

Using GPS and gravity to infer ice mass changes in Greenland
par Tonic van Dam - Kristine Larson - John Wahr - Olivier Francis

Observations magnetiques de la terre
par Mioara MANDEA

Etablissement de plans cadastraux en zone rurale par la technique GPS
par B. Ghazali, N. Nabed, H. Taibi, B. Gourine, C. Sahel

L'impact en géodésie des systèmes de radio-navigation par satellites GPS et GLONASS
par Pascal Willis

Les calculs de géodésie du topographe
par Claude Million

Développement, environnement, aménagement, en Algérie
par Marc COTE

Les exonymes : des objectifs à préciser
par Henri Dorion

Echelle et données numériques
par G. Troispoux et L. Coudercy

Sélection de sites de géographie et de cartographie sur Internet

Calendrier des Manifestations Scientifiques Nationales et Internationales

Revue des Revues

Livres

ISSN-1112-2307

Edité et publié par :

l'Institut National de Cartographie et de Télédétection
123, Rue de Tripoli - Hussein-Dey B.P 430 - Alger
- ALGERIE -

PRIX : 40 DA
Etranger : 15 Euro

N°07 Avril 2001

Bulletin de l'INCT

Publication semestrielle, de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection. (INCT), Algérie.

Fondé en Octobre 1997
N°7 - Avril 2001.

Responsable de la revue : INCT.

Editeur : Centre de la documentation et de la conservation de l'information géographique, INCT, Alger.

Adresse : Bulletin des Sciences Géographiques, INCT, 123, rue de Tripoli Hussein Dey 16040, BP 430, Alger, Algérie.

Tel : (021) 23 43 76 à 80 et 82

Fax : (021) 23 43 81

E-mail : inct99@wissal.dz

Publicité :

INCT, 20 Rue Abane Ramdane, Alger, 16000, Algérie

Tel : (021) 73 92 60

Fax : (021) 73 73 05

Ou ANT Vertriebs GmbH
Fuerstenrieder Str. 166-81377 Munich
R.F.A.

Tel : 0049 89 710 39 448

Fax : 0049 89 710 39 449

Tirage :

5.000 Exemplaires

Comité de lecture :

- Prof, Larouk Med El Hadi :
Université de Constantine.
- Prof, Bendjelid Abed :
Université d'Oran.
- Mr, Kahlouche Salem :
Maître de recherche, CNTS.
- Mr, Atoui Brahim :
Docteur, INCT.
- Mr, Kedjar Abou Bakr :
Docteur, INCT.
- Mr, Iftène Tahar :
chargé de recherche, CNTS.
- Mr, Trache Abdelhak :
Maître de recherche, CNTS.
- Mr Benmohamed Mohamed :
chargé de recherche, CNTS.
- Mr, Benhamouda Fethi, Magister,
INCT.
- Mr, Ayadi Abdelkrim :
chargé de recherche, CRAAG.

INCT BULLETIN DES SCIENCES GEOGRAPHIQUES

2001 - N° 7

Sommaire / Contents

| | Pages |
|--|-------|
| Using GPS and gravity to infer ice mass changes in Greenland <i>Par Tonie van Dam / Kristine Larson / John Wahr/ Olivier Francis</i> | 03 |
| L'impact en géodésie des systèmes de radio-navigation Par satellites GPS et GLONASS <i>Par Pascal Willis</i> | 09 |
| Etablissement de plans cadastraux en zone rurale Par la technique GPS <i>Par B.Ghazali, N. Nabed, H. Taibi, B. Gourine, C. Sahel</i> | 14 |
| Les calculs de géodésie du topographe. <i>Par Claude Million.</i> | 20 |
| Observations magnétiques de la terre <i>Par Mioara MANDEA</i> | 32 |
| Développement, environnement, aménagement, en Algérie <i>Par Marc COTE</i> | 37 |
| Les exonymes : des objectifs à préciser <i>Par Henri Dorion</i> | 41 |
| Echelle et données numériques <i>Par G.Troispoux et L. Coudercy</i> | 42 |
| Sélection de sites de géographie et de cartographie sur Internet | 48 |
| Revue des revues | 58 |
| Livres | 71 |
| Calendrier des Manifestations Scientifiques Internationales. | 75 |

COPYRIGHT 2001

Tout droit réservé pour tous pays, textes,
illustrations, photos.

Le Bulletin des Sciences Géographiques est indexé dans la
*Bibliographie Internationale Géoabstracts et International
Bibliography of the Social sciences*

USING GPS AND GRAVITY TO INFER ICE MASS CHANGES IN GREENLAND

Tonie van Dam

European Center for Geodynamics and Seismology
Walferdange, Luxembourg

Kristine Larson

Department of Aerospace Engineering Sciences
University of Colorado

John Wahr

Department of Physics and CIRES
University of Colorado

Olivier Francis

Institut Supérieur de Technologie
Luxembourg-Kirchberg

*

:

/2

/1

* Article publié dans le Bulletin des Sciences Géographiques avec l'aimable autorisation des auteurs.

INTRODUCTION :

Les recherches climatiques indiquent que le réchauffement planétaire est en train de se produire et continuera probablement à se faire les quelques décennies à venir .

L'une des conséquences du scénario de réchauffement planétaire est l'élévation du niveau des mers de la planète prévue : 1) de l'expansion thermique des eaux de la surface des océans et 2) la fonte des nappes de glace de l'antarctique et du Groenland et les glaciers des continents .

Déterminer les mécanismes relationnels et réactionnels entre le climat, le niveau de la mer et les masses de glace a été difficile à cause de l'insuffisance des données appropriées .Il n'est pas encore clair, par exemple, si les changements dans les nappes de glace de l'antarctique et du Groenland ont causé, les siècles derniers, l'élévation du niveau des mers ou bien s'ils ont causé sa baisse .

Dans ce papier, nous décrivons un projet géodésique en cours pour mesurer les changements dans la position verticale et la pesanteur de surface au niveau des sites de soubassement tout au long du côté sud des nappes de glace du Groenland . L'objectif recherché à long terme est d'utiliser ces mesures pour contraindre les changements des masses de glaces dans le tiers sud des nappes de glace , et éventuellement, faire contribuer les données qui sont utiles à la compréhension de la variabilité climatique et son rapport avec les tendances à long terme du niveau de la mer et des changements des masses de glace .

Nous nous trouvons seulement à 5 ans de ce que nous espérons va être une décennie d'une longue série d'observations .Donc, il ne nous est pas possible de commenter à ce stade du travail les changements des masses de glace en Groenland. Néanmoins, nos mesures à ce jour révèlent des mouvements de la croûte qui sont considérablement plus grands qu'il n'était prévu, indiquant que l'histoire de la masse de glace notamment celle d'âge pléistocène du Groenland n'est pas bien représentée dans les modèles courants .

INTRODUCTION :

Climate research indicates that global warming is occurring and will probably continue to occur for the next several decades. One consequence of a global warming scenario is a global sea level rise that would be expected from 1) the thermal expansion of the near surface ocean water and 2) the melting of the Antarctic and Greenland ice sheets and continental glaciers.

Determining the relationship and feedback mechanisms between climate, sea level, and ice mass changes has been difficult because of the lack of appropriate data. It is not even clear, for example, whether changes in the Greenland and Antarctic ice sheets over the last century have caused sea level to rise or have caused it to fall.

In this manuscript we describe an ongoing geodetic project to measure changes in the vertical position and surface gravity at bedrock sites along the southern edge of the Greenland ice sheet. The long term goal is to use these measurements to constrain ice mass changes in the southern third of the ice sheet and to eventually contribute useful data to understanding climate variability and its relationship to long-term sea level trends and ice mass changes.

We are only 5 years into what we expect to be a decade long set of observations. So we cannot yet comment on present day changes in the ice mass in Greenland. However our measurements to date reveal crustal motions that are substantially larger than anticipated indicating that the ice load history for the Pleistocene ice in Greenland is not well represented in current models.

Background

The principle of using geodesy to measure present day ice mass changes (or any surface load for that matter) is relatively straightforward. First, imagine that you have a positioning instrument or a gravimeter on bedrock at the edge of the Greenland ice sheet. If the ice sheet undergoes significant melting, the earth's crust in the vicinity of the ice sheet will experience an immediate uplift. If the uplift is large enough, it can be measured by a positioning instrument or a gravimeter. Three millimeters of uplift without associated mass changes causes a gravity change of $1 \mu\text{gal}$ ($=10 \text{ nm/s}^2$). The gravity signal also has direct contributions from changes in the mass distribution of the underlying earth and the nearby ice.

The first question then is "Are the crustal motions expected from the ice sheet large enough to be observed with contemporary geodetic techniques?" Results from satellite radar altimeter observations of ice surface elevations indicate that the ice in the southern third of Greenland, has been thickening at a rate of several tens of millimeters per year [Krabill *et al.*, 1999] of equivalent water thickness. If we assume that the ice is changing uniformly within, say, a 500 km radius of our bedrock location, we find that for an elastic earth model, crustal displacements would be about 1-2 % of the ice mass change or on the order of -1 mm/yr . Contemporary geodetic techniques can certainly measure crustal deformation rates of this magnitude within a few years.

The experiment, then, seems simple enough. We deploy positioning or gravity instruments to bedrock locations around the Greenland ice sheet, we collect data for a few years, analyze those data to determine long-period trends, and then interpret those trends as constraints on the ice mass variability. Unfortunately, there is a catch in this seemingly simple experiment. The interpretation of the vertical deformation signal will be complicated by the fact that in addition to the elastic crustal motions caused by present day changes in ice mass, the observed deformation signal will also contain a viscoelastic contribution caused by past changes in ice load. The viscoelastic deformations are called the Glacial Isostatic Adjustment (GIA).

Viscoelastic deformations in this region are likely to be relatively large. Using a viscoelastic earth model [Han and Wahr, 1994] and the Ice-3G ice load history [Tushingham and Peltier, 1991], the viscoelastic crustal uplift predicted at the southwestern edge of the ice sheet is estimated to be about $3.5 \pm 2.5 \text{ mm/yr}$. However this signal can easily be a factor of two smaller or larger depending on our choice of earth model, lithospheric thickness or ice load history. Hence, the viscoelastic crustal motions from past melting might be significantly larger than the elastic crustal motions due to present day melting and must be accurately determined and removed from the data before the observed signal can be interpreted in terms of a present day ice-mass change.

In ice free regions, absolute gravity observations have been proposed as a way for testing different postglacial rebound models.

But in regions covered with ice, gravity measurements and positioning measurements alone are incapable of distinguishing between the elastic deformations caused by present day changes in ice mass and the earth's viscous response to any changes in ice that might have occurred over the last several thousand years.

The issue of separating the elastic crustal motions due to present day melting from the GIA was first addressed by Wahr *et al.* [1995]. In that publication the authors demonstrated that by making measurements of both gravity and vertical crustal motion at a bedrock site, the elastic and viscoelastic signals could be separated. The viscoelastic crustal motions are related to the viscoelastic changes in gravity via a proportionality constant that is independent of the choice of earth or ice model. Hence collocated observations of crustal motions and gravity changes can be linearly combined to provide information on present day changes in ice mass, independent of GIA.

In principle, any positioning technique could be used to measure vertical crustal motions in Greenland. We chose to use GPS because of its cost-effectiveness, precision, and portability. The gravity changes that we expect to observe are approximately $1 \mu\text{gal/yr}$. To observe changes of this order of magnitude, a very precise instrument with long-term stability is required. We have chosen the FG5 absolute gravimeters for our gravity observations. The instrument has a footprint of about $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ and weighs approximately 500 kg, including accessories such as a tent for outdoor measurements.

Do the techniques of GPS and absolute gravity currently have the precision required for this experiment? The vertical component is the least well-determined coordinate in GPS with reports of 10 mm in scatter over one week of data for sites in North America [Zumberge *et al.*, 1997]. Using a statistical analysis and assuming randomly distributed errors, we determine that with one year of daily GPS observations we should be able to measure a rate of vertical crustal motion with an accuracy of 4 mm/yr which is the amplitude of the expected total crustal motion signal. However, GPS errors are not randomly distributed, which complicates our error estimates. With respect to the absolute gravimeter, the instrumental precision of the FG5 is approximately $1.0 \mu\text{Gal}$ integrated over 12 hours of observations [Francis *et al.*, 1998]. Even though the FG5 is an absolute instrument, the calibration is checked before and after every field deployment by comparing FG5 observations of gravity at the National Oceanic and Atmospheric Administrations Table Mountain Gravity Observatory with continuous observations of gravity taken there with a superconducting gravimeter.

Like GPS observations, gravity observations are subject to non-random noise effects such as poorly modeled gravitational signals caused by changes in local air pressure, in ground water very near the instrument, and in non-tidal sea level fluctuations if the observations are taken near a coast.

For both GPS and gravity, the most effective way of determining a secular signal is to make continuous observations so that these non-secular terms can be identified and removed. This can be done with GPS, by installing a permanent receiver. It is not practical, however, to make continuous absolute gravity measurements over time periods longer than about a month or so. The wear and tear on the instrument is too great. Thus, we have installed two permanent GPS receivers in Greenland but only make gravity measurements over a period of 1-2 weeks once every year, and it is the accuracy of our gravity measurements, not that of the GPS vertical coordinate, that is the limiting factor in our ability to separate the elastic and viscoelastic crustal deformations (see above). From our estimates of the accuracy levels we can achieve with these instruments, we must make gravity observations every year for the better part of a decade.

Project Status

We began our project in the summer of 1995, installing one GPS receiver and making absolute gravity measurements at the Sondrestrom Radar Facility near Kangerlussuaq (Sondre Stromfjord) (KELY Figure 2). This site was chosen primarily because of the existing infrastructure support, which is helpful when establishing sites in remote regions. The Sondrestrom facility, funded by the NSF Upper Atmosphere Facilities Program is operated and managed by SRI International for a wide variety of university and government users.

In the summer of 1996 we established a second site on the eastern side of the ice sheet at the Kulusuk Airport (KULU Figure 2). (For completeness, we also show in Figure 2 the location of two other continuously operating sites in Greenland, Thule (THU1) and Scorsbysund (SCOB)). There is currently no internet connection at Kulusuk and we rely on a local site contact to periodically download and mail the data to the University Navstar Consortium (UNAVCO) Boulder Facility in Boulder, Colorado.

