPROGRAPHIE DE PRECISION  
pour la cartographie,  
le dessin,  
les arts graphiques...*

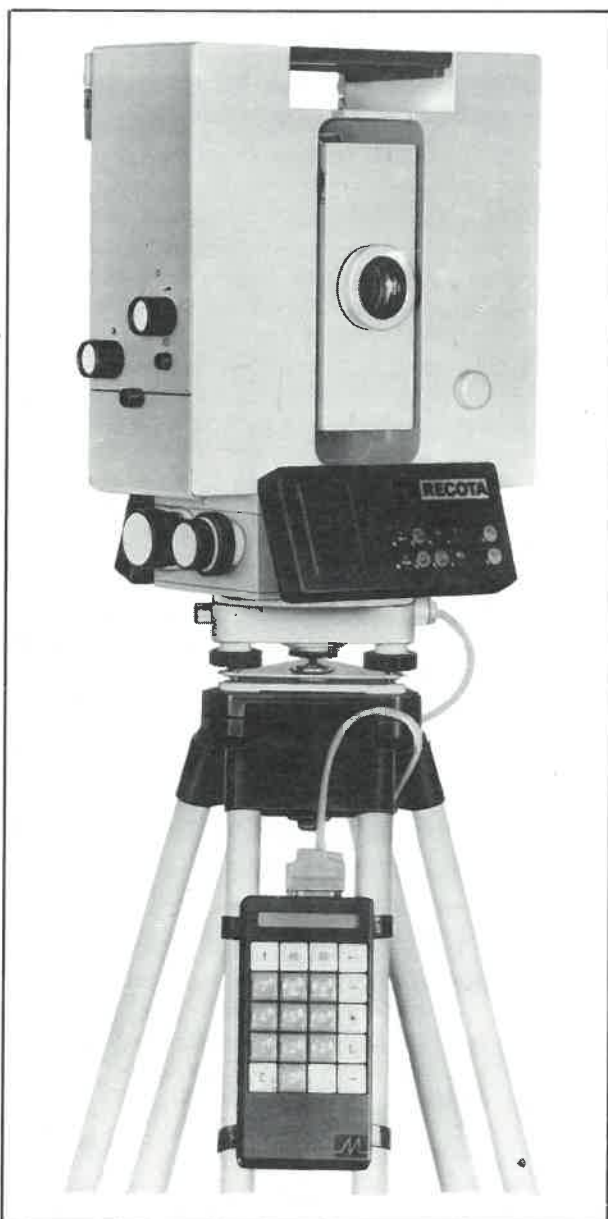
**1983 : 75 années d'expérience !**

# RECOTA



## TACHEOMETRE ELECTRONIQUE

*POUR RENTABILISER ET FACILITER TOUS  
VOS TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES*



Système de mesure et de  
saisie automatique des  
données du terrain.

Calculs topographiques,  
géodésiques et piquetage  
avec calculateur intégré.

Enregistrement sur  
système "MICRONIC" 48 K  
à mémoire vive CMOS.

Cassettes complémentaires  
de transfert "MEMPAC".

Traitement sur micro-informatique  
courante — V 24/RS 232 C.

Distances jusqu'à 3000 m  
angles affichés à 0,0001 G.

### **DE MULTIPLES POSSIBILITES AU PLUS JUSTE PRIX**

Garantie totale 1 ANNEE  
Service après-vente assuré par  
nos ateliers à Paris.

*Demander offre et documentation, démonstration aux agents généraux*

**COMPAGNIE GENERALE DE PHYSIQUE**

48, Bd de la Bastille 75011 PARIS — ☎ 344.12.34  
Télex : COGEPHY - 220 231

# La définition du mètre

P. BOUCHARÉINE  
Institut National de Métrologie (CNAM)

## RÉSUMÉ

On donne la définition proposée par la septième session du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre et ses différents aspects sont discutés. Après un rappel des résultats expérimentaux qui ont conduit à ce choix, on analyse les conséquences de ce changement de définition de l'unité de longueur sur la structure du Système International d'Unités, sur la nouvelle relation entre longueurs et temps et la conséquence sur la mesure des vitesses, sur la réalisation de l'étalon primaire de longueur, et sur les mesures pratiques.

## ABSTRACT

*The new definition proposed by the 7th session of the "Comité Consultatif pour la Définition du Mètre" is given and discussed. After an historical review of experimental results which are responsible for this choice, the consequences of the change in the definition of the unit of length are examined concerning the structure of the "Système International d'Unités", the relation between lengths and time and its impact on speed measurements, the realization of length primary standard and practical measurements.*

Au cours de sa septième session tenue au Bureau International des Poids et Mesures à Sèvres en juin 1982 le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre, réunissant une quinzaine de scientifiques venus des cinq continents, s'est prononcé à l'unanimité en faveur d'une nouvelle définition de l'unité de longueur. Déjà soumise au Comité International des Poids et Mesures, cette définition pourrait être promulguée par la prochaine Conférence Générale des Poids et Mesures qui doit se tenir en 1983.

D'après cette nouvelle définition, le mètre serait "la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière en  $1/299\,792\,458$  de seconde".

Nous rappellerons dans une première partie les raisons qui ont conduit à une telle décision. Nous analyserons ensuite les conséquences de ce changement, d'abord sur la structure du Système International d'Unités (SI), puis sur la mesure des longueurs, aussi bien au niveau des étalonnages et de l'étalon primaire que des mesures pratiques.

## 1 — POURQUOI CETTE DÉFINITION ?

La valeur actuelle du mètre est la conséquence du choix de la première définition proposée par l'Académie des Sciences et adoptée en 1791 par l'Assemblée Nationale : "Le mètre est la dix millionième partie du quart du méridien terrestre". Cette définition s'appuyait sur une référence naturelle et à la disposition de tous ; c'était un progrès considérable que de remplacer les nombreuses références artificielles et indépendantes les unes des autres par un étalon unique. Les multiples et sous-multiples du mètre furent en même temps définis sur la base de la décimalisation, et cette propriété fut certainement décisive dans le rôle que joua plus tard le Système Métrique français dans l'établissement en 1875 du Système International.

Pour matérialiser cette définition, et après la campagne épique de trois académiciens au Pérou, La Condamine, Bouguer et Godin (1), les mesures effectuées par Delambre et Méchain d'un arc de méridien entre Dunkerque et Barcelone donnèrent au mètre la valeur de 0,513074 toise (2). Comme ces mesures géodésiques conduisaient à des campagnes de longue haleine, on les concrétisa par la réalisation d'une

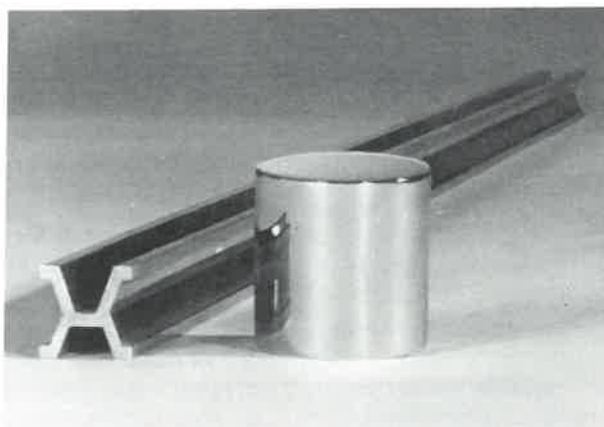


Fig. 1 : Les Prototypes internationaux en platine iridié du mètre et du kilogramme sont les modèles de l'étalon primaire unique et artificiel, seul objet sur lequel s'appuie la définition de l'unité. Ce type d'étalon rend difficile la dissémination des références ; en ce qui concerne le kilogramme, on n'a encore rien trouvé d'aussi exact (Doc. BIPM).

règle à bouts en platine, le "Mètre des Archives". D'un usage plus commode, et surtout permettant des mesures plus précises, le Mètre des Archives devint le support d'une nouvelle définition en 1799. Les possibilités de la technique avaient contraint les scientifiques à sacrifier le caractère naturel et universel de l'étalon terrestre.

Lorsqu'en 1875, 17 états signèrent la "Convention du Mètre" instituant le Système International d'Unités, c'est le Système Métrique français qui servit de modèle, et le mètre fut défini à partir d'une règle à traits, en platine iridié et à laquelle un profil adapté donnait des qualités mécaniques optimales. Le "Prototype International" du mètre avait été choisi parmi une vingtaine de règles identiques comme s'approchant le mieux de la longueur du Mètre français, lequel s'est d'ailleurs avéré trop court de 0,2 mm pour représenter la première définition.

Dès 1892 les mesures interférentielles effectuées par A. MICHELSON et J.-R. BENOÎT au Bureau International des Poids et Mesures (3) attirèrent l'attention des physiciens sur l'intérêt des radiations atomiques comme références de longueurs d'onde. Cet intérêt fut confirmé quatorze ans après par les travaux que Charles FABRY effectua au Conservatoire National des Arts et Métiers à l'aide de son interféromètre à ondes multiples. C. FABRY fut le premier à remarquer la grande finesse spectrale des radiations émises par le Krypton à basse température (4) (5).

Ce n'est pourtant qu'en 1952 que fut créé le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre pour étudier les possibilités de définir l'unité de longueur à partir de la longueur d'onde d'une radiation atomique. A la suite de discussions nombreuses et animées, le choix fut fait d'une radiation de l'isotope 86 du Krypton pour la définition, toujours en vigueur actuellement, promulguée par la 22<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures réunie au Bureau International en octobre 1960 :

*"Le mètre est la longueur égale à 1 650 763,73 longueurs d'onde dans le vide de la radiation correspondant à la transition entre les niveaux  $2p_{10}$  et  $5d_5$  de l'atome de Krypton 86".*

Le principal mérite de cette définition était de faire passer l'incertitude de l'étalon primaire des quelques dixièmes de micromètre liés à la lecture au microscope des traits du Prototype International à quelques nanomètres liés à la lecture de la phase des signaux interférentiels. Mais cette définition redonnait également au mètre le caractère naturel qu'on avait cherché dans le méridien terrestre. L'atome apporte au métrologue les meilleures garanties d'universalité et de pérennité, qualités essentielles pour un accès commode à l'étalon primaire.

Cette définition n'était pas encore promulguée que l'on parlait déjà de masers optiques ou lasers, dont les qualités exceptionnelles de pureté spectrale se firent immédiatement remarquer. Au cours de la troisième session du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre tenue à Sèvres en octobre 1962, P. CONNES est venu présenter aux métrologues ces nouvelles sources de lumière. Après avoir insisté sur la nécessité d'asservir la fréquence de résonance de la cavité optique sur une référence stable, sous peine de retrouver dans la longueur d'onde les instabilités à

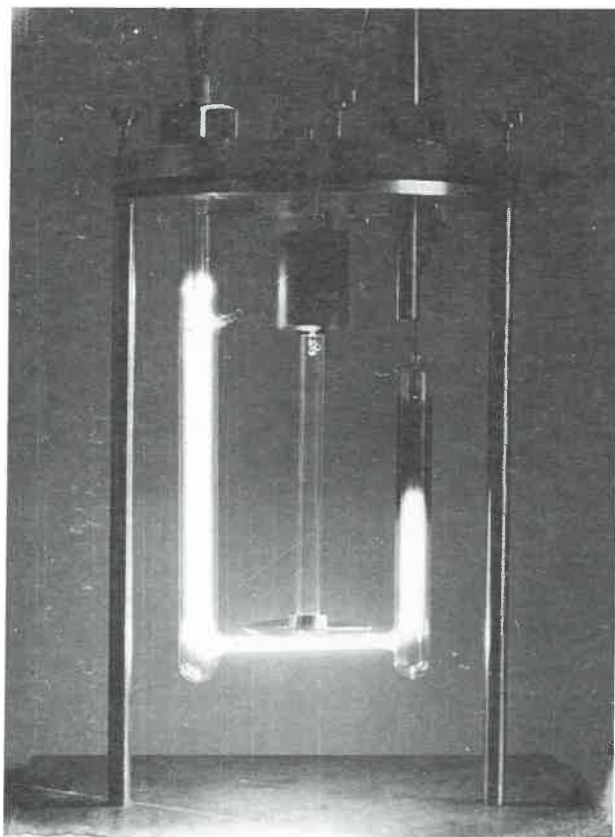


Fig. 2 : La lampe à Krypton permet de matérialiser l'actuelle définition du mètre, à condition de lui adjoindre un monochromateur et un interféromètre. L'étalon primaire est ainsi à la portée de tout laboratoire bien équipé.

long terme de la cavité optique responsable de la fréquence de l'oscillation, il conclut ainsi son exposé : "l'interconnexion que le laser permet d'établir entre les mesures de longueur et les mesures de fréquence sera très fructueuse" (6). Les événements allaient confirmer ce point de vue beaucoup plus vite que personne n'aurait pu le penser à l'époque.

C'est en effet en 1969 que R.-L. BARGER et J.-L. HALL (7) réussirent à stabiliser la fréquence d'un laser hélium-néon oscillant à 88 THz (longueur d'onde 3,39  $\mu\text{m}$ ) sur une transition moléculaire du méthane. Mettant à profit la finesse spectrale du laser, ils purent s'affranchir, par le phénomène de l'absorption saturée, de l'effet Doppler-Fizeau lié à l'agitation thermique des molécules de méthane. Cette sélection des molécules dénuées de décalage Doppler-Fizeau (ce sont les molécules qui se déplacent dans une direction perpendiculaire au faisceau absorbé) est beaucoup plus simple à mettre en œuvre qu'un jet moléculaire, et elle est plus efficace, le nombre de molécules concernées étant beaucoup plus important. La durée de vie d'une cellule pour absorption saturée est pratiquement illimitée.

Sur ce laser stabilisé, dont les défauts de répétabilité de la fréquence n'excèdent pas quelques  $10^{-14}$  en valeur relative, on put faire une mesure de la longueur d'onde dans le vide avec une incertitude de quelques  $10^{-9}$  principalement due à l'incertitude de l'étalon de longueur, et, grâce aux nouvelles diodes métal-isolant-métal dont la bande passante atteint la centaine de térahertz, une équipe du Massachussets

Institute of Technology put faire une mesure de fréquence (8) avec une incertitude relative de quelques  $10^{-10}$ . De ces deux mesures on tira la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide avec une incertitude cent fois plus faible que dans les mesures précédentes, incertitude essentiellement due à la définition même de l'unité de longueur :

$$c = \lambda \cdot \nu = 299\,792\,458 \pm 1,2 \text{ m/s}$$

Dès l'obtention de ces résultats expérimentaux (1972), l'insuffisance de l'étalon primaire de longueur résultant de la définition de 1960 devenait flagrante. Alors que la règle en platine avait rempli son office pendant 85 années, la longueur d'onde de la radiation du Krypton, qui avait fait progresser l'exactitude d'un facteur 100, était tombée en obsolescence après dix ans d'existence.

Le réflexe le plus naturel était alors de remplacer simplement la longueur d'onde du Krypton par celle du nouveau laser. Mais c'est s'exposer à de très fréquents changements d'étalon, les progrès technologiques dans ce nouveau domaine risquant d'être très rapides. D'autre part la valeur de  $c$  donnée ci-dessus est venue remplacer la valeur recommandée jusque là par l'Union Astronomique Internationale, et venant des mesures du britannique K.-D. FROOME sur des mesures de longueurs d'onde centimétriques :

$$c = 299\,792,5 \text{ km/s.}$$

De nombreux utilisateurs de cette valeur (spectroscopistes, astronomes, géophysiciens) ont du revoir de longues tables numériques (longueurs d'onde, nombres d'ondes, éphémérides, etc.). Ces révisions se traduisent par des périodes transitoires inévitables au cours desquelles règne une certaine incohérence. L'ensemble de la communauté scientifique est donc intéressée à ce que la valeur numérique d'une constante aussi fondamentale que la vitesse de la lumière dans le vide reste inchangée (9). Enfin le choix de la définition d'une unité permet d'annuler l'incertitude sur une valeur numérique : ce fut successivement celle de la longueur du méridien terrestre, de la longueur du Prototype International en platine, de la

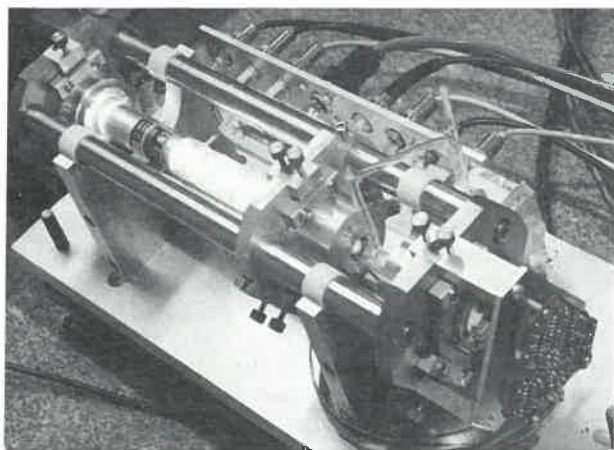


Fig. 3 : Les lasers stabilisés ont détrôné la lampe à Krypton dix ans après que celle-ci ait été choisie comme support de la définition du mètre. La future définition aura l'avantage de pouvoir exploiter les qualités de tout nouveau type de laser. L'exemplaire ci-dessus est un laser hélium-néon stabilisé par absorption saturée dans l'iode. C'est le plus répandu.

La limitation principale à l'exactitude de la longueur d'onde dans le vide de la radiation du Krypton est liée à l'agitation thermique des atomes de Krypton et à l'effet Doppler-Fizeau qui en résulte. Cet effet se traduit par un profil spectral gaussien dont la largeur peut s'exprimer en fonction de la température  $T$ , de la masse  $m$  des atomes, de la constante de Boltzmann  $k$  et de la vitesse de la lumière  $c$  :

$$\frac{\Delta \nu}{\nu} = \sqrt{\frac{2kT}{mc^2}}$$

Par la très basse température (63 K) qu'ils permettent d'atteindre et leur masse élevée, les atomes de Krypton sont ceux qui donnent la plus faible valeur du rapport  $T/m$ , et par conséquent la meilleure finesse spectrale d'une source de type classique.