Absolute gravity measurements have been taken every summer since 1995 at Kangerlussuaq and every summer since 1996 at Kulusuk. The observations range in duration from 6 days to two weeks. Larger than expected scatter has been observed in the gravity data due to problems with controlling the temperature and the verticality of the instrument in the portable shelter where the measurements are taken.

The GPS observations are analyzed using the GIPSY/OASIS II software developed at the Jet Propulsion Laboratory (JPL) [Zumberge et al., 1997]. We use GPS orbits, earth orientation, and clock products produced by JPL. We estimate station position, tropospheric refraction, and the receiver clock behavior. Figure 3 shows the weekly averages of the daily GPS vertical positions at KELY and KULU. (The error bars are removed for clarity but have an average value of 9 mm.) Neither atmospheric pressure nor ocean loading effects have been removed from the GPS data. The data have a RMS scatter about the best-fitting straight line of approximately 12 mm at KELY and about 13 mm at KULU.

(The error bars are removed for clarity but have an average value of 9 mm.) Neither atmospheric pressure nor ocean loading effects have been removed from the GPS data. The data have a RMS scatter about the best-fitting straight line of approximately 12 mm at KELY and about 13 mm at KULU. The break in the KELY data beginning in November 1995 was the result of a bad antenna that was replaced in July 1996. Otherwise the site KELY has been essentially trouble free.

The sparse observations at Kulusuk present another story altogether. Strong winds, extreme cold, and excessive humidity resulted in instrument failures that without an internet connection were difficult to diagnose and subsequently repair.

Preliminary Observations

At KELY, we observe a significant subsidence during the first 4.5 years of 5.7 ± 0.9 mm/yr, but a slight uplift that started in the summer of 1998 indicates that our model of a trend plus an annually varying signal is probably not complete. Removing the predicted effects of atmospheric pressure loading does not affect the estimate of the subsidence rate. We find that atmospheric pressure loading is a zero mean process. It will add noise to the height time series but it does not affect the slope if the slope is calculated using continuous data that spans many years. The inferred elastic crustal subsidence (GPS vertical rate - GIA predicted uplift) is much larger than the 1 mm/yr value predicted from altimeter observations. This result begs the question "Could the subsidence at KELY be an artifact of our analysis products?". Time series from other sites near KELY and at the same latitude, Reykjavik, Iceland and THU1, suggest not, as neither shows a similar subsidence over that time period.

The gravity data from both sites are shown in 40 4. The results at both KULU and KELY are corrected for ocean loading, polar motion, earth tides, and atmospheric pressure (loading and direct mass attraction is removed using the conversion $-0.3 \mu\text{gals}/\text{mbar}$). Each point on the plot represents the average of one to two weeks of actual observations. The error bars in most years are on the order of $2.5 \mu\text{gals}$. This scatter is larger than the reported instrument precision because 1) we are making observations in the field and 2) we cannot model the environmental effects perfectly. The large error bars in 1997 are related to the fact that the instrument was malfunctioning that year.

A linear fit to the gravity data at KELY indicates that the gravity change has a slope of $1.6 \pm 1.2 \mu\text{gals}/\text{yr}$, which is not significantly different from zero. The gravity data from KULU cannot be interpreted. During the summers of 1997 and 1998 a large hotel was being constructed only 10 meters away from our absolute gravity site. We have modeled the gravity effects of the mass of the hotel and various geometries for the redistribution of top soil and bedrock associated with the construction. We find that gravity can change from 4 to 11 μgals depending on the soil distribution model we choose. We will try to more accurately measure the soil redistribution this field season in an attempt to reduce the errors from the hotel construction near the KULU gravity site.

Interpretation (or Going out on a Limb)

Recall that because of our short annual visits with the gravimeter, it is still too early to report definitive conclusions about ongoing changes in ice in the southern third of the Greenland ice sheet. However, the GPS subsidence rate at KELY is substantially larger than what we think is a reasonable upper bound for the crustal deformation, even given uncertainties in our estimate of the earth's viscous response to past ice changes. Hence, we may be able to use an earth model and an ice load history model to estimate the viscous effects, assign large error bars to the estimate and put an upper bound on the what the elastic signal might be.

As mentioned earlier, when we use the Ice-3G model for the melting of Pleistocene ice prior to 4000 years ago, and convolve these data with viscoelastic Green's functions, we estimate a viscoelastic uplift of 3.5 ± 2.5 mm/yr at KELY. The uncertainty on this value represents the range of possibilities in our estimate, given the uncertainty in the earth's viscosity profile. If we remove this rate of uplift from the GPS secular subsidence value ($\sim 5.7 \pm 0.9$ mm/yr), we obtain an effective elastic subsidence of 9.2 ± 2.7 mm/yr. If the Ice-3G model is correct, then this subsidence would have to be due to a combination of ongoing changes in ice and of the earth's viscous response to any changes in ice that might have occurred during the past 4000 years. (Ice-3G only attempts to model the deglaciation prior to 4000 years ago). We have little idea of what ice changes in Greenland in the last 4000 years might have been. However, there needs to be a substantial change in ice over the last 1000 years or so to produce a significant GIA. The 1995 Intergovernmental Panel on Climate Change report [Warrick *et al.*, 1995] concludes that Greenland's contribution to sea level rise over this past century has been somewhere in the range of ± 0.4 mm/yr. This corresponds to an ± 80 mm/yr change in ice averaged over the Greenland ice sheet. As an upper bound, we accordingly assume that the average rate of change in ice thickness over the past 4000 years was somewhere in the interval ± 80 mm/yr and that this thickness change was uniformly distributed over the ice cap. Using this assumption, we calculate a present-day crustal subsidence at KELY caused by the changing ice over the past 4000 years, of ± 4 mm/yr, and we add this ± 4 mm/yr to the uncertainty of the elastic subsidence rate. We thus conclude that the subsidence at KELY due to ongoing changes in ice is 9.2 ± 4.8 mm/yr.

This result is almost certainly too large. For example, 9 mm/yr of subsidence at the edge of the ice sheet would imply that the ice is thickening at a rate of about 45-90 cm/yr averaged over the ice within a few hundred kilometers of KELY. This is at the far greater than the ice surface changes inferred from altimetric observations [Krabill *et al.*, 1999]. The lower bound of $9.2 - 4.8 = 4.4$ mm/yr would imply the ice is thickening at a rate from 22 to 44 cm/yr, which is only marginally within the extreme upper bounds of the existing altimeter solutions.

The explanation for the large subsidence rate is most likely related to changes in ice that occurred since the end of the large, early Holocene deglaciation. In fact, archeological and historical observations along the west Greenland coast from several hundred km north to several hundred km south of KELY, indicate that there has been widespread subsidence throughout this region of up to several mm/yr averaged over the last 2000 years or so (see, e.g., Weidick [1996]). This suggests that the ice sheet margin in this area may actually have been advancing during the last 2,000-2,500 years [Weidick, 1993]. By using extreme but not unreasonable estimates for the rate of this readvance in our viscoelastic models, we find that 9-10 mm/yr of subsidence at KELY is quite plausible.

In the near future, we hope to use geologic data from Greenland to refine our models of the ice load history and hence to improve the viscoelastic models we are currently using. Until we are certain of our viscoelastic modeling however, we will continue to collect more gravity and GPS observations. This is the data that will ultimately allow us to accurately separate the viscoelastic part of the crustal motion signal from the elastic. From this data we will be able to infer present day changes in ice mass in the southern third of the Greenland ice sheet and perhaps contribute to understanding the relationship between climate, ice mass and sea level.

References:

- Francis, O., T. Niebauer, G. Sasagawa, F. Kloppe, and J. Gschwind, Calibration of a superconducting gravimeter by comparison with an absolute gravimeter FG5 in Boulder, *Geophys. Res. Lett.*, 25, pp. 1075-1078, 1998.
- Han, D. and J. Wahr, The viscoelastic relaxation of a realistically stratified earth, and a further analysis of post-glacial rebound, *Geophysical J. Int.*, 120, 287-311, 1995.
- Krabill, W., E. Frederick, S. Manizade, C. Martin, J. Sonntag, R. Swift, R. Thomas, W. Wright, and J. Yungel, Rapid Thinning of Parts of the Southern Greenland Ice Sheet, *Science*, 283, pp. 1522-1524, 1999.
- Tushingham, A.M., and W. R. Peltier, Ice-3G: A new global model of Late Pleistocene Deglaciation based upon geophysical predictions of post-glacial relative sea level change, *J. Geophys. Res.*, 96, 4497-4523, 1991.
- Wahr, John M., D. Han, and A. Trupin, Predictions of vertical uplift caused by changing polar ice volumes on a viscoelastic earth, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 977-980, 1995.
- Warrick, R.A., C. LeProvost, M. F. Meier, J. Oerlemans, and P. L. Woodworth, Changes in sea level, in *Climate Change 1995, The contributions of the WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 572 pp., Cambridge University Press, Cambridge, 1995.
- Weidick, A., Neoglacial change of ice cover and the related response of the earth's crust in West Greenland. *Rapp. Gronlands geol. Unders.*, 159, 121-126, 1993
- Weidick, A., Late Holocene and historical changes of glacier cover and related relative sea level in Greenland. *Zeitschrift fur Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 32, 217-224, 1996.

Zumberge, J. F., M. B. Heflin, D. C. Jefferson, M. M. Watkins, and F. H. Webb, Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks, *J. Geophys. Res.*, 102, 5005-5017, 1997.

Acknowledgments: We thank NASA for providing funding through grants NAG-2977 and NAG5-6875. We would like to thank Bob Thomas and Jay Zwally at NASA for personally supporting this project. We thank NOAA for supplying equipment, field engineering support, travel and shipping support. JPL provided precise orbits and GIPSY software. We would also like to thank Koni Steffen, Bo Madsen, Dave Crump, Knute Berstis, Daniel Winester, Glenn Sasagawa, Doug Robertson, Bill Krabill, Miranda Chin, Linda Nussear, Bjorn Johns, Ole Marinus, Ernie Marion, Mike Jackson, Reinhard Deitrich, Mirko Scheinert, Andreas Ahlstrom, the Boulder Facility of UNAVCO, PARCA, PICO, and SRI for their assistance with this project.

Figure Captions:



Figure 1: View looking East from the Kulusuk GPS monument. The photo was taken in March of 2000 by Bjorn Johns.

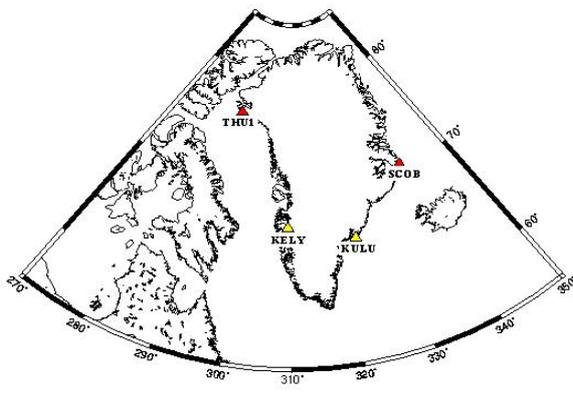


Figure 2: Map showing the relative locations of the continuous GPS sites in Greenland including: Kangerlussuaq (KELY) and Kulusuk (KULU) used in this project, the JPL site at Thule (THU1) and the Scorsbysund site (SCOB) maintained by the National Survey and Cadastre of Denmark.

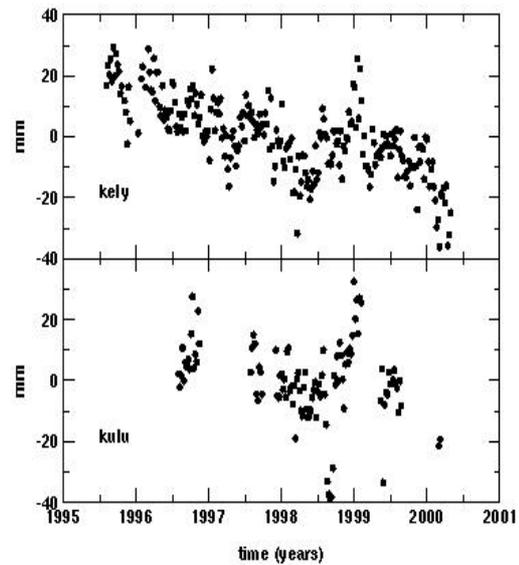


Figure 3: Weekly averages of GPS vertical position changes at KELY and KULU. Errors bars have been removed for clarity, with average value of 9mm.

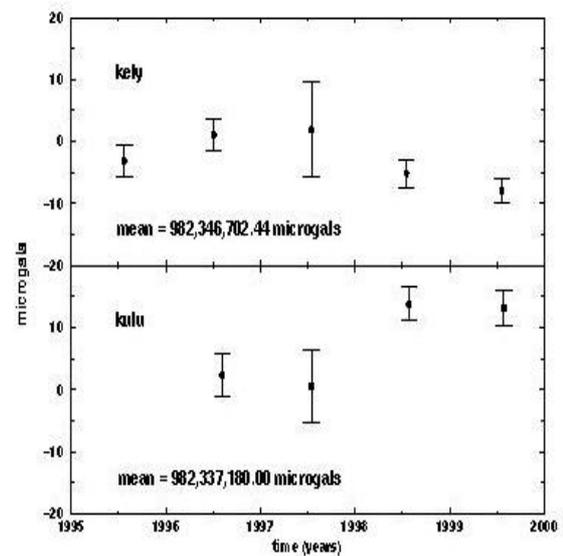


Figure 4: Gravity observations from KELY and KULU. A mean has been removed from the data.

L'IMPACT EN GEODESIE DES SYSTEMES DE RADIO-NAVIGATION PAR SATELLITES GPS ET GLONASS

Pascal Willis

ENSG/LAREG

*

:

GPS

(International GPS Service) IGS

GPS

GPS

" "

RESUME :

Dès le lancement des premiers satellites GPS, les géodésiens ont essayé d'utiliser au mieux les potentialités de ce système pour les applications de haute précision. Les précisions obtenues sont rapidement devenues centimétriques, puis millimétriques, d'abord pour des réseaux de taille locale, puis régionale et désormais mondiale. En particulier, la réalisation du service scientifique IGS (International GPS Service), mettant à disposition de tout utilisateur des orbites GPS de très haute qualité a été un facteur clé de succès pour ce type de résultat.