Dans un laser les atomes ne servent que d'amplificateur et à l'intérieur de la bande spectrale déterminée par l'élargissement spectral de la transition, ils ne déterminent pas la fréquence de l'oscillation. Celle-ci est fixée par la longueur  $L$  de la cavité optique du laser et la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques  $c$  :

$$\nu = \frac{Nc}{2L}$$

où  $N$  est un nombre entier (de l'ordre de quelques  $10^5$  à  $10^6$ ) caractérisant l'ordre d'un mode longitudinal de la cavité. Par l'émission induite, l'onde stationnaire résonnante sélectionne dans le profil spectral ceux des atomes pour lesquels la fréquence apparente, compte tenu de l'effet Doppler-Fizeau, est égale à celle de la cavité. C'est ainsi que dans le rayonnement laser, l'élargissement dû à l'agitation thermique est éliminé pour les atomes. L'agitation thermique de la cavité elle-même reste négligeable, ainsi que les fluctuations de fréquence dues au bruit du système amplificateur, essentiellement apporté par l'émission spontanée des atomes. Ce sont des paramètres technologiques qui limitent la stabilité de fréquence à court terme d'un laser à quelques  $10^{-14}$  ou quelques  $10^{-12}$ , suivant les conditions de fonctionnement. A long terme, la fréquence d'un laser est perturbée par les dérivés mécaniques et thermiques de la longueur  $L$  de la cavité, qui doit donc être rattachée à une référence atomique ou moléculaire.

longueur d'onde de la radiation orangée du Krypton. Annuler cette incertitude sur la vitesse de la lumière est certainement plus fondamental. Les expériences de MICHELSON et MORLEY, rééditées récemment par A. BRILLET et J. HALL avec une sensibilité plus de mille fois meilleure grâce au laser stabilisé sur le méthane (10), et la théorie de la relativité ont donné à cette constante fondamentale une importance toute particulière.

C'est la raison pour laquelle le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre a décidé de rattacher l'unité de longueur à l'unité de temps en fixant conventionnellement une valeur exacte par définition à la vitesse de la lumière dans le vide. De nombreuses discussions ont eu lieu sur la forme à donner à la définition du mètre (11), et c'est finalement celle exprimée en tête de cet article qui a été retenue.

## 2 — LES CONSÉQUENCES DE LA NOUVELLE DÉFINITION SUR LA STRUCTURE DU SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITÉS

Ainsi le mètre ne sera plus défini par une référence indépendante, mais par rapport à la seconde par l'intermédiaire de la vitesse de la lumière dans le vide dont la valeur numérique est implicitement fixée par la nouvelle définition à 299 792 458 m/s.

Certains ont vu dans cette démarche la disparition du mètre en tant qu'unité de base du Système International, les longueurs étant remplacées par les vitesses et devenant une grandeur dérivée des temps et de la vitesse de la lumière. Il aurait pu en être ainsi, si les vitesses pouvaient se mesurer avec une meilleure exactitude que les longueurs, en définissant une unité de vitesse comme la  $1/299\,792\,458^{\circ}$  partie de la vitesse de la lumière dans le vide. Il aurait fallu trouver un nom à cette unité (par exemple le fizeau) et le mètre serait devenu le fizeau seconde \*. Mais avec la définition proposée il n'en est rien : c'est l'unité de longueur, le mètre, qui est définie, et les vitesses continueront à s'exprimer en mètres par seconde.

La nouvelle définition ne modifie donc pas la structure du Système International : le mètre et la seconde restent deux unités de base de deux grandeurs physiques de base, les longueurs et les temps. Seules les tailles de ces unités ne sont plus indépendantes, mais reliées par la valeur exacte affectée à la vitesse de la lumière. Un seul changement d'ordre administratif sera nécessaire : il faut d'abord définir la seconde pour pouvoir donner une définition non ambiguë du mètre. Or traditionnellement, c'est toujours la définition du mètre que l'on donnait en tête des unités du système métrique. Souhaitons seulement que le Système International d'Unités n'en devienne pas un système secondaire !

Une conséquence plus sérieuse pourra peut-être apparaître au niveau de la mesure des vitesses, mais elle est pour l'instant purement conjecturale. La mesure d'une vitesse comporte celle d'une longueur  $L$  et d'un temps  $T$  dont on calcule le rapport  $V = L/T$ . L'incertitude sur la vitesse est une combinaison des incertitudes sur la longueur et sur le temps, et ces incertitudes étaient jusqu'ici indépendantes au niveau des étalons primaires. Il en résulte qu'une mesure de vitesse ne pouvait pas se faire avec une incertitude relative inférieure à l'une ou l'autre des incertitudes relatives au niveau de ces étalons. Avec la nouvelle définition, ces incertitudes au niveau des étalons ne sont plus indépendantes ; leur corrélation pourrait être telle que l'incertitude sur le rapport  $L/T$  soit inférieure à une, ou même aux deux incertitudes relatives sur les unités de longueur et de temps. Par exemple, dans une expérience (qui pour l'instant n'est pas pratiquement envisageable, à ma connaissance) où la vitesse d'une particule serait directe-

\* On aurait même pu aller plus loin en supprimant purement et simplement une unité de base et en établissant une équivalence entre une durée de une seconde et une longueur de 299 792 458 m. On aurait alors fixé la vitesse de la lumière comme un facteur numérique sans dimension, représentant une pente dans l'espace-temps à quatre dimensions. Cette pente est le demi-angle au sommet du "cône" séparant le présent du futur dans cet espace bien connu des relativistes.

ment comparée à la vitesse de la lumière, seules les caractéristiques expérimentales imposeraient une limite à l'exactitude de cette comparaison, indépendamment des incertitudes données par une horloge à césium ou a fortiori par un interféromètre.

## 3 — LES CONSÉQUENCES SUR LES MESURES PRATIQUES

La première conséquence d'une définition d'unité au niveau des mesures est sa matérialisation sous forme de l'étalon primaire. La notion d'étalon primaire a été déformée par la nature de certains de ces étalons comme les Prototypes Internationaux en platine du mètre et du kilogramme. Ce sont dans ce cas des objets artificiels et uniques qui sont l'étalon primaire, tous les autres étalons ne pouvant se rattacher à la définition que par une comparaison à ces objets, dont la préciosité, rehaussée par le choix d'un matériau comme le platine, a conduit à l'élaboration d'un cérémonial qui est resté attaché à la notion d'étalon primaire. Déjà avec la définition actuelle fondée sur la longueur d'onde d'un rayonnement du Krypton, il n'y a pas un, mais des étalons primaires répartis dans de nombreux laboratoires du monde entier.

Plus la définition est abstraite, et plus le passage à un étalon pratique est délicat. Avec la définition actuelle, une lampe à Krypton ne mérite pas l'appellation d'étalon primaire, car elle ne permet pas, à elle seule, d'observer la longueur d'onde de la radiation orangée. L'étalon primaire de longueur est pour l'instant un ensemble instrumental élaboré comprenant une lampe à Krypton 86 fonctionnant conformément aux recommandations du Comité International des Poids et Mesures, un monochromateur pour isoler la radiation étalon, et surtout un interféromètre qui est pour l'instant le moyen obligatoire pour pouvoir observer la longueur d'onde de radiations dans ce domaine de fréquences.

Avec la nouvelle définition proposée pour le mètre, on aurait envie de dire que l'étalon primaire de la longueur est la même que l'étalon primaire du temps, c'est-à-dire une horloge à césium. Si une horloge à césium doit nécessairement faire partie de l'étalon primaire de longueur (directement ou indirectement) puisqu'il faudra faire une mesure de temps (ou ce qui revient au même une mesure de fréquence) elle ne suffit manifestement pas à matérialiser la définition du mètre. L'étalon primaire de longueur, c'est de la lumière, au sens large des ondes électromagnétiques, se propageant dans le vide, et une instrumentation associée permettant de visualiser le trajet parcouru en un temps donné. De nombreux dispositifs sont susceptibles de remplir cet office. Ils vont de la roue dentée de Fizeau (ou du miroir tournant de Foucault) associée à une horloge aux techniques de mesures de temps de vol d'impulsions laser et à la visualisation par voie interférentielle de la longueur d'onde de radiations monochromatiques dont on a mesuré la fréquence.

La mesure des temps de vol aller et retour d'une impulsion laser réfléchi sur un dispositif optique adapté comme le trièdre trirectangle (ou "coin de cube") ne peut être mise en pratique que pour de grandes distances. En effet la durée des impulsions descend difficilement en-dessous de la picoseconde

( $10^{-12}$  s) et la constante de temps de la détection est mille fois plus grande. Il est donc difficile de réduire l'incertitude à moins de quelques centimètres. C'est cette incertitude qui est atteinte dans les mesures très délicates de la distance de la Terre à la Lune effectuées à l'aide d'un laser à impulsions, d'un télescope et des rétroreflecteurs déposés sur notre satellite par diverses missions lunaires. Cette mesure sera probablement, avec les mesures de longueurs d'onde en spectrométrie atomique et moléculaire, l'une des premières à bénéficier effectivement du gain d'exactitude apporté par le nouvel étalon. En effet les mesures actuelles ne peuvent se faire, sur une distance de 400 000 km qu'avec une incertitude comprise entre 80 cm et 2 m, qui est l'incertitude apportée par la longueur d'onde dans le vide du Krypton. A condition d'apporter les corrections dues à la traversée de l'atmosphère terrestre, la nouvelle définition apportera donc un gain en exactitude de l'ordre de quelques dizaines à la mesure de la distance de la Terre à la Lune.

Pour des mesures plus terre à terre c'est d'ailleurs le problème de la propagation dans l'air qui limitera longtemps l'exactitude des mesures de longueur. Que ce soit par la mesure du déphasage de la modulation d'un faisceau, version moderne de la méthode de Fizeau et de Foucault, ou dans les mesures par interféromètre laser, c'est l'incertitude sur la valeur de l'indice de l'air qui sera prépondérante dans les meilleurs dispositifs. Dans une atmosphère bien contrôlée, on peut connaître cet indice à quelques  $10^{-8}$  près, soit quelques dizaines de nanomètres sur un mètre, mais cela suppose des mesures délicates de la pression, de la température et de la composition chimique de l'air. En plein air, il sera difficile de faire mieux que le millionième, ce que beaucoup d'utilisateurs apprécieraient déjà sur les distances allant de quelques mètres à quelques kilomètres. Mais il s'agit

dans ce domaine d'un problème d'instrumentation plus que d'un problème de définition de l'unité.

Pour les mesures de laboratoire et la réalisation de l'étalon primaire, il sera indispensable de travailler dans le vide. Sur les distances de l'ordre du mètre c'est la visualisation interférentielle d'une longueur d'onde de laser stabilisé qui permettra de matérialiser avec la meilleure exactitude le nouveau mètre. Comme d'habitude, la définition sera accompagnée de recommandations pour sa mise en pratique. Ces recommandations préciseront quelques types de lasers stabilisés, leur fréquence, leur longueur d'onde dans le vide et l'incertitude que l'on doit en attendre (voir tableau 1). Alors qu'avec le Krypton, la précision de telles mesures était limitée par la source, c'est maintenant au niveau de la propagation de la lumière, perturbée par les phénomènes de diffraction, que se situera la limitation en exactitude des mesures interférentielles avec les lasers stabilisés.

C'est en effet la largeur spectrale, due principalement à l'élargissement thermique par effet Doppler-Fizeau, qui limitait la cohérence temporelle de la lampe à Krypton, et la longueur des trains d'onde qu'elle émet à quelques centaines de milliers de franges. Lorsque la différence de marche d'un interféromètre dépasse cette longueur, les franges d'interférence s'évanouissent par un brouillage des différentes fréquences les unes par les autres. La finesse spectrale d'un laser est pratiquement illimitée (des temps de cohérence de l'ordre de la seconde, correspondant à des trains d'onde de 300 000 km, ont été observés). La stabilité de fréquence de certains de ces lasers est parfois garantie à moyen terme à quelques  $10^{-14}$  près, mais les mesures interférentielles sont encore loin de pouvoir profiter de cette exactitude. D'une part la mesure de la fréquence d'un laser est une opération très lourde, que seuls quelques laboratoires bien équipés en moyens de mesure de très hautes fréquences (horloges, diodes, mélangeuses, chaînes de lasers et klystrons) et seule la répétabilité à long terme de ces lasers sera exploitable pratiquement ; d'autre part de nouvelles causes d'incertitude sont apparues liées aux perturbations de la propagation de la lumière dans le vide par les phénomènes de diffraction. La définition suppose en effet que la lumière se propage en ligne droite pour que le trajet soit connu par deux points. Négligeable avec l'étalon

TABLEAU 1

Liste des radiations recommandées par le C.C.D.M. (juin 1982)

Transition $\nu_3$ P(7), composante $F_2^{(2)}$ du méthane		
$\nu$ = 88 376 181 607 kHz		
$\lambda$ = 3 392 231 397,1 fm		$2.10^{-10}$
Transition 17-1 P(62), composante o de $^{127}_{12}$		
$\nu$ = 520 206 808,53 MHz		
$\lambda$ = 576 294 760,25 fm		$7.10^{-10}$
Transition 11-5 R(127), composante i		
$\nu$ = 473 612 214,8 MHz		
$\lambda$ = 632 991 398,1 fm		$1.10^{-9}$
Transition 9-2, R(47), composante o		
$\nu$ = 489 880 355,1 MHz		
$\lambda$ = 611 970 769,8 fm		$1.10^{-9}$
Transition $2p_{1/2} - 5d_{5/2}$ du $^{86}_{36}$ Kr		
$\lambda$ = 605 780 210,2 fm		$4.10^{-9}$

ainsi que les radiations du krypton 86, du mercure 198 et du cadmium 114, avec les valeurs recommandées par le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre au cours de sa troisième session (1963).

Dans ce tableau les fréquences sont la moyenne des meilleures mesures disponibles, et les incertitudes représentent trois fois l'écart-type estimé sur la moyenne. Les longueurs d'onde sont calculées à partir de ces fréquences selon la relation  $\lambda = c/\nu$  et sont arrondies.

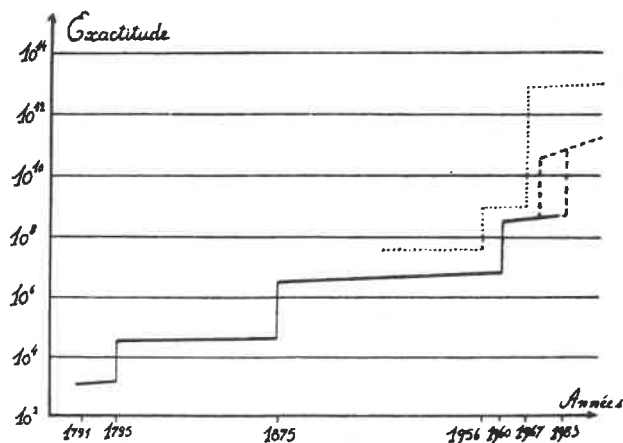


Fig. 4 : L'évolution de l'exactitude  $E/\delta E$  au niveau de l'étalon primaire pour le mètre (trait plein) et pour la seconde (trait pointillé) depuis deux siècles.

actuel, ce phénomène prend d'autant plus d'importance que la longueur d'onde est grande, ce qui défavorise le laser stabilisé sur le méthane par rapport à ses concurrents stabilisés dans le domaine visible sur des raies de l'iode, bien que la stabilité et la reproductibilité en fréquence de ces derniers soient moins bonnes. Ce serait déjà un bien beau résultat que de gagner un facteur 100 dans l'exactitude au niveau de l'étalon primaire. La nouvelle définition ouvre la voie vers une amélioration des interféromètres qui permettront peut-être au mètre de se rapprocher de la seconde dans l'échelle des exactitudes.

D'un point de vue pratique, il n'y aura pas de grands changements dans les laboratoires de métrologie des longueurs. Il y a déjà longtemps que ceux-ci sont équipés de lasers stabilisés à titre d'étalons secondaires. Ces lasers offrant une meilleure visibilité des franges d'interférence aux grandes différences de marche, étaient même souvent utilisés de préférence au Krypton, des valeurs de longueurs d'onde ayant été recommandées pour certains de ces lasers. Alors que ces longueurs d'onde étaient précédemment estimées par comparaison avec celle du Krypton, celles-ci sont maintenant calculées à partir de la fréquence de ces lasers mesurée avec une meilleure précision. Pour les radiations visibles, le meilleur raccordement en fréquence est d'ailleurs pour l'instant une comparaison interférométrique de longueurs d'onde avec le laser stabilisé sur le méthane, lui-même raccordé à l'horloge à césium par hétérodynages successifs. Nous voyons donc que même au niveau de la pratique expérimentale, la nouvelle définition n'apportera pas de grands bouleversements dans les laboratoires. De ce point de vue, ce changement de définition sera beaucoup moins traumatisant que celui de 1960. Les physiciens espèrent qu'il apportera un gain en exactitude du même ordre de grandeur, soit à peu près 100, mais surtout que cette définition, indépendante d'un montage expérimental particulier, aura une durée de vie beaucoup plus longue que les précédentes, malgré la rapidité croissante des progrès observés aussi bien en recherche fondamentale que dans les techniques expérimentales.

#### 4 — CONCLUSION

L'avènement de la nouvelle définition du mètre sera certainement une étape importante dans l'histoire de la Métrologie et de la Physique. Par rapport à la définition fondée sur la radiation du Krypton, elle représente un progrès au moins aussi important que celui que cette dernière a apporté par rapport au Prototype International. Ceci est moins vrai au niveau des gains en exactitude qu'à celui de la nature de l'étalon. On est passé en 1960 d'un étalon matériel artificiel, unique et périssable à un étalon atomique naturel, universel et, si l'on peut dire, inusable, mais lié à une réalisation expérimentale particulière. La nouvelle définition est au moins aussi universelle que la précédente, mais, beaucoup plus fondamentale, elle s'adaptera sans changement aux progrès inévitables de la science et de la technique.

Comme tout changement, celui-ci a ses détracteurs. Une objection pourrait être faite dans le cadre de la théorie de la relativité générale qui prévoit un ralentissement des ondes électromagnétiques au voisinage

d'une masse importante. Cette conséquence de la théorie d'Einstein a été vérifiée expérimentalement lors des éclipses totales de Soleil par la courbure des rayons lumineux qui sont passés à proximité de notre astre. N'est-il pas contraire à la nature de fixer pour c une valeur immuable ? La nouvelle définition impliquera simplement une contraction du mètre dans de telles conditions, et cette interprétation n'est pas plus illogique que de dire que la lumière "va moins vite" dans un champ gravitationnel. D'un point de vue pratique ces effets sont d'ailleurs pour longtemps hors de la portée de nos mesures de longueur, et il y avait certainement des phénomènes semblables avec un étalon matériel : qui pourrait dire ce que devient une maille cristalline dans un champ gravitationnel, indépendamment de tout problème de déformation élastique ? Qu'advient-il de notre mètre en platine, avant d'être réduit en bouillie nucléaire, s'il tombait dans la zone d'accrétion d'un trou noir ? La théorie de la relativité restreinte au contraire, qui postule que les lois de la physique sont identiques pour tous les systèmes inertiels (ou galiléens), justifie le choix qui vient d'être fait. Il aurait été beaucoup plus difficile, d'un point de vue théorique, d'accepter ce principe de définition du mètre avant que soient connus les résultats des expériences de MICHELSON et MORLEY.