Le but de cette présentation est de rappeler les différentes étapes qui ont été nécessaires à l'obtention de précision sub-centimétrique de localisation par GPS et d'essayer d'en tirer quelques recommandations qui pourraient être faites pour la réalisation d'un futur système européen de navigation par satellites : Galileo.

Mots clés: géodésie, localisation, radio-navigation par satellites, GPS, GLONASS, Galileo, IGS.

ABSTRACT:

Since the very first launches of the GPS satellites, geodesists have tried to make the best use of the capacity of this system for high precision applications. The results obtained improved gradually from centimeter to millimeters, first for local networks and gradually for regional and now worldwide networks. In particular, the establishment of the scientific service IGS (International GPS Service), allowing users to have an easy access to high accuracy GPS orbits has been a key factor of success for obtaining these types of results.

The purpose of this paper is to summarize the different steps that were needed to obtain sub-centimeter level of accuracy for GPS positioning and to try to make a few recommendations for the architecture of a new European satellite navigation system: Galileo.

Key worlds : geodesy, positioning, radio navigation by satellite, GPS, GLONASS, Galileo, IGS.

* Article paru dans la revue XYZ, N° 84 et publié dans le Bulletin des Sciences Géographiques avec leur aimable autorisation .

Le système américain GPS (Global Positioning System) génère de nombreuses applications de localisation à une précision de quelques mètres près pour le grand public, applications dont le nombre devrait encore augmenter à l'avenir avec l'arrivée de bases de données géographiques de grande précision et de faible coût facilement accessibles et régulièrement mises à jour. L'intégration des systèmes de localisation et des systèmes d'information géographique ne fera qu'accélérer encore ce phénomène.

D'autres systèmes de radionavigation par satellites existent déjà, comme le système russe GLONASS, ou sont actuellement en phase d'élaboration comme le système européen Galileo.

Il faut noter que tous ces systèmes peuvent aussi être utilisés de manière encore plus précise pour obtenir des performances sub-centimétriques pour des applications scientifiques comme la géodésie.

Le but de cet article est de rappeler brièvement ce qui permet aux scientifiques d'utiliser ces systèmes bien au-delà des gammes de précision proposées en termes de service aux utilisateurs grand public et d'essayer de présenter la complémentarité de ces systèmes pour les utilisateurs scientifiques et enfin de s'interroger sur les points critiques de l'architecture du futur système européen Galileo qui permettront ou non son utilisation scientifique à l'avenir.

Applications géodésiques du système GPS :

Bien avant que le système GPS ne soit déclaré opérationnel par le ministère de la défense américain, les géodésiens se sont intéressés à ce nouveau système, pratiquement dès les années 1980-1985. L'objectif était de tester les limites de performances du système en utilisant de nouvelles stratégies d'observations ou de calculs et aussi de l'utiliser pour réaliser des réseaux géodésiques nationaux ou mondiaux de meilleure précision.

Dès cette époque, il était clair que les performances désirées ne pourraient pas être atteintes par le service GPS standard (SPS = Standard Positioning Service, accessible au grand public), ni même par le service précis militaire (PPS = Precise Positioning Service) accessible uniquement aux organismes militaires habilités. C'est l'accès au signal GPS qui était le point essentiel et non l'accès à un service particulier: les scientifiques sont connus pour être des utilisateurs exigeants, cherchant toujours à pousser toujours plus loin les performances déjà existantes.

Plusieurs conditions nécessaires étaient indispensables :

- Utiliser les mesures GPS de phase (et non plus seulement les mesures de pseudo-distances),
- Traiter les mesures en mode différentiel (une station de référence étant stationnée sur un point géodésique connu),
- Observer pendant un temps suffisamment long pour obtenir les performances souhaitées (de quelques dizaines de minutes à quelques heures, voire plusieurs jours).

On est donc loin de l'utilisation standard du GPS qui permet d'obtenir quelques dizaines de mètres en temps réel ou quelques mètres à présent, puisque la dégradation volontaire (SA = Selective Availability = Accès Sélectif)

à désormais été retirée très récemment. Les récepteurs GPS utilisables pour les applications scientifiques sont beaucoup plus coûteux (actuellement d'environ un facteur 100) et les conditions d'observation assez contraignantes (beaucoup d'applications concernent la localisation de points mobiles, voitures, avions...). De plus, les calculs sont faits en temps différé et non plus en temps réel, ce qui était au départ un des atouts majeurs du système GPS nominal.

Il est aussi rapidement apparu que les performances obtenues se dégradent progressivement en fonction de la distance au point de référence ainsi que des conditions ionosphériques particulières (plus défavorables de jour que de nuit, et plus défavorables en fonction du maximum d'activité solaire, phénomène d'une périodicité d'environ dix ans). Si le problème lié à l'ionosphère peut être réglé facilement en y mettant le prix et en utilisant des récepteurs GPS bi-fréquences, le premier problème ne peut être réglé qu'en utilisant pour les calculs de localisation géodésique, une orbite de meilleure qualité que l'orbite radio-diffusée par les satellites GPS eux mêmes en temps réel.

Afin d'obtenir une orbite estimée de qualité suffisante pour les applications scientifiques, les géodésiens ont développé dans un cadre de coopération scientifique internationale, un réseau de stations de poursuite civiles des satellites GPS ainsi qu'une organisation complète (IGS = International GPS Service), basée sur la bonne volonté réciproque des organismes et sur la gratuité du service final [Beutler et al, 1995].

Dans le cadre de cette organisation informelle, plus d'une centaine de stations GPS enregistrent les mesures de phases et de pseudo-distances de manière continu, 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, pour tous les satellites GPS. Ces données sont transmises par Internet sur plusieurs centres de données internationaux, dont celui de l'IGN en France (accès ftp igs. ensg. ign. fr). Ces données sont ensuite traitées en temps différé pour obtenir des orbites précises de très grande précision (actuellement environ 5 cm sur la composante radiale, soit presque un ou deux ordres de grandeur par rapport à l'orbite « officielle » GPS diffusée en temps réel par les satellites GPS eux-mêmes pour assurer le service SPS).

Il faut noter que l'IGS a été basée sur un principe de compétition/coopération [Feissel, Willis, 2000]. A titre d'exemple, les éphémérides précises sont obtenues actuellement par huit groupes indépendants afin d'assurer une meilleure fiabilité du service et aussi ne pas tomber dans une attitude de monopole dans laquelle le produit final (dans ce cas l'orbite) reste dans un état de précision donné et ne s'améliore pas constamment en fonction des améliorations successives des logiciels (modèles et stratégies de calcul).

Au cours des cinq dernières années, les orbites de l'IGS se sont régulièrement améliorées en termes de précision. De plus, les délais d'obtention de cette orbite ont été ramenés à une quinzaine de jours. Beaucoup plus récemment, afin de répondre à l'attente de nouveaux types d'utilisateurs, une orbite rapide est désormais disponible ainsi qu'une orbite prédite (donc utilisable en temps réel tout comme l'orbite radiodiffusée à condition de disposer d'un accès Internet au niveau de la station GPS sur le terrain).

Ces orbites sont bien sûr de précision moins bonne que celle de l'orbite précise GPS, car disposant de moins de données GPS au moment de son calcul, mais de précision bien supérieure à celles des orbites radio diffusées, même lorsque l'Accès Sélectif n'est plus activé comme à présent.

De plus, il faut noter que l'IGS propose depuis peu de nouveaux produits: des coordonnées de stations GPS, des paramètres de la rotation terrestre, voire encore plus récemment des modèles de correction ionosphérique ou encore des informations sur le contenu intégré en vapeur d'eau au-dessus de chaque station du réseau de poursuite de l'IGS.

Tous ces « produits scientifiques » [Beutler et al, 1999] deviennent des données de grande précision qui peuvent être utilisées seules ou en conjonction avec d'autres mesures ou éléments d'information pour obtenir des modèles géophysiques (tectonique des plaques, mouvements intra-plaques, déformations locales...), des informations sur l'intérieur de la Terre ou les mouvements de masse du système Terre-Océan Atmosphère, ou des prédictions météorologiques plus fiables. Des informations complémentaires sont consultables sur le site Web du Bureau Central de l'IGS : (<http://igscb.jpl.nasa.gov>).

Les géodésiens utilisent couramment les produits de l'IGS (en particulier les éphémérides précises) pour estimer les coordonnées des points de réseaux géodésiques (régionaux voire nationaux). Les précisions obtenues nécessitent de fournir simultanément la position et la vitesse de déplacement de ces points dus au mouvement de tectonique globale.

Plus récemment, les géodésiens estiment des séries temporelles de ces coordonnées de stations afin de pouvoir détecter d'éventuels mouvements transitoires ou non-linéaires. Au niveau français, des résultats sont consultables sur le site du RGP (Réseau Géodésique Permanent) de l'IGN : (<http://lareg.ensg.ign.fr/RGP>).

Conditions indispensables pour un GPS centimétrique :

Comme on peut le voir, les précisions obtenues nous emmènent bien loin des applications grand public certainement mieux connues du GPS. Toutefois, le prix à payer pour obtenir ces précisions peut sembler trop important à certains :

- mesures de phases nécessitant des récepteurs GPS spécialisés et plus coûteux,
- récepteurs bi-fréquences en cas de réseaux étendus,
- orbites précises,
- temps d'observation important,
- logiciels de calculs sophistiqués.

Il peut maintenant être utile de se projeter plus avant dans le futur et d'essayer de voir si certaines de ces conditions ne seront pas amenées à disparaître ou à devenir moins contraignantes dans un futur proche.

Concernant l'utilisation de récepteurs bi-fréquences, on peut dire que cette condition n'est nécessaire qu'à grande distance (typiquement au-delà de la centaine de kilomètres dans nos régions). De plus, l'IGS fournit récemment des cartes de corrections ionosphériques qui sont bien supérieures aux modèles

radio-diffusées par le système GPS, car ces cartes sont basées sur des observations précises et nombreuses. De plus, si les pays continuent à installer des récepteurs GPS géodésiques permanents [Boucher et al, 1999] à une distance inter-station convenable, il conviendra alors de poser le problème de l'achat d'un récepteur bi-fréquence par rapport à celui d'un récepteur mono-fréquence en termes de coûts et de performances (le doublement de l'électronique par deux étant loin d'impliquer le doublement du prix du récepteur).

Concernant le temps d'observation nécessaire aux précisions géodésiques, cette durée minimum d'observation n'a fait que diminuer au cours des dernières années pour faire place à des applications précises de type cinématique (un récepteur fixe comme référence et un récepteur mobile). Il faut toutefois noter que ces méthodes ont encore actuellement leurs limites: elles ne marchent pas tout le temps et, dans certains cas, elles peuvent même fournir des résultats erronés (manque d'intégrité).

Pourtant ces problèmes, de notre point de vue, devraient s'amenuiser pour plusieurs raisons :

- disponibilité de mesures de pseudo-distances non biaisées (absence de SA) permettant un contrôle accru de la solution, voire une convergence plus rapide;
- disponibilité de nouveaux satellites (GLONASS, Galileo)
- nouvelles méthodes mathématiques de détermination rapide des paramètres d'ambiguïtés entières pour les mesures de phases.

Enfin, le problème de la distance maximum au point de référence peut aussi certainement être réglé en utilisant des éphémérides un peu moins précises mais utilisables directement sur le terrain, soit au moment des mesures (orbite prédite), soit en temps légèrement différé (inférieur à une heure), ce qui permet encore un calcul et un contrôle des résultats sur le terrain pour un grand nombre d'applications professionnelles comme la topographie.

Cette remarque a des implications opérationnelles importantes pour l'IGS et pour les réseaux permanents d'observations GPS, car elles poussent les récepteurs à transférer leurs données de manière beaucoup plus rapide (typiquement heure par heure au lieu de le faire uniquement une fois par jour).

Cette évolution est en cours de réalisation pour un nombre croissant de stations permanentes GPS en France et dans le monde.

Il faut de plus noter qu'une limite actuelle à ces nouveaux types d'applications est la difficulté d'accéder à des informations complémentaires (orbites précises, corrections ionosphériques...) directement sur le terrain. On peut penser que les nouvelles technologies de transfert d'informations à haut débit devraient profondément changer cet état de fait et permettre de développer de nouvelles applications. De plus, il pourrait être utile pour un nouveau système, comme le futur système Galileo, de fournir à l'utilisateur un accès facile à un moyen de télécommunication, même réduit au minimum, ce qui amènerait dans ce cas une claire amélioration technique par rapport au système GPS qui, conçu comme un système militaire, ne prévoit que des liaisons descendantes vers l'utilisateur.

Le système russe GLONASS : performances scientifiques actuelles et réelle utilité :

Il existe actuellement un autre système de navigation par satellites qui est certainement beaucoup moins connu que le système GPS. Il s'agit du système russe GLONASS qui n'est toujours qu'en phase de développement, plusieurs satellites ont été lancés depuis plusieurs années mais leur nombre n'est pas suffisant pour que le système soit déclaré pleinement opérationnel.

Ce système est en fait très proche du GPS: orbites d'altitude proche, signaux sur deux fréquences en bande L, mesures possibles de pseudo-distances et de phases, horloges atomiques à bord des satellites. Bien que beaucoup d'incertitudes existent toujours sur l'avenir réel de ce système (le nombre de satellites a plus tendance à décroître qu'à augmenter, probablement pour des raisons financières liées au coût financier de la construction de ces satellites et de leur lancement), il a paru utile aux géodésiens d'essayer de tester dès à présent les performances potentielles de ce système, soit seul, soit comme complément au système GPS.

Dans ce contexte une importante campagne d'observations géodésiques des satellites GLONASS a été organisée entre octobre 1998 et avril 1999 (IGEX-98 = International GLONASS Experiment 1998). Cette campagne avait de nombreux buts scientifiques et opérationnels qu'il serait trop long de rappeler ici dans le détail [Willis et al, 1999] :

- paramètres de transformations entre les systèmes géodésiques propres à chaque système (WGS-84 pour le GPS et PZ-90 pour le GLONASS),
- idem pour le rattachement des échelles de temps,
- calculs d'orbites précises GLONASS,
- localisation géodésique précise à l'aide du système GLONASS seul ou comme complément au système GPS.