La mesure des temps a toujours été la plus performante. Aussi bien avec l'étalon terrestre qu'avec les horloges mécaniques dans le passé, et qu'avec les horloges atomiques modernes, les plus grandes exactitudes ont toujours été obtenues dans la mesure des temps et des fréquences. Quand un phénomène physique permet de relier une grandeur au temps, c'est une possibilité pour cette grandeur de profiter d'une instrumentation très performante, comme l'a montré l'apparition de nombreux instruments numériques. Ce n'est pas d'aujourd'hui que les métrologues ont été tentés de raccorder les longueurs aux temps : pour la première définition du mètre, on avait pensé à une alternative au méridien terrestre qui est la longueur d'un pendule battant la seconde. Mais la relation

$$L = 4\pi^2 T^2 g$$

entre les deux grandeurs comportait l'accélération de la pesanteur  $g$  qui est soumise à des fluctuations géographiques.

La relation

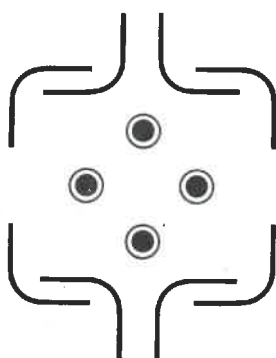
$$L = c.T$$

bien que nécessitant une instrumentation plus élaborée, offre une meilleure garantie d'universalité et de pérennité.

*Cet article est publié avec l'aimable autorisation de la rédaction du bulletin d'information du Bureau National de Métrologie.*

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) TRYSTRAM F : "Le Procès des Étoiles", Ed Seghers, 1980.
- (2) DELAMBRE et MÉCHAIN : Base du système métrique décimal, Paris, 1806-1810.
- (3) MICHELSON A.-A., BENOIT J.-R. : Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures, XI, 1894.
- (4) FABRY C., BENOIT J.-R., PEROT A : Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures, XV, 1913.
- (5) FABRY C : "Les applications des interférences lumineuses", Editions de la Revue d'Optique théorique et appliquée, 1923.
- (6) CONNES P : "Les lasers", 3<sup>e</sup> session du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre, Gauthier-Villars, 1962.
- (7) BARGER R.-L., HALL J.-L. : Phys. Rev. Lett., 22, 4, 1969.
- (8) EVENSON K.-M., BARGER R.-L., HALL J.-L. : Phys. Rev. Lett., 29, 1346, 1972.
- (9) TERRIEN J. : Nouv. Rev. Optique, 4, 4, 1973.
- (10) BRILLET A., HALL J.-L. : Phys. Rev. Lett., 42, 9, 1979.
- (11) BOUCHAREINE P. : Bulletin d'information du Bureau National de Métrologie, n° 43, 1981 et la "Recherche", n° 91, 1978.



# Le coin de l'aventure

par Roger SCHAFFNER

Des articles, comptes rendus et statistiques font, ces derniers temps, état d'une certaine désaffection de la part de beaucoup de professionnels et spécialistes, surtout parmi les jeunes, pour l'expatriation ou les missions à l'étranger. Par ailleurs, bon nombre d'élèves et jeunes diplômés reprochent à leur école de ne pas les avoir motivés dans la branche choisie, tout en reconnaissant ne pas l'avoir été au moment de leur entrée ; avouant parfois, qu'à l'époque ils n'avaient choisi cette voie que par pis-aller. Il y en a même qui, mais pourquoi donc, abandonnent purement et simplement le métier pour lequel ils sont formés, avant de l'avoir exercé réellement.

Les récentes tribulations de nos collègues, prisonniers des Kurdes en Irak ou la disparition de trois autres lors du tremblement de terre d'El Asnam \*, découragent-elles tous nos jeunes et... moins jeunes ? Ce serait vraiment à désespérer, car tous ces avatars et malheurs peuvent nous surprendre aussi bien et tout bêtement sur notre sol natal. Nul besoin de s'éloigner pour cela du nid douillet familial ou de sortir des sentiers battus et rebattus des prédécesseurs.

Si rien ne se passe, c'est qu'on aura eu beaucoup de chance, mené une petite vie bien tranquille, combien monotone où plus tard comptera comme un mémorable événement le moindre petit ennui !! La topographie, qui a eu, et a toujours besoin de pionniers, mérite mieux !

Comme il est difficile de convaincre par des discours ou d'encourager par de bonnes paroles, nous avons choisi la formule de l'exemple ; en ouvrant cette rubrique pour essayer de faire vivre et partager aux uns, nombreux jeunes, les aventures et l'exaltation de quelques autres, anciens.

Nous ne demandons pas les aventures d'un Tarzan, d'un Jim la Jungle, d'un capitaine Nemo ou d'un Zorro, mais celles, toutes simples, vécues par des hommes à la tête plus ou moins pleine, chez lesquels le métier est rentré par les bras et les jambes dans des circonstances un peu particulières qui, qu'elles aient été dures ou drôles, font toujours de merveilleux souvenirs.

L'idée venant de lui, et comme il a déjà évoqué la question de l'insertion des jeunes dans la vie active lors de la clôture du colloque de Strasbourg (voir XYZ n° 7), nous avons demandé à notre vice-président SCHAFFNER de nous confier un des épisodes d'une vie que nous savons riche en événements.

J.P.

## Ô KERRATA !!

Le 21 mars 1941, jour de mes 19 ans, à 7 heures du matin, je suis à la gare d'Alger pour prendre l'express de Constantine.

En ma qualité de réfugié un peu particulier, je me suis permis de venir en Algérie au nez et à la barbe de la commission d'armistice, muni d'un authentique laissez-passer, terriblement menteur quant au motif "rejoint son poste". Quel poste ? Cela fait quelques semaines que je traîne au Centre d'Accueil Barbier-Hugo, à l'ombre de Notre-Dame d'Afrique, désœuvré et incertain de mon avenir.

C'est ainsi qu'un matin, forcément beau, parcourant les petites annonces de la "Dépêche", je tombe en arrêt sur celle du Service des Irrigations qui recherche des élèves topographes. Un déclic dans ma tête ! On ne disait pas encore tilt à cette époque-là ! Et une heure plus tard je suis rue de Constantine, en présence de M. DUQUÉNOY, lui exhibant BE, BEPS et mon premier certificat d'une année de dessinateur d'outillage chez Hispano-Suiza à Tarbes. Il me fait remplir des papiers, me prie de revenir le lendemain et de me tenir prêt à partir. Pour moi cela ne nécessitera pas de longs préparatifs, avec mon unique valise en carton bouilli, entourée d'une ceinture de cuir. Un clochard, quoi ! avide de grand air et de liberté.

Le lendemain, je retrouve M. DUQUÉNOY qui me présente à PRÉDUMEAUX, un ancien qui sait tout et qui parle avec les mains, avec qui je dois rejoindre KERRATA, en Petite Kabylie ; pour moi le bout du monde. Comme je suis sans un sou, on m'avance un peu d'argent. Le billet est payé et notre matériel nous le prenons "sur bon" chez Vidal et Manégat : chacun son lit Picot avec petit matelas en kapok et sac à viande, et pour nous deux une tente "bonnet de police".

Nous voici donc dans l'express, à deux seuls dans un compartiment de seconde classe ; il y avait encore des troisièmes en ce temps-là. Il n'y avait de toutes façons pas grand monde.

Au bout d'une demi-heure, Prédu, qui m'avait pris sous sa protection, commence à déballer son sac à dos. Il sort une gamelle, un petit bidon d'huile d'olive, du sel, du poivre, de petits artichauts crus, le pain frais, le saucisson, et... prépare sa petite vinaigrette dans le fond de sa gamelle. Ce fut la première fois de ma vie que je m'attaquai à des artichauts crus, ceux-là si tendres et au goût rehaussé par l'huile d'olive. En homme prévoyant, Prédu n'avait pas oublié le rosé, plein un bidon de l'armée, Modèle 14-18, modifié 39-40.

\* Trois français sont morts ensevelis sous les décombres : c'étaient trois topographes. M. LECLERCQ (Bagnols-sur-Cère) et 2 topographes de la Sofratop.

Tout en saucissonnant j'admire le paysage abondamment commenté par Prédu, et suis subjugué par la vie des petites gares de campagne comme Bouira et Palestro. La montée dans les gorges de Palestro m'impressionne par la vision de ces montagnes schisteuses et la queue du train qui monte devant moi dans le lacet de voie ferrée en dessous.

A midi, nous déambulons vers le wagon-restaurant, pour le 2<sup>e</sup> service. J'ai toujours aimé, par la suite, me retremper dans cette ambiance sympathique, retrouvant toujours le même maître d'hôtel, un homme grand et fort avec des lunettes, type flamand. Il tenait surtout à présenter ses vins, dont l'Impérial Kébir, et... à la fin passer avec ses liqueurs et cigares auxquels je faisais particulièrement honneur en sirotant le café. On restait ainsi tard dans l'après-midi, dans une atmosphère un peu surchauffée.

Vers les 4-5 heures du soir, après le défilé monotone du haut plateau, avec comme toile de fond la chaîne des sommets enneigés du Djurdjura, voilà Sétif, notre première étape. Vivement l'hôtel bien propre et frais, la douche et la promenade de découverte d'une petite ville dont, vu les brefs passages ultérieurs, je n'ai jamais pu retenir exactement l'agencement. Tout ce que je retiens c'est la rue principale avec ses arcades, un grand parc au bout à droite et la "fontaine aux vœux" où, naturellement, j'ai fait les miens. Pour finir cette belle journée, mémorable entre toutes, je me suis payé sans aucune restriction..., bah ! bah ! baah !... mon premier et meilleur couscous de ma vie.

Le lendemain matin, de bonne heure, nous sommes à la gare routière, une immense place vide, plutôt un terrain vague balayé par le vent du matin nous envoyant des grains de sable dans les yeux, et nous montons dans un grand car bleu. Le chauffeur, un grand costaud, déjà bien sympa, avec des lunettes de soleil, met nos sacs sur l'impériale avec les bardas hétéroclites des autres voyageurs. Il y a comme qui dirait deux classes ; nous devant, bien sûr. De temps à autre le car s'arrête, débarque ou prend quelqu'un au bord de la route, en plein désert dirait-on, car je ne vois pas âme qui vive aux environs. La route a toujours l'air de descendre légèrement entre des mame-lons pelés. D'un seul coup apparaît à quelques kilomètres devant nous une masse montagneuse assez abrupte, au pied de laquelle nous entrons, par une sorte d'allée ombragée, dans KERRATA.

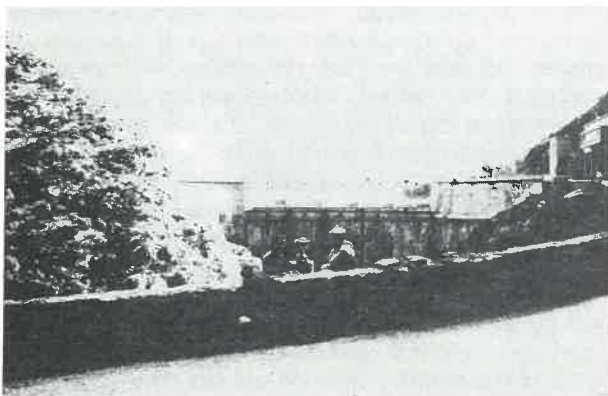
Terminus pour nous deux. D'autres voyageurs attendent pour monter. Nous poussons nos bagages sur le large escalier, flanqué de deux lions en céramique, qui mène dans l'hôtel dit "du Chabet".

L'hôtelier, le père Dieudonné, petit gros à figure ronde nous les fait mettre derrière la porte de la salle à manger, en attendant, et nous montre l'endroit où se trouve le gros de l'échelon avancé du Services des Irrigations. Nous faisons ainsi connaissance du patron, le très doux et patient M. SIBILLAT, entouré de ses deux chefs de brigade GERCOURT, un lorrain barbu, et PELLÉ, un petit râblé un peu chauve et au teint bis. Gercourt est déjà en train de lever l'emplacement du futur barrage, au 1/200<sup>e</sup> avec deux jeunes, Lulu et René... Pellé lui, nous attend tous les deux pour lever le bassin de retenue au 1/2000<sup>e</sup>. Il y a aussi, au

bureau, un autre jeune, venu des Ponts et Chaussées de Bouira, comme bouche-trou ; je n'ai jamais su exactement quel était son rôle. Nous sommes logés avec ce dernier dans une grande pièce donnant directement dans une ruelle, à l'écart de la route principale. Là j'apprends à monter un lit Picot. C'est assez dur quand la toile est encore neuve, et Prédu me montre les endroits stratégiques pour s'asseoir sans casser ou culbuter le lit et la façon de s'y allonger. C'est bête comme tout, mais il faut savoir. Un lit Picot cassé n'est jamais qu'un montage de bouts de bois qui s'effondre, calé ou pas, au bout de quelques secousses ; alors il vaut mieux allonger directement le matelas par terre. Pour ce qui est de la toilette, il me semble bien qu'on se lavait et se rasait à la fontaine publique, à l'eau froide bien sûr et j'avoue sans forfanterie que cela ne m'a jamais dérangé jusqu'à présent, bien au contraire.

Voici encore un grand jour, celui du lendemain où il m'est donné de porter d'abord dans sa caisse, puis de voir mon premier instrument de topographie "un tachéomètre Sanguet". Là, Prédu, le chiffon à la main m'explique le cercle alidade, l'échelle des pentes, les rapports, la nivelle, le déclinatoire, etc... C'est encore un modèle où l'on tient la loupe à la main, accrochée par une ficelle au poignet ; Prédu la tient, comme un noble baron son monocle, tout près de l'œil, calée contre le nez. Moi-même, je me retrouve en fin de compte, assis sur la boîte, le crayon à la main et le carnet sur les genoux ; criant stop, quand, par un calcul rapide, les lectures de Prédu sur la mire ne collent pas dans les rapports, ou que les angles lus ne sont pas complémentaires. Heureusement qu'il y a Ali et Saïd pour porter les mires et les piquets, sinon qu'est-ce que Pellé né m'aurait pas encore fait faire. De temps en temps, quand je suis sage, ou que Prédu est dans de bonnes dispositions, on me laisse nettoyer l'appareil. Pellé s'assied quelques fois pour mettre de l'ordre dans son croquis, y ajoute ces fameuses lignes bleues et rouges et d'autres renseignements. Cela lui fait faire des contrepèteries dans le genre que l'on peut deviner, pour dire par exemple : "après le petit pont le canal (du Moulin Dusaix) part en fouille". Nous repérons les piquets de station par un "guergour", petit tas de cailloux, ce qui les rend parfaitement irréparables parmi toutes ces pierres dans un paysage d'herbes courtes parcouru par les moutons et les chèvres. C'est ainsi que j'ai pu assister à la naissance d'un chevreau qui presque aussitôt s'est mis à suivre sa mère sous l'œil vigilant du petit pâtre kabyle.





Nos horaires sont de 7-8 heures à midi, et de 14-15 heures à 17-18 heures. Quand on lève sur le versant opposé à KERRATA, il faut passer l'Oued Agrioun à gué ou en sautant d'un rocher sur l'autre, Prédu avec son trépied, moi avec la caisse-siège de l'appareil et Ali et Saïd avec chacun sa mire et burnous au vent. A midi on se retrouve tous chez Dieudonné et faisons honneur à sa très bonne cuisine, abondante et arrosée, à volonté, d'un fameux rosé. Nous sommes servis par Vanvan, le fils Dieudonné, aidé par Xénophon, un grand garçon kabyle, au visage poupon, pareil à un eunuque et toujours en turban blanc. Inutile de dire que nous n'avons pas attendu Nino Ferrer pour lui faire le coup "réel" celui-là, du "téléphon" ; si bien qu'à la fin il restait complètement sourd à tous les appels, les nôtres et ceux de l'appareil, et ce n'était plus que Vanvan qui répondait. Répartis en deux tables, c'est bien entendu celle des jeunes qui est la plus bruyante et nous faisons l'objet des gros yeux des anciens et des autres clients de passage. Ceci m'amène à évoquer l'équipe Pronine-Hazi Kaci qui se ballade sur les sommets alentours avec son vieux théodolite Jobin ; un monument historique ressemblant à un canon de 75 et dont les nivelles sont calées avec des bouts d'allumettes. Ces deux compagnons, qu'on ne voit généralement qu'au soir, passent leur temps à faire coller leurs observations à l'aide du cours de triangulation de Jarre, que je m'ingurgite par la même occasion, à temps perdu.

Du temps perdu, il n'y en a pas de trop car il faut aussi, en rentrant le soir, avant le dîner calculer les carnets, faire les "Ro-Phi", les cotes bleues, les altitudes, etc... On ne peut, en cette saison, trop compter sur des jours de pluie. Des fois, M. Sibillat m'embauche pour lui annoncer les angles et distances pour le report des points qu'il applique sur du beau canson toilé avec un grand rapporteur en maillechort. Le 200<sup>e</sup> ressemble bien à un véritable tas de très gros cailloux, tel que cela se présente réellement sur le terrain à l'entrée des gorges. Il faut rappeler qu'en langage du pays, ces gorges s'appellent "Chabet el Akra" ou "Vallée de l'Enfer" et l'oued Agrioun la "Rivière du Diable". Cette rivière au cours assez étalé, par temps ordinaire, jusqu'à une centaine de mètres de l'entrée des gorges devient selon son débit un torrent plus ou moins rugissant et bondissant dès l'entrée et ce jusqu'à la sortie des gorges.