Cette campagne qui a réuni environ une trentaine de pays a permis de mettre en place un réseau d'environ 70 récepteurs GLONASS/GPS géodésiques (actuellement une trentaine de récepteurs bi-fréquences continuent à observer depuis cette date). Cette campagne a permis de confirmer les performances techniques des horloges atomiques embarquées à bord des satellites GLONASS et d'obtenir dans un premier temps des éphémérides GLONASS comprises entre 10 et 20 cm, et ceci avec un réseau de poursuite beaucoup moins dense et homogène que celui de l'IGS pour le GPS [Slater et al, 1999], Il faut noter que ces résultats ont été confirmés par des observations de télémétrie laser qui ont été faites simultanément et de manière indépendante.

De plus des performances de localisation sub-centimétriques ont été obtenues même à grande distance (au-delà du millier de kilomètre). Des résultats de localisation de stations au sol GPS/GLONASS ont aussi été obtenus, montrant tout l'intérêt d'une constellation complémentaire au GPS, même réduite à une dizaine de satellites et même non opérationnelle.

Certaines études sont d'ailleurs encore en cours.

Dans ce contexte, l'IGS a décidé d'aller de l'avant à ce sujet et de projeter d'intégrer GLONASS au GPS dans ses observations (récepteurs mixtes GPS/GLONASS) ainsi que dans ses calculs (toutes les mesures GPS et GLONASS seront utilisées et les résultats seront obtenus dans un unique système de référence géodésique : l'ITRS [Boucher et al, 1996 ; Sillard et al, 1999]. Cette évolution se fera progressivement d'ici à 2003, en espérant que d'ici là d'autres lancements GLONASS auront lieu, à commencer par le lancement des 3 satellites prévus d'ici l'été 2000.

Quelles conséquences pour le futur système européen Galileo :

Quelles conclusions peut-on tirer des utilisations actuelles du GPS et du GLONASS pour les applications géodésiques? Tout d'abord, il paraît clair que le système GPS a fait ses preuves et fourni déjà des résultats d'intérêt géodésique considérable. Il est donc fort probable que l'arrivée du système Galileo sera perçue par les géodésiens, tout comme le système GLONASS, comme une complémentarité par rapport au système GPS (augmentation du nombre de satellites observables simultanément) plutôt que comme un nouveau concurrent au système GPS.

De plus, il n'est pas utile d'attendre la fin de développement du système, actuellement prévu pour 2006, pour obtenir des résultats pour la géodésie.

Enfin, il faut noter que les géodésiens et les utilisateurs scientifiques en général sont des utilisateurs à part du futur système. A la différence de la majorité des utilisateurs, ils ne souhaitent pas avoir accès à un service (qui leur fournirait directement les résultats espérés), mais ils souhaitent simplement avoir accès à un système de radio-navigation par satellites ou plutôt à un signal dans l'espace qui leur permettra d'effectuer des mesures et les traiter avec les logiciels appropriés et suivant des méthodes à mettre en place.

De ce côté, l'attrait possible du système Galileo pour ce genre d'utilisateur viendra probablement du nombre de satellites réellement disponibles, du nombre de fréquences potentiellement exploitables pour effectuer des mesures de phases (à partir de méthodes « sans code » pour bénéficier de toutes les fréquences possibles) et de l'exactitude des horloges atomiques embarquées à bord des satellites.

Il faut même souhaiter de plus que l'IGS étende encore ses attributions pour intégrer le système Galileo à ses préoccupations afin de générer une compétition positive et productive sur ces problèmes de localisation de grande précision.

Conclusions :

En conclusion, il est clair que les systèmes de radio-navigation par satellites ont des performances potentielles en termes de localisation très supérieures à celles qui sont fournies par les différents services opérationnels de localisation en temps réel. Sous certaines conditions, qui deviennent d'ailleurs de plus en plus faciles à satisfaire, on passe de résultats décimétriques ou métriques à des résultats de précision centimétrique voire millimétrique. La frontière entre les applications précises obtenues en temps différé et les applications « normales » fournies par le service en temps réel se fait de plus en plus mince de jour en jour.

De plus, pour les utilisateurs scientifiques, si le prix des récepteurs mixtes (GPS/GLONASS/Galileo) peut rester très proche de celui d'un récepteur GPS seul, le nombre de satellites visibles simultanément est un attrait très important, tant pour assurer l'intégrité du résultat, que pour obtenir de meilleures précisions, ou plus simplement encore pour diminuer certaines contraintes d'utilisation comme le temps minimum d'observation.

Il faut toutefois noter que certains points techniques liés à l'architecture et au signal Galileo ne sont pas encore définitifs et qu'ils pourraient avoir des conséquences importantes pour les applications scientifiques (disponibilités de mesures de phases de grande précision, dégradation volontaire des horloges des satellites pour des objectifs commerciaux...).

Si les financements opérationnels de ces systèmes de radionavigation par satellites peuvent être assurés sur le long terme, il semble établi que, pour les applications scientifiques, une utilisation combinée et raisonnée de tous les systèmes disponibles sera la clé pour obtenir les résultats attendus.

References:

- Beutler, G., R. Neilan, and I. Mueller, The International GPS Service for Geodynamics (IGS) : the story, in IAG Symp. n° 115, GPS trends in precise Terrestrial, airborne and spaceborne applications, Springer-Verlag, pp. 3-13, 1995.
- Beutler G, M. Rothacher, S. Schaer, TA. Springer, j. Kouba, R.E. Neilan, The International GPS Service (IGS): An interdisciplinary service in support of Earth Sciences, Adv. Space Res., Volume 23, Number 4, pp. 631-663, 1999.
- Boucher C., Z. Altamimi, International Terrestrial Reference Frame, GPS World, 7, 9, pp. 71-74, 1996.
- Boucher C., l'expérience pilote Réseau GPS Permanent (RGP), Revue XYZ, 79, 2, pp. 24, 1999.
- Feissel M., P Willis, Interaction between scientific research and Services, Proc. DORIS Day 2000, Toulouse, France, 8 p., Mai 2000.
- Sillard P, Z. Altamimi, C. Boucher, The ITRF96 realization and its associated velocity field, Geophys. Res. Lett., 25, 17, pp. 3223-3226, 1998.
- Slater j.A., P Willis, W Gurtner, W. Lewandowski, C. Noll, R. Weber, G. Beutler, R. Neilan, G. Hein (1999). The International GLONASS Experiment (IGEX-98): Organization, preliminary results and future plans. In Proc ION GPS-99, pp., Institute of Navigation, Nashville, USA, Septembre, 1999.
- Willis P, G. Beutler NV Gurtner, G. Hein, R. Neilan, C. Noll, j. Slater, IGEX: International GLONASS Experiment, Scientific Objectives and preparation, Adv. Space Res., 659-654, 1999.
- E-mail : pascal.willis@ensg.ign.fr.

ETABLISSEMENT DE PLANS CADASTRAUX EN ZONE RURALE PAR LA TECHNIQUE G.P.S.

B. GHEZALI, N. NABED, H. TAIBI, Á.Boudaoud, D. Benkhalef, B. GOURINE, C. SAHEL

Centre National des Techniques Spatiales
Laboratoire de Géodésie - CNTS B.P, 13 ARZEW31 200.

*

:

(GPS)

.(GPS)

(GPS)

(STOP&Go)

150

RESUME :

Prenant en compte les possibles difficultés des utilisateurs GPS pour la production des plans cadastraux en zone rurale, une équipe au CNTS s'est proposée de présenter à travers cet article un processus de réalisation d'un levé cadastral par la technique GPS. La méthodologie développée est basée sur l'exploitation de mesures de la phase des signaux GPS en mode statique pour le canevas d'appui et en mode cinématique (Stop & Go) pour le levé de détails.

Les tests effectués ont porté sur l'établissement d'un plan cadastral d'une zone rurale, d'une superficie de 150 hectares, située dans la commune de Bousfer.

MOTS-CLES: Ambiguïtés, Cadastre rural, Cinématique, GPS, Initialisation, Statique, Stop&Go, Transformation, WGS84, Nord Sahara.

ABSTRACT :

Taking into account the possible difficulties of GPS users for cadastral plans production in rural areas, an NCST group propose to present through this article, a process of realization of a cadastral survey by GPS technique.

The developed methodology is based on the exploitation of measures of GPS signals in static mode for the control network and in kinematic mode (STOP & go) for the detail survey . the tests achieved focused on the establishment of a cadastral plan in a rural area, with a surface of 150 hectares situated in the village of Bousfer.

* Article publié dans le Bulletin des Sciences Géographiques avec l'aimable autorisation des auteurs.

INTRODUCTION :

Différentes méthodes d'établissement de plans cadastraux en zone rurale (levé à la planchette, levé tachéométrique, restitution des photographies aériennes) sont jusqu'à présent utilisées par les services du cadastre. A ces techniques classiques se sont substituées de nouvelles techniques, basées sur l'utilisation de satellites artificiels comme le Global Positioning System (GPS), offrant des performances beaucoup plus intéressantes compte tenu des critères suivants :

- délais d'exécution très courts (rapidité des observations, moins d'interventions et d'intervenants),
- fiabilité des résultats (canevas d'appui précis et homogène),
- système tout temps et continu,
- absence de contraintes d'inter visibilité ou de répartition géométrique,

Les tests effectués ont porté sur l'établissement d'un plan cadastral d'une zone rurale, d'une superficie de 150 hectares, située dans la commune de Bousfer. Les données utilisées dans le traitement et qui ont permis la réalisation de ce travail sont constituées de 05 sessions d'observation GPS conduites entre le 27 Avril et le 06 Mai 1997. La durée maximale d'une session d'observation est d'environ 02 heures.

Les paramètres de transformation entre les systèmes mondial (WGS84) et local (Nord Sahara), appliqués à la zone de travail, sont déterminés à partir d'un jeu de coordonnées de points connus dans les deux systèmes. Les coordonnées des points, exprimées dans le système géodésique Nord Sahara (UTM), sont obtenues avec une précision de 06 cm en planimétrie et de 27 cm en altimétrie.

I. PLANIFICATION DE LA MISSION GPS :

1.1. Avant projet :

Cette étape consiste essentiellement à la collecte des données relatives à la zone de travail (documents administratifs, cartes topographiques, répertoires géodésiques, ...).

1.2. Reconnaissance :

La phase "reconnaissance sur le terrain" consiste à :

- identifier les bornes géodésiques existantes,
- choisir les sites assez dégagés qui peuvent être des stations de référence pour le levé de détails,
- localiser tous les obstacles pouvant interrompre les signaux émis par les satellites au cours du levé cinématique,
- repérer et fixer les limites des propriétés,
- tenir compte des changements des limites,
- choisir l'itinéraire optimal de chaque chaîne cinématique,
- choisir le mode d'observation adéquat,
- établir des croquis de repérage de toutes les chaînes du levé de la zone avec leur station de référence.

1.3. Modes d'observations et configuration des récepteur GPS :

Le matériel utilisé lors de cette campagne d'observations GPS est de type " WILD GPS SYSTEM 200 " et se composé de :

- deux capteurs bifréquences GPS WILD SR 299 à 9 canaux,
- deux embases avec trépied,
- une canne à longueur variable,
- deux contrôleurs GPS WILD CR 233 (RAM 512 ko),
- deux batteries (12 V, durée de 06 heures).

1.3.1. Modes d'observations :

Le levé des points de détails (limites de parcelle, pistes, routes, oueds, puits,...) a été effectué en mode cinématique "Stop&Go" qui est une méthode d'observation rapide et économique.

Le récepteur mobile enregistre les observations uniquement sur les points à déterminer tout en maintenant le contact "récepteur-satellites". En d'autres termes, le récepteur itinérant n'enregistre pas les observations au cours des déplacements d'un point à un autre ce qui favorise d'éviter quelques obstructions qui figurent entre les points.

Le récepteur fixe enregistre en continu les observations. Comme la capacité de la carte mémoire est limitée à 512 ko, il est utile pour l'opérateur d'évaluer pour chaque sortie sur le terrain la durée maximale des observations qui est fonction de la cadence d'enregistrement choisie et du nombre de satellites observés. Le tableau suivant fournit la durée maximale des observations en fonction du nombre de satellites et pour différentes cadences d'enregistrement qui sont recommandées en mode Stop&Go :

| Intervalle d'enregistrement | Nombre de satellites | | |
|-----------------------------|----------------------|---------|---------|
| | 4 | 5 | 6 |
| 3 secondes | 2h. | 1h 45mn | 1h 30mn |
| 4 secondes | 2h 45mn | 2h 30mn | 2h. |
| 5 secondes | 3h 30mn | 3h. | 2h 30mn |

Tableau 1 : Durées des observations.

1.3.2. Configuration des récepteurs :

Les paramètres à introduire au niveau des deux récepteurs sont :

- le mode d'observation(mode statique pour le récepteur de référence et mode Stop&Go pour le récepteur itinérant),
- la cadence d'enregistrement des mesures doit être identique pour les deux récepteurs,
- le nombre minimum de satellites à observer (0 4 satellites),
- l'angle de coupure en élévation (15°).

1.4. Levé cinématique : "Stop&Go"

Afin d'assurer un bon déroulement d'une campagne d'observations GPS, il est souhaitable de prévoir pour chaque sortie sur terrain :

- les stations de référence,
- les meilleures périodes d'observations
- le meilleur itinéraire et le type de véhicule nécessaires pour les déplacements,
- la vérification de la carte mémoire du récepteur,
- le contrôle de la charge des batteries.

1.4.1. Initialisation d'un levé cinématique :

Le principe du GPS cinématique repose sur la résolution des ambiguïtés de phase au début du levé qui sont reportés sur la totalité des points de détails à condition que le contact soit maintenu en continu avec au moins quatre satellites.

La phase d'initialisation consiste alors à déterminer le nombre d'ambiguïtés entières de la phase et s'effectue avant de commencer le levé des détails de chaque chaîne cinématique.

Il existe plusieurs méthodes d'initialisation :

- Initialisation sur une ligne de base connue
- Initialisation en mode statique rapide
- Initialisation par permutation d'antennes
- Initialisation en vol (OTF)

La technique d'initialisation utilisée lors de cette campagne d'observations GPS est celle en mode statique rapide qui consiste à observer sur le premier point de la chaîne cinématique pendant quelques minutes.