Nos soirées sont assez calmes, on se couche tôt pour se lever de même le lendemain. Les samedis après-midi et les dimanches se passent en promenades, apéritifs à l'anisette avec kemia ou brochettes sur rayons de bicyclette, bien pimentées. Les repas

traînent en longueur, il y en a qui font la sieste, etc... La vie à KERRATA est relativement calme et bourgeoise, forcément limitée au nombre restreint d'habitants qui se fréquentent. Il y a, en plus des Dieudonné, le bistrot d'en face chez Fernandez, le frère, faisant aussi taxi, et la sœur en voie de devenir vieille fille. Il y a l'épicerie-droguerie-pharmacie-tabac, dont le propriétaire Fréville a la manie de vous écraser les doigts quand il vous serre la main. Un jour il a reçu une de ces baffes du garde-forestier-chef qui avait un panaris. Un peu plus loin, on remonte vers le quartier "résidentiel" où logent la plupart des fonctionnaires, et les bureaux dont le nôtre. Sur la gauche, il y a le Dr. Roumaingas, dont l'épouse, une compatriote, me prend sous sa protection. Dans le tournant de la route il y a la villa de "Zizou" Dusaix et en suivant la route on passe à côté du Château Dusaix pour descendre par la droite vers l'entrée des gorges. Face à l'hôtel, au fond d'une place, près d'un ravin, il y a le Bureau des Domaines où travaille le joyeux luron Ambrosino qui joue du violon et avec lequel nous faisons de bonnes parties. Quand cela nous prend, nous nous retrouvons tous ensemble le samedi soir, à une grande table pour le seul vrai plaisir de l'époque, un gueuleton. Le père Dieudonné n'avait pas son pareil pour le "civet de lapin", avec la "polenta" de blé, et toutes les autres bonnes choses, arrosées d'un "Faranah" du Clos Paradis de Mascara, que Xénophon allait nous chercher à la cave. Des fois cela se termine mal pour certains d'entre nous. Il y en a qu'on retrouve accroché au cou de l'un des deux lions de l'entrée, d'autres faisant un raffût du diable face à la montagne et Prédu, immanquablement en train d'escalader celle-ci jusqu'à l'aube.

Notre levé de la cuvette étant achevé, M. Sibillat nous expédie au fond du Chabet Akorn (Vallée de la Sécheresse) pour exécuter celui de l'emplacement de la lunette de traversée de l'amenée d'eau vers la future usine électrique de l'Oued Arzerouftis. En même temps Pronine et Hazi-Kaci rayonneront de cet emplacement qu'ils engloberont dans la triangulation. On accède à cette vallée en quittant la route au pont qui traverse, de la droite vers la gauche en descendant, l'Oued Agrioun ; un sentier part vers la droite, taillé en encorbellement dans la falaise pendant trois cents mètres pour monter ensuite à flanc de coteau parmi une végétation mi-broussaille, mi-forêt. Nous installons nos tentes dans le fond du ravin à un endroit dégagé du lit d'un oued inexistant. Comme nous sommes cinq personnes nous avons droit à un cuistot, en la personne de "Valli" Gesekous, un compatriote de Pronine, ancien cadet de la marine russe comme lui. L'endroit mérite bien son nom car il n'y a pas une goutte d'eau dans tout le secteur ; cela arrange bien ceux qui n'aiment pas se laver. Aussi avons-nous un ânier qui fait la navette avec deux tonnelets sur son bourricot, cherchant de l'eau à une source au bord de la route près de la sortie des gorges, où il y a un figuier énorme. Il nous ravitaille aussi, dans un autre tonnelet, un peu plus loin à gauche et chez les Pères Blancs, en vin rosé d'une qualité incomparable, que je n'ai jamais retrouvée par la suite. Le dimanche on se paye le luxe d'une douche, dans un coin feuillu, à raison d'un seau de toile par personne.

C'est dans cette vallée que j'ai eu ma première grande frousse de ma vie. Un matin, on était en sta-



d'un mètre de diamètre et profonde de même, au fond d'une niche rocheuse. Elle est remplie en permanence par l'eau qui suinte sur toute la surface de la paroi. En se savonnant, il ne faut que quelques cinq minutes pour qu'elle redevenue claire et transparente, et toujours à la même température, un peu fraîche. Cet endroit discret est au détour d'un petit sentier et il ne nous est jamais arrivé de surprendre quelqu'un dans le bain. Un quelconque objet laissé en évidence avertit l'arrivant que la "salle de bain" est occupée. Certains jours sont réservés aux femmes du village, l'approche est alors surveillée étroitement.

C'est l'époque où ne pouvant travailler efficacement que le matin, il y en a qui font de ces siestes, ce que je ne puis sous peine d'avoir la tête lourde et la bouche pâteuse pendant le reste de la soirée. Je bouquine ou vais taquiner les scorpions dans les talus descendant vers l'oued. Il m'arrive aussi de rêvasser en contemplant le paysage, assis sur un rocher près du lit de l'oued, ou de me promener dans la forêt un peu plus bas.

Pour meubler le temps de l'après-sieste Hazi-Kaci nous a appris le bridge et nous faisons des parties acharnées, bouquins à l'appui. Il arrive aussi que Pronine m'attaque par un : "Alors, Mein Herr ! une partie d'échec ?". Je fais alors de mon mieux pour lui résister le plus longtemps possible ou pour le battre par surprise. Une beau jour Sibillat, battant le rappel, nous fait remonter à KERRATA pour mesurer la base de triangulation. Elle est installée carrément dans le lit de l'Oued Agrioun, en amont du pont de pierre qui permet l'accès à la ferme Dusaix sur la rive gauche. L'oued à cet endroit est très large et plat, nous n'avons l'eau qu'à mi-mollet si on n'est pas sur des bancs de galets. M. Besnier est venu spécialement d'Alger avec son fil invar. Je me rappelle vaguement que nous avons mesuré de piquet à piquet tous alignés par Prêdu, et nivelés par le gars "en slip". L'opération a duré presque une journée, avec changements d'équipe, les pieds dans l'eau. Tout l'effectif était là, avec grands cris et discussions.

Après cela, Sibillat me charge enfin d'un travail indépendant, car Prêdu a un nouvel élève, Despac, fils d'un policier d'Alger. Je suis chargé de faire le nivellement le long de la route qui descend de l'entrée des gorges jusqu'au pont du Chabet Akorn. M'apprenant en une matinée la manipulation du N2 on me lâche avec Saïd comme porte-mire. Vu la pente il n'est pas question de faire des portées de 40 mètres. Je n'ai pas non plus de crapaud et dois me contenter de points fixes naturels choisis parmi les innombrables aspérités rocheuses dans ce paysage de pierre. Je les désigne chaque fois à Saïd en lui recommandant de ne pas les manquer en tournant la mire. Inutile d'insister sur le fait que les premiers jours, je me retrouve avec des mètres d'écart entre les allers et les retours. Sibillat impassible me dit : "Eh bien, il faut recommencer, et ne pas se tromper dans les lectures !" A la fin, en ayant ainsi éliminé les dizaines et les unités de centimètres, je ne me bats plus qu'avec les millimètres.

Ces longues allées et venues dans les gorges me permettent d'observer la vie intense qui y règne et d'admirer à chaque détour de la route la majesté sau-

vage des montagnes qui m'entourent. Les hautes falaises de la rive gauche abritent une foule de pigeons et surtout des nuées de martinets volant en piqué et vous frôlant en longeant le ravin à toute vitesse tout en émettant de longs sifflements stridents. Il y a aussi des bandes de singes qui vagabondent, descendant jusqu'à l'oued pour y boire ; poussant eux aussi des cris dès qu'on les dérange dans leurs ébats. Quand ils sont surpris de ce côté de la route, rive droite, ils montent à toute allure la pente moins abrupte de la montagne en faisant dégringoler au passage les cailloux qui roulent jusqu'à vous sur la route. C'est ainsi qu'il y en a qui prétendent que les singes nous jettent des pierres.

Du coup me voilà bombardé niveleur et je redescends à Darguinah pour rattacher les stations du levé qu'on avait fait précédemment avec Prêdu, là-haut à 400 mètres, ainsi qu'un point de triangulation à proximité. C'est à ce point-là qu'un matin, avec Pronine et Hazi-Kaci, nous avons ressenti une secousse sismique assez impressionnante. Le sol a littéralement vacillé sous nos pieds pendant près de dix secondes avec un grondement souterrain qui se propageait d'Est en Ouest. Nous nous sommes regardés d'une drôle de façon et Hazi n'arrivait qu'à dire d'une voix étranglée : "Ben, mon vieux !".

Ce nivellement est pour moi un drôle de sport. Sentier raide et en lacets, bordé de touffes de bruyères et d'arbousiers, terrain schisteux sans aspérités solides. Je n'ai que Charlot, qui traîne la mire, le marteau, quelques tirefonds et la boîte de l'appareil. Le choix des emplacements de l'appareil et de la mire est un véritable casse-tête. Pas moyen de faire des portées égales ; ou je vise à trois centimètres en dessous du pied de la mire d'un côté, ou je dépasse le haut de l'autre. En plus, vu le manque de tirefonds, il faut les arracher à chaque fois pour avancer. Les résultats d'incessants allers et retours sont si catastrophiques que je me vois contraint de baliser le parcours avec des repères fixes, irrepérables dans cette brousse, et le découper ainsi en petits tronçons. Combien de fois me suis-je retenu pour ne pas tripoter les observations afin de faire coller ? Et avec ça il fait une de ces chaleurs, en fin de ce mois de juillet ; avec une bulle qui disparaît presque complètement. Je me protège la tête avec un chèche de flanelle légère, roulé en turban comme me l'a appris Saïd ; je ne vais quand même pas jusqu'à me mettre en slip, mais c'est tout comme. C'est souvent complètement découragé que je reviens vers midi au gourbi. A la fin on me donne quand même un parasol, pas pour moi mais pour l'appareil, que me tient le fils de Charlot, et je viens tant bien que mal à bout, avec des résultats assez médiocres à mon avis et que Sibillat ne trouve pas trop mal. Est-ce pour l'opérateur ou eu égard à l'importante différence d'altitude ? C'est qu'il m'a fallu plusieurs allers et retours complets bons pour en tirer une moyenne honorable, vu qu'il n'y a aucune possibilités de fermeture sur un autre repère.