Principe: le récepteur fixe qui est mis en station sur le point de référence (R) enregistre les mesures en continu et le récepteur mobile effectue des mesures pendant quelques minutes sur le premier point (M₁) à déterminer afin de réaliser l'initialisation du levé puis se déplace sur les autres points de la chaîne (M₂, M₃, ...).

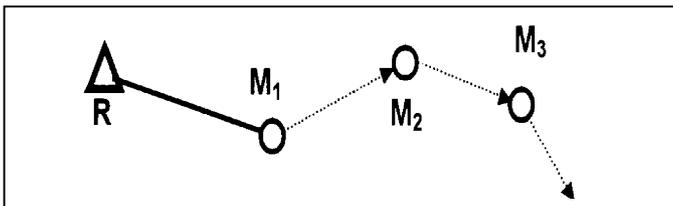


Figure 1 : Initialisation en mode statique rapide

1.4.2. Déroulement du levé des détails :

Après avoir effectué l'étape d'initialisation (pour chaque chaîne Stop&Go), le récepteur itinérant se déplace d'un point à un autre. Chaque point est occupé pendant 3 à 4 époques (nombre recommandé par WILD) dont une époque correspond à la cadence d'enregistrement. Une chaîne Stop&Go comprend plusieurs points de détails dont les ambiguïtés sont fixes pour toutes les observations de cette chaîne. Une session d'observation est composée d'une ou de plusieurs chaînes Stop&Go et qui correspond à une sortie sur le terrain. Dans le cadre de ce travail, la campagne d'observation GPS comporte 05 sessions dont chacune comprend 01 à 04 chaînes Stop&Go et sont fournies par le tableau suivant:

| N° session | Durée des observations | Nbre de chaînes | Nbre de points levés |
|------------|------------------------|-----------------|----------------------|
| 1 | 00h 34 mn | 01 | 13 |
| 2 | 01h 27 mn | 01 | 66 |
| 3 | 02h 00 mn | 03 | 37 |
| 4 | 01h 40 mn | 04 | 24 |
| 5 | 01h 45 mn | 05 | 56 |

Tableau 2 : Sessions d'observations GPS.

La cadence d'enregistrement des données est de **04 secondes** pour les deux premières sessions d'observation. Face aux contraintes de la capacité de la carte mémoire du contrôleur CR233, on était amené à augmenter la cadence d'enregistrement à **05 secondes** pour bénéficier un gain de 30 minutes d'observation. La durée maximale d'une session d'observation est d'environ 02 heures (session n°3).

Le contact doit être maintenu avec **au moins quatre satellites** lors des déplacements du récepteur entre les points. En cas de perte du contact avec un ou plusieurs satellites causé par des obstructions (arbre, bâtis, ...), le contrôleur GPS CR233 signale en temps réel cette interruption en indiquant le(s) numéro(s) du(es) satellite(s) correspondants.

Si le nombre de satellites est inférieur à 04, la chaîne Stop&Go doit être clôturée (problème de la résolution des ambiguïtés) et on sera amené à effectuer une nouvelle chaîne Stop&Go pour conserver une précision homogène de toutes les chaînes.

L'opérateur doit établir sur le terrain un croquis de repérage de chaque chaîne et reporte tous les numéros des points de détails correspondants.

1.4.2.1. Contrôle des points de détails :

Il existe deux méthodes de contrôle du levé des points de détails :

- la première méthode consiste à réoccuper quelques points du levé en utilisant une autre station de référence
- et la seconde méthode consiste à équiper le chantier de points de contrôle (déterminés en mode statique rapide) et à les ré-observer en mode Stop&Go.

1.4.2.2. Précautions à prendre :

Les précautions essentielles à prendre avant la sortie sur le terrain et durant les observations sont :

- bien qu'il soit possible avec la méthode Stop&Go d'observer seulement 04 satellites, il est recommandé d'utiliser des fenêtres d'observation de 05 à 07 satellites pour des raisons de sécurité. (cas d'une interruption du signal GPS).
- l'opérateur doit mentionner le temps du début des mesures et estimer la durée maximale des observations avant d'effectuer les observations (capacité de la carte mémoire du récepteur limitée).
- l'opérateur doit mesurer la hauteur d'antenne de la station de référence au début et à la fin de chaque session .
- l'opérateur doit mentionner et vérifier la hauteur de la canne aux points de détails avant d'enregistrer les mesures.

1.4.2.3. Validation des observations G.P.S. :

A la fin de chaque journée d'observation, on effectue un prétraitement des données collectées durant toute la session afin de valider les observations par le moyen du contrôle de la résolution des ambiguïtés et des écarts types des coordonnées de chaque point de la chaîne. Le traitement préliminaire se fait chaîne par chaîne.

1.4.2.4. Etablissement des fiches de synthèse :

Une fiche de synthèse est une fiche d'observations de chaque chaîne Stop&Go et qui regroupe toutes les informations jugées utiles au contrôle et à l'édition des données lors des traitements; Elle contient :

- le numéro de la chaîne ainsi que les numéros des points de départ et d'arrivée,
- le temps du début et fin des observations,
- le nombre de satellites visibles et le GDOP correspondant,
- les numéros des satellites dont le signal a été interrompu,
- la hauteur et l'excentrement d'antenne,
- le croquis de repérage.

2. TRAITEMENT DES DONNEES G.P.S. :

2.1. Processus de traitement de la campagne d'observations G.P.S. :

Les principales étapes du traitement des données GPS sont :

1- transfert et contrôle des données collectées (vérifier l'identification des points, les coordonnées des points fixes, les hauteurs et les excentrement d'antennes),

2- choix des paramètres de calcul (type d'éphémérides : radiodiffusées, modèle atmosphérique: standard (Hopfield), angle de coupure : 15°, type de traitement : bifréquences (L1 + L2), EMQ (écart type) à priori : 10 mm).

3- traitement des observations :

Les données sont traitées en mode relatif "Stop&Go" par rapport aux stations de référence et le calcul a été effectué chaîne par chaîne.

Les sauts de cycles sont détectés par la triple différence et corrigés de façon automatique par le logiciel SKI.

Le logiciel SKI fournit pour chaque chaîne les résultats suivants :

- composantes des lignes de base de chaque point de détail ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$).

- coordonnées cartésiennes (X, Y, Z) et géographiques (λ, ϕ, h) des points de détails, exprimées dans le système WGS84.

- coordonnées GPS (WGS84) transformées en coordonnées locales (Nord Sahara/UTM).

4-Contrôle du traitement :

Après chaque traitement, Il est nécessaire de consulter les fichiers "résultats" et d'effectuer les opérations suivantes :

- contrôle du nombre de satellites visibles.

-identification de tous les satellites dont l'ambiguïté n'a pas été résolue et intervenir manuellement pour éliminer ces satellites pour un nouveau traitement. Dans ce cas, il faut être prudent car l'élimination d'un satellite peut augmenter la valeur du GDOP.

- contrôle des divers EMQ : la solution est bonne si les **EMQ flottant** (EMQ avant fixation des ambiguïtés) et **EMQ fixé** (EMQ après fixation des ambiguïtés à leurs valeurs entières) sont inférieurs à l'**EMQ à priori**. Dans le cas contraire, il faut faire varier l'EMQ à priori et refaire le traitement.

2.2. Précision et analyse des résultats :

Les résultats finaux obtenus lors de ce traitement sont au niveau de précision permis par cette campagne d'observation GPS en mode Stop&Go. L'EMQ à posteriori des résidus, après ajustement de chaque ligne de base, correspond à une valeur moyenne de l'ordre 03 cm. La moyenne des écarts types (EMQ) sur les coordonnées de chaque point de détail du levé est de l'ordre centimétrique. Pour l'ensemble des points des chaînes Stop&Go, les ambiguïtés ont été résolues (fixées à leurs valeurs entières) et la valeur de l'écart type des résidus (EMQ à posteriori : 2.2 à 3.4 mm) est inférieure à l'EMQ à priori (10 mm). En d'autres termes, tous les EMQ fixés et flottants correspondants sont inférieurs à l'EMQ à priori (10 mm). Néanmoins, il a été constaté pour quelques points des chaînes Stop&Go que les résidus ont des écarts types (EMQ à posteriori) supérieurs à l'EMQ à priori (10 mm) et sont situés dans un intervalle de [11, 60 mm]. Diverses causes peuvent être à l'origine : GDOP à 06, sauts de cycles, ambiguïtés non résolues (non fixées à leurs valeurs entières).

En résumé, la précision sur les coordonnées des points de détails dépend :

- de la durée des observations,
- de la distance entre le point de la chaîne et le point d'initialisation,
- du GDOP,
- des incidents survenus sur le terrain (stabilité de la canne, sauts de cycles, ...),
- de la résolution des ambiguïtés.

2.3. Transformation des coordonnées GPS en coordonnées locales :

Les travaux du cadastre s'appuient sur le réseau géodésique national (Nord Sahara) et les coordonnées GPS sont exprimées dans le système mondial géocentrique (WGS84). A cet effet, les paramètres de transformation entre les deux systèmes s'avèrent indispensables pour l'exploitation des résultats obtenus lors du traitement des données GPS.

La méthode de détermination des paramètres de transformation entre les deux systèmes est l'approche "Stepwise" qui est intégrée dans le logiciel SKI. Cette technique nécessite la connaissance de :

- 02 points d'appuis au minimum connus en planimétrie dans les deux systèmes géodésiques pour effectuer la transformation planimétrique (méthode d'Helmert à 04 paramètres),

- 03 points de contrôle connus en altitudes pour la transformation altimétrique. Cette méthode est utilisée lorsqu'on ne dispose pas d'information précise sur la hauteur du géoïde et n'est valable que pour des petites étendues relativement plates dont la variation du géoïde est quasiment nulle.

La relation permettant la détermination des paramètres de transformation planimétrique par la méthode d'Helmert est la suivante :

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}_{UTM} = \Delta \begin{pmatrix} \cos \varepsilon & -\sin \varepsilon \\ \sin \varepsilon & \cos \varepsilon \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}_{GPS} + \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix}$$

Avec :

- $(X, Y)_{GPS}$: coordonnées planes GPS obtenues à partir des coordonnées tridimensionnelles $(X, Y, Z)_{GPS}$ (en adoptant l'ellipsoïde local du Nord Sahara et en omettant l'altitude H_e)

- $T_x, T_y, \varepsilon, \Delta$: quatre paramètres de la transformation planimétrique (02 translations, 01 rotation et 01 facteur d'échelle).

Huit points ont été utilisés pour le calcul des paramètres de transformation :

- 03 points déterminés lors de la campagne d'observation GPS en Mars 1997, par l'antenne local du cadastre d'Oran, Bousfer,

- 02 points observés dans le cadre de la "Densification cadastrale par GPS" ~Thèse de Mr N. Nabad Mai / 1995),

- 03 points connus seulement en altimétrie .

Les paramètres de la transformation planimétrique entre les deux systèmes sont

fournis par le tableau suivant :

| Paramètres | Valeurs |
|------------------------------------|-----------|
| Translation en X : T_x (m) | - 0.057 |
| Translation en Y : T_y (m) | 0.073 |
| Rotation ε : (") | 0.466330 |
| Facteur d'échelle : Δ (ppm) | 12.208921 |

Tableau 3 : Paramètres de transformation entre les systèmes WGS84 et Nord Sahara.

Les précisions planimétrique et altimétrique sur les coordonnées des points obtenues lors de la transformation sont respectivement de l'ordre de 06 cm et 27 cm.

3. REDACTION DU PLAN CADASTRAL :

Le logiciel utilisé lors de la rédaction du plan cadastral s'intitule "SURFER" et offre deux possibilités de tracé du plan :

- la première consiste à gérer le fichier global contenant les coordonnées de tous les points du levé, exprimées dans le système local Nord Sahara UTM, pour établir le semi de points avec les numéros correspondants. Les opérations du tracé sont ensuite effectuées manuellement en se référant aux fiches de synthèse (croquis de repérage),

- la deuxième consiste à effectuer automatiquement le tracé du plan. Pour cela, il est nécessaire de créer des tables pour chaque objet (polygone, ligne, point) et contenant comme attributs les coordonnées correspondantes.

L'habillage du plan a été réalisé par le logiciel "MAPINFO" (figure 2).

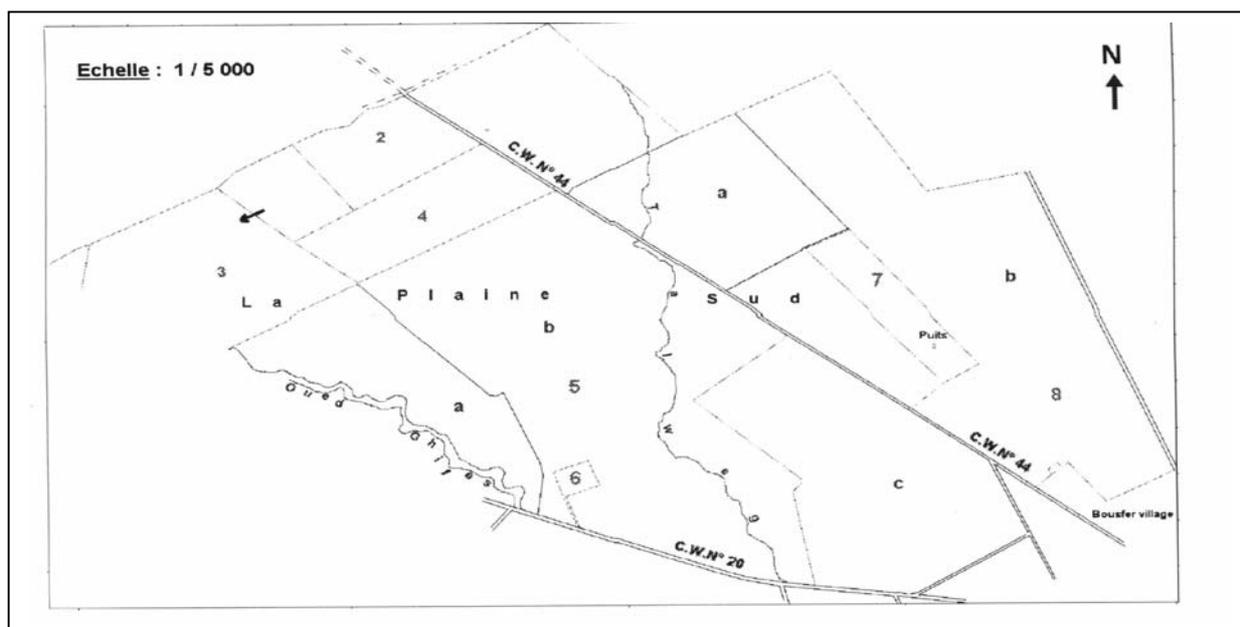


Figure 2 : Tests effectués "plan cadastral par GPS d'une zone rural située dans la commune de Bousfer"

CONCLUSION :

Dans la réalisation d'un plan cadastral en zone dégagée, la méthode Stop&Go offre un gain en temps, en précision et en coût. Pour ce type de besoin, la durée de l'exécution d'une campagne d'observation GPS en mode Stop&Go dépend essentiellement du nombre de récepteurs et de la nature des détails à lever (Ex : avec deux récepteurs, on peut lever un oued d'une longueur de 1500 mètres en une heure). La précision obtenue sur les coordonnées des points du levé est de l'ordre centimétrique et elle répond largement aux besoins du cadastre. Le coût d'un levé par le mode Stop&Go est faible compte tenu du nombre réduit d'intervenants sur le chantier (au maximum égale au nombre de récepteurs) et de la rapidité des observations (absence de contraintes d'intervisibilité, matériel d'observation pratique et facile d'utilisation, durée des observations courte (15 secondes/ point)).

Toutefois, en raison de la nécessité d'un verrouillage de quatre satellites en un point quelconque du levé, cette méthode ne peut être généralisée à l'ensemble d'une commune à cause du risque d'interruption du signal par la présence de masques tels que haies, arbres, construction, Etc.

La seule restriction à l'utilisation de cette méthode demeure dans l'obligation d'évoluer sur un terrain relativement dégagé afin de maintenir le contact avec les signaux satellites lors du déplacement.

Une meilleure réalisation (délais, précision et coût) des plans cadastraux en zones rurales par la technique GPS nécessiterait :

- une enquête foncière plus approfondie (propriétaires, limites et superficies des îlots et parcelles) pour délimiter avec précision les propriétés.
- des récepteurs munis de carte mémoire de grande capacité pour augmenter le nombre de points du levé lors d'une seule sortie sur le terrain,
- l'utilisation du mode cinématique (vrai) pour le levé des objets rectilignes (Oued, piste, route, ...),
- d'effectuer les mesures avec une antenne plus légère que l'antenne qu'on a utilisé (SR 299 E de Ikg) et avec un support fixant le contrôleur pour des raisons pratiques,
- la répartition d'une façon homogène des stations de référence de manière à bien couvrir le chantier,
- d'utiliser des point de référence les plus proches de la zone de travail,
- l'équipement du chantier de quelques points de contrôle du levé (déterminés en mode statique rapide ou en mode réoccupation).

BIBLIOGRAPHIE :

- [1]AGENCE NATIONALE DU CADASTRE, 1998 : Instruction technique fixant les modalités d'établissement du cadastre en zone urbaine et en zone rurale
- [2] Boudaoud A., Benkhalef D., 1997 : Production des plans cadastraux par la technique GPS, Mémoire d'ingénieur/ CNTS.
- [3] Hofmann-Wellenhof B., B. W. Remondi, 1988 : The antenna exchange : one aspect of high-precision GPS Kinematic survey, Article du document GPS-Techniques Applied to Geodesy and Survey.
- [4] Hofmann-Wellenhof B., J. Collins, H. Lichtenegger, 1993: GPS Theory and Practice, Second edition.
- [5] LEICA, 1992: SKI. Statique Kinématique Software, Manuel de référence.
- [6] NABED A. N., 1996 : Apport du GPS aux travaux cadastraux, Thèse de Magister / CNTS.
- [7]SAFIA A., 1999 : GPS cinématique, application : Lever Cadastral, Mémoire d'ingénieur / CNTS.
- [8] Saidi F. & El Aihar C., 1999: Réalisation d'un réseau cadastral par GPS : Application à la commune d'Arzew, Mémoire d'ingénieur / CNTS.

LES CALCULS DE GEODESIE DU TOPOGRAPHE.

Par Claude Million

Claude.Million@wanadoo.fr

Site perso.wanadoo.fr/Claude.Million

Dans de précédents articles, notamment ceux de l'Ingénieur Général Géographe A.Fontaine, il a été indiqué pourquoi la manière de faire actuelle en matière de calcul des réseaux géodésiques était fautive, et les conséquences néfastes que cela pouvait avoir, principalement pour les topographes. Pour notre part, nous pensons que la manière à adopter, pour traiter les mesures, dépend, pour l'essentiel, de l'emploi qu'en feront les usagers. Par exemple, tout le monde est d'accord pour penser et dire que l'aérotriangulation des photogramètres est du ressort exclusif du calcul tridimensionnel.

Notre attention a été attirée, essentiellement, par les conséquences des changements de définition du référentiel géodésique dans le mariage nécessaire entre les mesures G P S et celles, plus traditionnelles qui sont faites au sol, soit par les topographes, soit par les utilisateurs.

Pour faire simple, et pour ne pas revenir sur des discussions dont on est le suiveur et non l'initiateur [1] [2], disons que, pour l'essentiel, le système de référence géodésique ancien était **bidimensionnel** sur une surface **courbe**, le géoïde et l'ellipsoïde considérés comme confondus, alors que maintenant le référentiel géodésique est géocentrique **tridimensionnel cartésien**. La seule critique qui puisse être réellement faite aux responsables de ce changement serait de ne pas avoir assez insisté sur ce qui était une petite révolution, et de ne pas avoir mis ses conséquences, avantages et désavantages, suffisamment en relief.

Personnellement, on s'était d'abord rapproché des solutions préconisées par les Américains [3][4][5], qui sont fort simples et toutes de bon sens : Il s'agit tout simplement de faire les calculs de topographie dans le nouveau système géocentrique tridimensionnel cartésien et d'abandonner les calculs traditionnels. Mais on a trouvé à cela un inconvénient majeur, très ancien et très bien connu :

Il s'agit de mesurer des distances zénithales correctes sur des distances qui ont tendance à augmenter en raison de la portée considérable des distance mètres.

M.A Fontaine avait d'ailleurs largement insisté, dans ses articles, sur les raisons profondes qui avaient mené à l'adoption de l'ancien système géodésique : Essentiellement l'imprécision des mesures de distances zénithales sur de longues visées horizontales. Les propositions américaines citées plus haut [3] [4] [5] se heurtent, pour les mêmes raisons, aux mêmes difficultés !

Dans ces circonstances que faire ?

Dans cette contribution on imagine revenir à l'ancien système, notamment dans le cas où on doit faire de très longues visées sub-horizontales dans des pays, ou des régions, où la réfraction dite normale n'existe que dans les livres, et où les visées réciproques ne sont pas réalisables.

Estimer correctement la réfraction pourrait faire l'objet d'une autre contribution.

Tout ce qui suit n'est pas original, mais le topographe le pratiquait assez peu. En tout état de cause, ce qui va suivre est du ressort de logiciels qui pourraient être employés, et qui seraient utilisés comme des "boîtes noires", c'est pourquoi il n'est pas mauvais d'en rappeler les bases géométriques, même si cela est long et laborieux. Normalement, ces notions étaient du ressort de la géodésie, mais l'usage courant de G P S fait du topographe un géodésien qui s'ignore.

Le problème à résoudre est de mélanger des mesures G P S et des mesures terrestres traditionnelles sans utiliser le référentiel géocentrique cartésien tridimensionnel lorsqu'on ne peut pas calculer les mesures terrestres dans ce système, par exemple, faute de mesurer correctement les distances zénithales. Comme on ne peut pas, non plus, passer du système tridimensionnel dans lequel les résultats des mesures G P S sont exprimés, au système bidimensionnel sur une surface courbe dans lequel sont normalement exprimées les latitudes et les longitudes, parce que le vecteur joignant le point de la surface connu en coordonnées tridimensionnelles géocentriques à celles du point homologue de l'ellipsoïde exprimées les latitudes et longitudes, **est inconnu** (ou très mal ou très imparfaitement connu) il y a un problème.

En effet, la projection orthogonale du point de la surface sur l'ellipsoïde, telle qu'on la fait habituellement tant de fois par jour, n'est qu'une approximation grossière, qui pénalisera le topographe **qui retrouvera cette approximation dans les fermetures des mesures terrestres**, même si ces dernières sont correctement faites et réduites à l'ellipsoïde !

LA TRANSFORMATION DES MESURES G P S

Selon les propositions de l'auteur déjà cité, corroborées par des exemples célèbres tels que le Tunnel sous la Manche, il convient de transformer le vecteur G P S obtenu dans les calculs à partir des mesures brutes en ses deux composantes sur la surface l'ellipsoïde : Son azimut, et sa longueur développée le long du ce même ellipsoïde.

Pour l'azimut, c'est le même angle dans les deux systèmes, il suffit par conséquent de le calculer à l'aide des coordonnées cartésiennes tridimensionnelles en passant par les cosinus directeurs du vecteur (les Américains disent de la "base", source de confusion).

Pour la longueur il convient d'appliquer, à la longueur brute calculée de la même manière (la norme du vecteur), les corrections de réduction qu'on appliquait jadis aux bases chaînées ou mesurées au distance mètre, en prenant la précaution de réduire le vecteur à l'ellipsoïde et non au géoïde parce que ces deux surfaces sont, parfois, très éloignées (en France 50m), ce qui revient à appliquer une correction d'échelle. Il est tout à fait inutile de développer ces deux points maintenant très bien connus de tous.

LES CALCULS SUR L'ELLIPSOÏDE

A l'aide des vecteurs G P S réduits à l'ellipsoïde il faut ensuite calculer les coordonnées géographiques, latitude et longitude, du point sur cette surface, et utiliser de la même manière les mesures terrestres pour déterminer les autres points, et ainsi, mélanger les deux familles de mesures.

Ce sont ces calculs qui ne sont pas très familiers aux topographes, mais qui peuvent le devenir lorsqu'ils disposeront des logiciels convenables.

D'abord, premier problème, on ne sait pas calculer les coordonnées sur une surface comme l'ellipsoïde, en revanche on sait le faire sur une sphère.

Le processus général est le suivant :

1/ Transformation, respectant les azimuts, des coordonnées ellipsoïdales et des longueurs de l'ellipsoïde, en coordonnées sphériques sur une sphère auxiliaire dite sphère de Jacobi ou sphère paramétrique, et des longueurs homologues sur l'ellipsoïde, sur la même sphère.

2/ Calculs des coordonnées sphériques inconnues sur la sphère paramétrique par la trigonométrie sphérique, sujet qu'on suppose bien connu.

3/ Transformation inverse de 1/ des coordonnées sphériques en coordonnées ellipsoïdales.

Comme noté on laissera de côté le point 2° qui est très bien connu : Signalons, toutefois, qu'on a montré, pour les curieux, que dans ce domaine il restait encore des sujets à explorer : Dans [6] et [7] on a, notamment, exposé le cas du relèvement et de l'intersection dans le repère géocentrique tridimensionnel cartésien, puis sur la sphère moyenne ou paramétrique. On ne va donc traiter que les points 1° et 3) c'est-à-dire les transformations des coordonnées ellipsoïdales en coordonnées sphériques et l'opération inverse, mais avec une difficulté supplémentaire, qui n'existait pas pour des déterminations où seuls interviennent des angles : l'introduction de longueurs mesurées réduites à l'ellipsoïde.

LES CORRESPONDANCES ENTRE LA SPHERE PARAMETRIQUE ET L'ELLIPSOÏDE

On se reportera à la figure ci-contre qui dans sa partie supérieure est une section droite de l'ellipsoïde et dans sa partie inférieure une projection sur le plan équatorial. En partie haute on a représenté en coupe trois points P Q et R sur l'ellipsoïde de pôle N qui est lui-même enveloppé par la sphère de Jacobi de pôle N', les points sont projetés en P' Q' et R' sur la sphère paramétrique de telle sorte que la distance des points à l'axe polaire C N N' soit la même $r = r'$.

Ces derniers points sont la représentation paramétrique de leurs homologues P Q R, en ce sens que les azimuts d'une direction P Q R sur l'ellipsoïde sont égaux à ceux de la direction homologue P' Q' R' sur la sphère. On remarquera en outre que les latitudes $\varphi_P, \varphi_Q, \varphi_R$ sur l'ellipsoïde ont pour homologues sur la sphère les latitudes paramétriques ψ_P, ψ_Q, ψ_R ces dernières étant plus petites que les latitudes ellipsoïdales :

$\varphi \geq \psi$. Sur la moitié inférieure de la figure les points P' Q' et R', de la sphère paramétrique sont sur une ellipse projection d'un grand cercle. Il est également évident que $\text{arc}(P' Q' R') > \text{arc}(P Q R)$ qui est en-dessous .

Le point P de l'ellipse a pour coordonnées $X_p = a \cdot \cos(\psi)$ et $Y_p = b \cdot \sin(\psi)$ a et b étant, respectivement, le

grand et le petit axe de l'ellipse méridienne d'équation $\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{b^2} - 1 = 0$

La normale en ce point P a pour pente $-\frac{\Delta X}{\Delta Y} = \text{tangente de la latitude.}$

Donc $\text{tg}(\varphi) = -\frac{\Delta X}{\Delta Y} = \frac{a \cdot \sin(\psi)}{b \cdot \cos(\psi)} = \frac{a}{b} \cdot \text{tg}(\psi)$ (1) mais $a > b$ par conséquent

$\varphi > \psi$. Ecrivons cette relation sous la forme $\frac{\sin(\psi)}{b \cdot \sin(\varphi)} = \frac{\cos(\psi)}{a \cdot \cos(\varphi)}$ qu'on élève au carré,

tous calculs faits en posant : $W^2 = 1 - e^2 \cdot \sin^2(\varphi)$ avec $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$ (2)

on aura alors

$$\cos(\psi) = \frac{\cos(\varphi)}{W}$$

$$\sin(\psi) = \frac{b \cdot \sin(\varphi)}{a \cdot W} \quad (3)$$

On remarquera que, sur l'équateur, l'azimut de la géodésique est $Az_E = Az'_E$ sur chacune des surfaces puisque les deux surfaces sont tangentes en ce point, on a :

$$r \cdot \sin(Az) = a \cdot \sin(Az'_r)$$

$$r' \cdot \sin(Az') = a \cdot \sin(Az'_E)$$

$$\text{donc } Az = Az'$$

a étant le demi-grand axe de l'ellipsoïde et le rayon de la sphère paramétrique.