Pendant tout le mois d'août, il n'y a pas grand chose à faire, d'autant plus que tous les autres partent en vacances ; ils ont des parents, eux ! Ne restent que Sellier, avec une copine infirmière, Poupon et moi qui passons notre temps en baignades et parties de bridge. Ceux-là partent aussi et je me retrouve tout seul pendant plus d'une semaine, avec Lahou-

cine qui me fait manger comme quatre. Je crois qu'à cette époque je décrotais un gigot par jour, avec des montagnes de frites ou des spaghetti. D'un naturel paresseux, j'ai tiré une de ces flemmes. Au cours de mes promenades dans la forêt, un peu plus bas, près de l'oued Astenenboul, je fais la connaissance du garde-forestier Hertzog, un pays, ami de la nature enragé, portant un éternel fusil de chasse dont il ne se sert jamais. Il est là pour la réfection d'une petite route forestière avec une équipe de cantonniers. Logeant sous la gùitounne, sa maison forestière étant trop loin de là, au Djebel Babor, il vient dîner avec moi tous les soirs. A son départ, il me fait promettre de venir passer quelques jours là-haut chez lui, sous les cèdres.

*Nous avons par ailleurs interrogé notre ami SCHAFFNER sur le mémoire relatif à "l'Organisation et la Garantie de la Propriété par le Livre Foncier" qu'il a soutenu à l'Institut des Hautes Études de Droit Rural et d'Économie Agricole (I.H.E.D.R.E.A.).*

Il nous l'a présenté ainsi :

"Un an élève topographe au Service des Irrigations d'Algérie (1941-42).

Quatre années de Service Militaire en Algérie et au Proche-Orient.

Une année opérateur-géomètre en Alsace (1946-47).

Cinq années technicien-géomètre au Remembrement et la Reconstruction de la Région d'Abbeville (1947-52).

Onze années Géomètre du Service Topographique de Côte d'Ivoire (1952-63).

Et depuis 1963, presque vingt ans, Chef du Bureau Technique Foncier de l'A.F.T.R.P. font que j'ai souvent été placé, pour l'exercice de ma profession, dans des conditions difficiles où l'obligation, le besoin d'innover a été constant.

Par atavisme ancestral peut-être ou par tempérament, j'ai toujours été attiré par une organisation logique, rationnelle et précise ; ce qui m'a probablement fait choisir mon métier et y persévérer.

— Par la pratique de plus de 10 années d'un régime de Livre Foncier, très différent de ce qui se fait ici, en France ;

— En position privilégiée par rapport à mes confrères privés, trop préoccupés de leurs intérêts matériels et à mes collègues fonctionnaires enserrés dans leur carcan administratif ;

Je m'intéresse particulièrement à tout ce qui touche la propriété foncière et son organisation.

Ma première intervention en ce domaine a été d'éclairer mes confrères de la Région Parisienne, sur la notion de Livre Foncier avant que nous nous rendions à leur fameux Congrès de Vichy du 11 au 13 juin 1970, dont le thème était "L'introduction d'un Livre Foncier en France".

Ce congrès a eu, sur le moment, un retentissement certain ; par le nombre de participant et surtout avec la motion finale émise sous la présidence de M. Jean FOYER, alors président de la Commission des Lois à l'Assemblée Nationale. Le seul écho que j'en ai eu par la suite, fut le bruit selon lequel aucun projet de

Les autres reviennent peu à peu, et, n'y tenant plus, je fonce à Alger, par Bongie, en autocar, pour une dizaine de jours de vie citadine, de baignades à la mer, de dégustations de poissons sous toutes leurs formes à la Pêcherie. Je rencontre Sellier au cours de dîners entre nous deux. Il m'annonce qu'il laisse tomber pour repartir en Afrique Tropicale ; cela me fait rêver ! Toujours est-il que je fais ma provision de cigarettes et cigares, en marques les plus farfelues et s'achète le Livre d'Or du Bridge de Culberson que je potasse au lit au Continental, pour en mettre plein la vue aux copains, à mon retour

(à suivre)

loi, ou un quelconque texte ne sortira ; du fait, paraît-il, de l'opposition du corps des notaires et de l'Administration elle-même.

Proposé dernièrement dans le même sens, un des amendements à la loi d'orientation agricole, discutée en 1980, n'a pas non plus été retenu.

Toujours est-il, qu'en passant par les cours de la section Expertise de l'I.H.E.D.R.E.A., de 1970 à 1972, donc de suite après ce Congrès, j'ai pensé qu'il fallait défendre cet important projet, en le présentant sous une autre forme. C'est pour cela que j'ai traité ce sujet dans le mémoire soutenu devant Maître Jean MEGRET, Directeur de cet Institut, le 8 février 1982.

A mon avis, les causes du demi-échec du Congrès de Vichy sont :

1 — d'avoir préconisé la création d'une commission extraparlamentaire chargée de l'étude des mesures envisagées,

2 — d'avoir proposé que l'application de la réforme se fasse par mesure générale,

3 — et surtout d'avoir demandé que l'État prenne en charge les frais de tous les travaux, à couvrir par des taxes.

L'on sait le peu d'effet qu'ont les conclusions d'une telle commission sur ceux qui proposent et font les lois. Par ailleurs quel meilleur épouvantail que d'agiter des difficultés d'ordre technique et surtout financier que comporte l'application directe des mesures à prendre et d'annoncer un coût difficilement évaluable dans le temps.

Pour ma part je crois qu'il est plus judicieux de convaincre d'abord tous les intéressés de l'utilité, en même temps que de la simplicité, à disposer d'une institution dont les avantages se dégagent nettement lorsque l'on compare les errements actuels au régime proposé.

J'ai donc jugé bon de présenter d'abord un historique sur l'évolution de la notion de propriété jusqu'à nos jours, avec ses aspects positifs et négatifs, dont les fréquences et alternances suivent sensiblement le même rythme que les fluctuations de l'évolution sociale. Aussi constatera-t-on qu'une reprise dans le sens positif est hautement souhaitable et que la solution offerte a été, et restera toujours l'organisation du régime foncier selon une conception toute différente de celle qui a prévalu jusqu'à présent.

Je cherche en fin de compte, par ce mémoire, à

orienter le cheminement des idées vers cette nouvelle conception.

Qu'il me soit permis d'ajouter que, si les propositions contenues dans cette étude semblent vouloir asseoir uniquement le droit de propriété défini à l'article 544 du Code Civil, elles seront également valables dans le cas d'une collectivisation du sol. Il tombe en effet sous le sens que celle-ci débouchera inévitablement sur des droits d'usage individuel permanents, du moins de longue durée, qui devront être réglés de la même façon que ceux existant actuellement en matière de propriété soi-disant absolue ; et toujours sur la meilleure des bases : le Livre Foncier.

On trouvera certaines de mes critiques un peu, même trop sévères, notamment à l'égard du Cadastre et des Hypothèques. Je puis vous assurer que je n'invente absolument rien et que ces critiques ne s'adressent pas aux personnes, avec lesquelles j'entretiens des relations franches et amicales, mais aux institutions elles-mêmes, engluées dans leurs habitudes, n'évoluant que de manière sporadique et malheureusement un peu trop souvent en sens contraire à celui que l'on espère.

Implicitement ces reproches s'adressent aussi à beaucoup de mes confrères privés et aux notaires qui se complaisent dans un rôle strictement passif, se contentant seulement de lever les bras au ciel ; ce qui me porte à croire que je suis peut-être le seul, une fois de plus, à dire tout haut ce que les autres pensent tout bas.

J'évite volontairement de citer tous les détails dont chacun constitue un exemple différent sur les méthodes, conceptions et interprétations différentes, la même question ou le même cas. Le lecteur s'y perdrait comme s'embrouillent et se contredisent déjà trop, les prétendus spécialistes en la matière.

Pour le reste, je renvoie à la lecture de mon avant-propos et de mes introductions aux parties 1 et 2 de ce mémoire, auquel je souhaite d'être beaucoup lu et relu par les élèves et appliqué dans les faits par les chevronnés de la profession.


Je signale en passant que mon exposé introductif au Colloque de Toulouse en est extrait pour la majeure partie".


12  
E  
11  
E  
10  
E  
09  
E  
08  
E  
07  
E

**Ets GUIZOU**  
215, RUE DU ROUET  
13008 MARSEILLE

**LOCATION**

notre parc d'instruments  
topographiques  
à votre disposition

 **91/79.41.41**



**ne restez pas  
en panne...**

**louez un appareil.**

NIVEAUX  
THEODOLITES  
TACHEOMETRES  
DISTOMATS D13S  
LASERS

Expédition Express sur toute la France  
Tarif location sur demande