Les relations entre les latitudes sont également très simples :

$$X_p = N \cdot \cos(\varphi), \quad \text{d'où } N = \frac{a}{W}$$

$$r = N \cdot \cos(\varphi)$$

$$r' = a \cdot \cos(\psi)$$

$$r = r'$$

$$\frac{N}{a} = \frac{\cos(\psi)}{\cos(\varphi)} = \frac{1}{W}$$

N est la grande normale variable en fonction de φ notée sur la figure.

Après avoir calculé la grande normale N on va rechercher les relations donnant le rayon de courbure méridien ρ , en notant que pour notre propos ces calculs ne sont pas nécessaires.

Si ds est un petit élément d'arc sur l'ellipse méridienne le rayon de courbure sera

$$\rho = \frac{ds}{d\varphi} \quad . \quad \text{On a, d'après l'équation de l'ellipse méridienne:}$$

$$ds^2 = dX^2 + dY^2 = (a^2 \cdot \sin^2(\psi) + b^2 \cdot \cos^2(\psi)) \cdot d\psi^2 \quad .$$

En différentiant (1) on a $\frac{d\psi}{d\varphi} = \frac{b \cdot \cos^2(\psi)}{a \cdot \cos^2(\varphi)} = \frac{b}{a} \cdot W^{-2}$ en tenant compte des

relations (3) : $\frac{ds^2}{d\varphi^2} = \frac{b^4}{a^2} \cdot W^{-6}$ d'où $\rho = \frac{b^2}{a} \cdot W^{-3}$. On a aussi $\frac{N}{\rho} = \frac{W^2}{1 - e^2}$

Il est moins évident, sur la figure, que les différences des longitudes paramétriques $\Delta \lambda'$ soient plus petites que les différences de latitudes ellipsoïdales $\Delta \lambda$ qui leur sont homologues. Il n'est pas non plus évident que les azimuts dans les deux cas soient égaux. On va d'abord s'appliquer le démontrer.

Sur la sphère paramétrique, et sur l'ellipsoïde on a :

$$\text{tg}(Az) = \frac{r \cdot d\lambda'}{a \cdot d\psi} = \frac{r \cdot d\lambda}{\rho \cdot d\varphi} \quad \text{Par conséquent:}$$

$$d\lambda = \frac{\rho \cdot d\varphi}{a \cdot d\psi} \cdot d\lambda' \quad \text{Mais, d'après (1), en dérivant :}$$

$$\frac{d\varphi}{d\psi} = \frac{a}{b} \cdot W^2 \quad \text{par ailleurs } \rho = \frac{b^2}{a \cdot W^3}, \quad \text{si on note } V^2 = 1 - e^2 \cdot \cos^2(\psi) \quad (4),$$

$$\text{on aura :} \quad d\lambda = \frac{a}{b \cdot W} \cdot d\lambda' \quad d\lambda = \frac{d\lambda'}{V} \quad d\lambda' = \sqrt{(1 - e^2 \cdot \cos^2(\psi))} \cdot d\lambda \quad (5),$$

$$d\lambda = \frac{1}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \cos^2(\psi)}} \cdot d\lambda'$$

mais l'intégration devant se faire le long de l'arc, la variable devra être ω , c'est là que se trouve la seule réelle difficulté. Donc, sur la sphère paramétrique, et d'après la figure, la trigonométrie sphérique des triangles rectangles donne :

$$\sin(\psi) = \sin(\omega) \cdot \cos(Az_E), \quad \sin(\omega) = \frac{\sin(\psi)}{\cos(Az_E)}$$

$$\cos(\psi) = \sqrt{1 - \sin^2(\omega) \cdot \cos^2(Az_E)}$$

$$d\lambda' = \frac{a^2 \cdot \sin(Az_E)}{a^2 \cdot \cos^2(\psi)} \cdot d\omega = \frac{\sin(Az_E)}{1 - \sin^2(\omega) \cdot \cos^2(Az_E)} \cdot d\omega$$

Sur la sphère paramétrique la longueur d'un côté est notée $\Delta\omega$, ses bornes étant ω_1 et ω_2 , sa valeur homologue sur l'ellipsoïde est notée Δs , ses bornes s_1 et s_2 .

On cherche une relation entre s et ω . Sur la seconde figure on a encore :

$$\cos(Az) = \rho \cdot \frac{d\varphi}{ds} = \frac{a \cdot d\psi}{a \cdot d\omega} \cdot \frac{ds}{d\omega} = \rho \cdot \frac{d\varphi}{d\psi}$$

$$ds = a \cdot \frac{1 - e^2}{W^3} \cdot \frac{W^2}{\sqrt{1 - e^2}}, \quad ds = a \cdot (\sqrt{1 - e^2} \cdot \cos^2(\psi))$$

$$ds = \frac{a \cdot d\omega}{V}, \quad \Delta s = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{a}{V} \cdot d\omega$$

LES INTÉGRATIONS.

Pendant longtemps les intégrations ont été menées de façons différentes, approchées ou précises, selon que les géodésiques étaient courtes ou longues. Depuis plus de vingt ans, grâce aux moyens informatiques, on applique, sans remord, les formules destinées aux grandes géodésiques, indifféremment aux petites et aux grandes. On réalise donc une intégration rigoureuse de ds ou de $d\lambda$. Le premier problème, déjà souligné, est d'exprimer V et W en fonction de ω et non de ψ . A l'aide de quelques calculs algébriques, et des résultats obtenus plus haut, on obtient.

$$V^2 = e^2 (1 - \sin^2(\omega) \cdot \cos^2(Az_E)), \quad (4)$$

$$W^2 = \frac{1}{1 + e'^2 \cdot \sin^2(\omega) \cdot \cos^2(Az_E)} = \frac{1 - e^2}{1 - e^2 + e^2 \cdot \sin^2(\omega) \cdot \cos^2(Az_E)} \quad (5),$$

$$\text{avec } e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$$

$$\Delta s = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{a}{V} \cdot d\omega = \frac{a}{e} \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{1}{\sqrt{1 - \sin^2(\omega) \cdot \cos^2(Az_E)}} \cdot d\omega \quad (6) \text{ c'est une}$$

intégrale elliptique.

$$\varepsilon = \Delta\lambda' - \Delta\lambda = \sin(Az_E) \cdot \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{1 - \frac{b}{a} \cdot \sqrt{1 + e'^2 \cdot \cos^2(Az_E) \cdot \sin^2(\omega)}}{1 - \sin^2(\omega) \cdot \cos^2(Az_E)} \cdot d\omega \quad (7), \text{ qui une}$$

autre intégrale elliptique.

Il existe deux méthodes d'intégration classiques connues:

1°/ En développant en séries les relations ci-dessus à l'aide de la formule du

binôme $(1 + x)^m = 1 + m \cdot x + m \cdot (m - 1) \frac{x^2}{2!} \dots\dots\dots$, avec

$x = -(\sin^2(\omega) \cdot \cos^2(Az_E))$, et $m = -1/2$ et intégrer les différents termes.

Les difficultés viennent de la nécessité d'intégrer des puissances des sinus, on les contourne en se servant des formules de Moivre qui transforment les puissances des sinus ou des cosinus en multiples des arcs, qu'on sait intégrer. Pour les facilités du calcul informatique on revient, ensuite, après intégration terme à terme, aux puissances d'un mêmes arc par les relations inverses. Le résultat est un développement en série, programmable une bonne fois pour toutes, ce qui permet d'oublier le long parcours auquel on s'est soumis pour comprendre ce qui se passe. Ceci a été fait en 5-II (annexes), à paraître dans X Y Z, on n'y reviendra pas.

2°/Par une intégration par partie menant à des relations de récurrence dites intégrales de Wallis. Voir les détails des calculs littéraux en annexe. En définitive on trouve :

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{b}{a}\right) \cdot [Arc\ tg(\sin(Az_E) \cdot tg(\omega))]_{\omega_1}^{\omega_2} - \frac{b}{a} \cdot \sin(Az_E) \cdot \sum_1^{\infty} b_i \cdot (e'^2 \cdot \cos^2(Az_E))^i \cdot J_{2i} \quad (8)$$

et

$$\Delta s = s_2 - s_1 = b \cdot (W_0 + \sum_{i=1}^{i=\infty} b_i \cdot (e'^2 \cdot \cos^2(Az_E))^i \cdot W_{2i}) \quad (9)$$

Le détail des variables récurrentes étant donné ci-dessous:

TABLEAU DES VARIABLES

| i ou 2 p | bi | Ji | Wi |
|----------|-----|---|-----------------------|
| 0 | 0 | $\frac{1}{\sin(Az_E)} \cdot [Arc\ tg(\sin(Az_E) \cdot tg(\omega))]_{\omega_1}^{\omega_2}$ | $\omega_2 - \omega_1$ |
| 1 | 1/2 | | |

| | | | |
|----------|--------------|-------------------------------------|--|
| 2 | -1/8 | $\frac{1}{\cos^2(Az_E)}(J_0 - W_0)$ | $1/2.W_0 - 1/2.[\sin(\omega). \cos(\omega)]_{\omega_1}^{\omega_2}$ |
| 3 | 1/16 | | |
| 4 | -5/128 | $\frac{1}{\cos^2(Az_E)}(J_2 - W_2)$ | $3/4.W_2 - 1/4.[\sin^3(\omega). \cos(\omega)]_{\omega_1}^{\omega_2}$ |
| 5 | 7/256 | | |
| 6 | -21/1024 | $\frac{1}{\cos^2(Az_E)}(J_4 - W_4)$ | $5/6.W_4 - 1/6.[\sin^5(\omega). \cos(\omega)]_{\omega_1}^{\omega_2}$ |
| 7 | 231/14336 | | |
| 8 | -3003/229376 | $\frac{1}{\cos^2(Az_E)}(J_6 - W_6)$ | $7/8.W_6 - 1/8.[\sin^7(\omega). \cos(\omega)]_{\omega_1}^{\omega_2}$ |
| etc..... | | | |

Problème direct

On appelle problème direct la situation dans laquelle on connaît λ_1 et φ_1 , les coordonnées géographiques d'un point 1 sur l'ellipsoïde, l'azimut 1-2 : Az_{1-2} , et la distance s_{1-2} réduite à l'ellipsoïde, et qu'on cherche à calculer les coordonnées géographiques de 2 : λ_2 et φ_2 . On calcule directement

$$\psi_1, \text{ puis } \sin(Az_{E(1-2)}), \text{ puis } a^2 = e^2 \cdot \cos^2(Az_{E(1-2)}) \text{ , enfin}$$

$\sin(\omega_1)$. Les relations sont rappelées :

$$\psi_1 = \text{Arc tg}\left(\frac{b}{a} \cdot \text{tg}(\varphi)\right), \quad r_1 = r'_1 = a \cdot \cos(\psi_1),$$

On calcule séquentiellement :

$$\sin(Az_{E1-2}) = \frac{r_1}{a} \cdot \sin(Az_{1-2}), \quad \sin(\omega_1) = \frac{\sin(\psi_1)}{\cos(Az_{E1-2})}$$

On cherche la valeur de l'arc sur la sphère paramétrique $\omega_2 - \omega_1 = \Delta \omega = \frac{1}{a} \cdot \int_{1-2} V \cdot ds$ qu'on

ne peut pas calculer sur l'ellipsoïde, en revanche, si on connaît les limites 1-2' sur la sphère

on peut calculer $\Delta s = a \cdot \int_{1-2'} \frac{1}{V} \cdot d\omega = \dots$. Mais on ne connaît pas une des deux limites et on

procède par approximations successives. L'inconnue est donc une des limites d'intégration.

On calcule d'abord directement, c'est-à-dire sans approximations.:

$$\sin(\omega_1) = \frac{\sin(\psi)}{\cos(Az_{E1-2})}$$

Puis les approximations, dont l'ordre est noté en indice entre parenthèses, portent sur $\Delta \omega$: $\Delta \omega_{(0)} = \Delta s / b$, d'où $\omega_{2(0)} = \omega_1 + \Delta \omega_{(0)}$,

$$\Delta \omega_{(1)} = \frac{\Delta s}{b} - b_1 \cdot (e'^2 \cdot \cos^2(Az_E) \cdot W_2, W_2 \text{ calculé à l'aide de } \omega_2 \text{ etc...}$$

$$\text{On calcule } \omega_2 \text{ par approximations successives. } \omega_{2(0)} = \omega_1 + \frac{s_2 - s_1}{b} = \omega_1 + \frac{\Delta s}{b},$$

puis

$\omega_{2(1)} = \omega_{2(0)} - b_1 \cdot \alpha^2 \cdot W_2$ dont toutes les relations, fonction de ω_1 et ω_2 , sont connues, et ainsi de suite jusqu'au dernier terme.

On peut faire, ensuite tous les calculs trigonométriques sur la sphère, on connaît ainsi ψ_2 et λ'_2 qui sont les coordonnées du point sur la sphère paramétrique. On revient, ensuite, à l'ellipsoïde. Mais, cette fois, les calculs sont directs, en ce sens qu'ils ne demandent pas d'approximations successives.

$$\varphi_2 = \text{Arc tg}\left(\frac{a}{b} \cdot \text{tg}(\psi_2)\right)$$

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{b}{a}\right) \cdot [\text{Arc tg}(\sin(Az_E) \cdot \text{tg}(\omega))]_{\omega_1}^{\omega_2} - \frac{b}{a} \cdot \sin(Az_E) \cdot \sum_1^{\infty} b_i \cdot (e'^2 \cdot \cos^2(Az_E))^i \cdot J_{2,i}$$

$$\Delta \lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \Delta \lambda' - \varepsilon = (\lambda'_2 - \lambda'_1) - \varepsilon$$

Problème inverse

On connaît les coordonnées géographiques $\lambda_1, \varphi_1, \lambda_2, \varphi_2$ de deux points 1 et 2, on veut connaître l'azimut Az_{1-2} , la longueur du côté 1-2 le long de l'ellipsoïde soit $s_2 - s_1$ entre ces deux points.

On calcule directement ψ_1 et ψ_2 , on fait les approximations successives suivantes, toujours en indice et entre parenthèses:

$$\varepsilon_{(0)} = 0, (\lambda'_2 - \lambda'_1)_{(0)} = (\lambda_2 - \lambda_1) = \Delta \lambda'_{(0)},$$

$$\cot g(Az_{1-2(0)}) = \text{tg}(\psi_1) \cdot \cos(\psi_2) - \sin(\psi_2) \cdot \cos(\Delta \lambda'_{(0)}),$$

$$\sin(Az_{E1-2(0)}) = \cos(\psi_1) \cdot \sin(Az_{1-2(0)})$$

$$\text{on cherche } \omega_{1(0)} \text{ et } \omega_{2(0)}, \sin(\omega_{j(0)}) = \frac{\sin(\psi_j)}{\cos(Az_{E1-2(0)})}, \text{ pour } j=1 \text{ puis pour } 2.$$

$$\varepsilon_{(1)} = \left(1 - \frac{b}{a} \cdot [\text{Arctg}(\sin(Az_E) \cdot \text{tg}(\omega))]\right)_{\omega_1(0)}^{\omega_2(0)} - \frac{b}{a} \cdot \sin(Az_E) \cdot \sum_1^{\infty} b_i \cdot (e'^2 \cdot \cos^2(Az_E))^i \cdot J_{2i}$$

$$\Delta\lambda_{(1)} = \lambda_2 - \lambda_1 = \Delta\lambda'_{(0)} - \varepsilon_{(1)} = (\lambda'_2 - \lambda'_1) - \varepsilon_{(1)}$$

puis on recommence depuis le début avec $\Delta\lambda'_{(1)}$: on trouve directement $Az_1 - \hat{2}$. Mais on doit calculer $s_2 - s_1$ sur l'ellipsoïde, on applique alors directement la formule:

$$\Delta s = s_2 - s_1 = b \cdot (W_0 + \sum_{i=1}^{i=\infty} b_i \cdot (e'^2 \cdot \cos^2(Az_E))^i) \cdot W_{2i} \text{ puisqu'on connaît exactement les}$$

limites ω_1 et ω_2 par les itérations précédentes. La programmation suit strictement les instructions décrites en détail, les itérations étant logées dans une ou des boucles dont on sort lorsque la précision désirée est atteinte.

CONCLUSIONS

Il ressort nettement de ce qui précède que ces calculs sont, à l'évidence, très simples à programmer, même en langage assembleur, en conséquence, si la théorie est assez longue et laborieuse à établir, et demande une certaine habitude dans ces types de raisonnements, l'application pratique en est des plus simples. Il ne sera pas plus long de calculer une ligne trigonométrique que ε ou Δs .

Les calculs propres à G P S ont fait oublier que les calculs géodésiques classiques conserveront leur utilité tant que l'homme rampera sur le géoïde et tant que ses oeuvres dépendront de la pesanteur, c'est-à-dire encore pour un certain temps. Il est bien évident que si les géodésiens ne veulent plus les faire il faudra bien que les topographes s'y mettent.

En aucun cas il ne faut perdre de vue que ce qui précède était tout à fait classique dans l'ancienne géodésie, mais reste tout nouveau pour les topographes.

ANNEXES

Le principe est le suivant :

$$\varepsilon = \left[1 - \frac{b}{a} \cdot \sqrt{(1 + (e'^2 \cdot \cos^2(Az_E) \cdot \sin^2(\omega)))} \cdot \frac{\sin(Az_E)}{1 - \sin^2(\omega) \cdot \cos^2(Az_E)}\right] \cdot d\omega, \text{ en}$$

développant le binôme sous le radical au numérateur en série on obtient:

$$\varepsilon = \Delta\lambda' - \Delta\lambda = \sin(Az_E) \cdot \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{1 - \frac{b}{a} - \frac{b}{a} \cdot \sum_{i=1}^{i=\infty} b_i \cdot (e^2 \cdot \cos^2(Az_E))^i \cdot \sin^{2i}(\omega)}{1 - \sin^2(\omega) \cdot \cos^2(Az_E)} \cdot d\omega$$

On pose:

$$J_{2,p} = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{\sin^{2,p}\omega}{1 - \sin^2\omega \cdot \cos^2(Az_E)} \cdot d\omega \quad \text{on fait l'artifice suivant:}$$

$$J_{2,p} = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{\sin^{2,p}\omega (1 - \sin^2\omega \cdot \cos^2(Az_E) + \sin^2\omega \cdot \cos^2(Az_E))}{1 - \sin^2\omega \cdot \cos^2(Az_E)} \cdot d\omega$$

puis un autre

artifice:

$$J_{2,p} = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \sin^{2,p}\omega \cdot d\omega + \cos^2(Az_E) \cdot \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{\sin^{2,p+2}\omega}{1 - \sin^2(\omega) \cdot \cos^2(Az_E)} \cdot d\omega$$

Il reste à

$$J_{2,p} = W_{2,p} + \cos^2(Az_E) \cdot J_{2,p+2} \quad J_{2,p} = \frac{1}{\cos^2(Az_E)} \cdot (J_{2,p-2} - W_{2,p-2})$$

calculer J_0 . On pose:

$$t = \sin(Az_E) \cdot \operatorname{tg}(\omega) \quad \text{et} \quad dt = \frac{\sin(Az_E)}{\cos^2\omega}$$

$$J_0 = \frac{1}{\sin^2 Az_E} \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{dt}{1+t^2} = \frac{1}{\sin^2 Az_E} \cdot [\operatorname{Arc} \operatorname{tg}(t)]_{t_1}^{t_2}, \text{ enfin}$$

$$J_0 = \frac{1}{\sin^2 Az_E} \cdot [\operatorname{Arc} \operatorname{tg}(\sin(Az_E) \cdot \operatorname{tg}(\omega))]_{\omega_1}^{\omega_2}$$

On a, en intégrant par parties :

$$W_{2,p} = \frac{1}{2 \cdot p} \cdot \int_{\omega_1}^{\omega_2} \sin^{2,p}(\omega) \cdot d\omega = \int u \cdot dv, \quad u = \sin^{2,p-1}(\omega), \quad dv = \frac{1}{2 \cdot p} \cdot \sin(\omega) \cdot d\omega,$$

d'où :

$$W_{2,p} = \frac{1}{2 \cdot p} \cdot u \cdot v - \frac{1}{2 \cdot p} \int v \cdot du = -\frac{1}{2 \cdot p} [\sin^{2,p-1}(\omega) \cdot \cos(\omega)] + \frac{2 \cdot p - 1}{2 \cdot p} \int \sin^{2,p-2}(\omega) \cdot d\omega$$

$$W_0 = \omega_2 - \omega_1$$

$$W_{2,p} = \frac{2 \cdot p - 1}{2 \cdot p} \cdot W_{2,p-2} - \frac{1}{2 \cdot p} [\sin^{2,p-1}(\omega) \cdot \cos(\omega)]_{\omega_1}^{\omega_2}$$

De même:

$$s_2 - s_1 = \Delta s = b \cdot \int_{\omega_1}^{\omega_2} \sqrt{1 + e^{i^2} \cdot \cos^2(Az_E) \cdot \sin^2(\omega)} \cdot d\omega. \text{ La quantité sous le radical donne}$$

, en la développant en série :

$$\sqrt{1 + e^{i^2} \cdot \cos^2(Az_E) \cdot \sin^2(\omega)} = 1 + \sum_{i=1}^{i=\infty} b_i \cdot (e^{i^2} \cdot \cos^2 Az_E)^i \cdot \sin^{2i}(\omega)$$

avec :

$$b_i = -b_{i-1} \cdot \frac{2i-3}{2i}, \text{ on pose } J_{2p} = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{\sin^{2p}(\omega) \cdot d\omega}{1 - \sin^2(\omega) \cdot \cos^2(Az_E)} = W_{2p} + \cos^2(Az_E) \cdot J_{2p+2}$$

Où les W_{2p} sont les intégrales de Wallis de rang pair, voir plus haut.

$$W_{2p} = \frac{2 \cdot p - 1}{2 \cdot p} \cdot W_{2 \cdot p - 2} - \frac{1}{2 \cdot p} [\sin^{2p-1}(\omega) \cdot \cos(\omega)]_{\omega_1}^{\omega_2} \text{ et}$$

avec encore :

$$J_{2i} = \frac{1}{\cos^2(Az_E)} (J_{2i-2} - W_{2i-2}) \text{ avec:}$$

$$J_0 = \frac{1}{\sin(Az_E)} \cdot [\text{Arc tg}(\sin(Az_E) \cdot \text{tg}(\omega))]_{\omega_1}^{\omega_2}$$

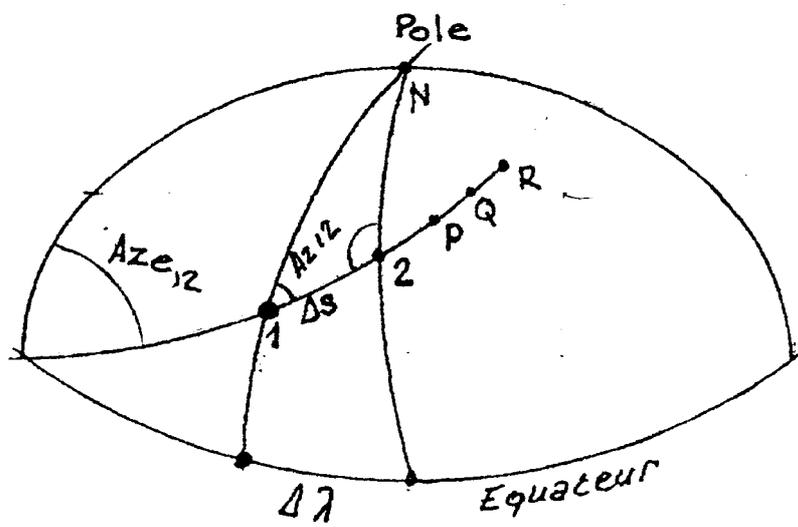
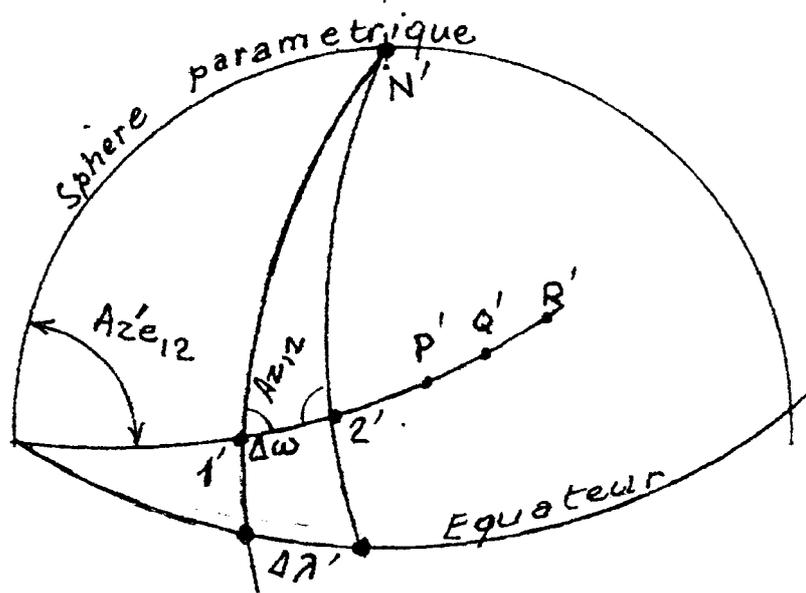
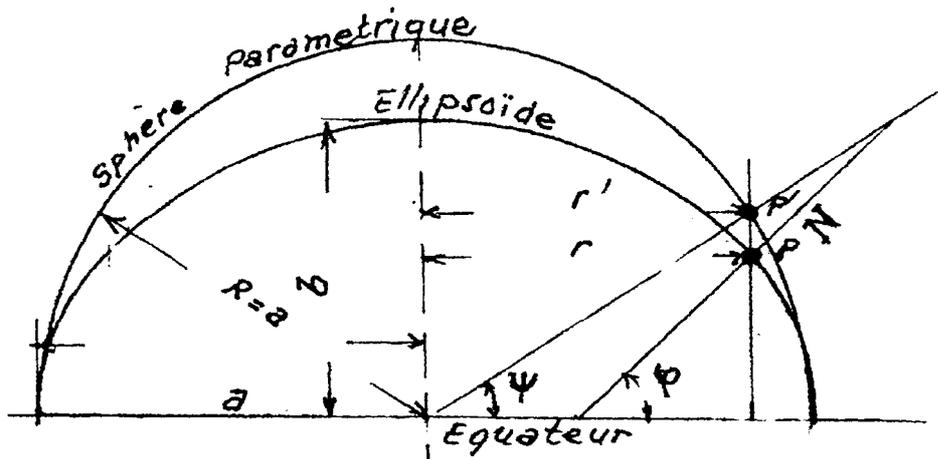
$$\varepsilon = \left(1 - \frac{b}{a}\right) \cdot \sin(Az_E) \cdot J_0 + \frac{b}{a} \cdot \sin(Az_E) \cdot \sum_{i=1}^{i=\infty} b_i \cdot (e^{i^2} \cdot \cos^2(Az_E))^i \cdot J_{2i}$$

$$\Delta s = s_2 - s_1 = b \cdot (W_0 + \sum_{i=1}^{i=\infty} b_i \cdot (e^{i^2} \cdot \cos^2(Az_E))^i \cdot W_{2i})$$

D'où le résultat annoncé dans le texte.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] C. Luzet - Evolution du Canevas Géodésique National, Etat d'avancement du réseau géodésique Français : X Y Z n°69 1996-4
Le Pape - Tribune des lecteurs: X Y Z n°71 1997-2 p 48
- [2] A. Fontaine - Géométrie et Géodésie in X Y Z n°61 1994-4
- Incontournable Géodésie in X Y Z n°79 1999-2
- [3] E.F. Burkholder - Using G P S Results in True 3-D Coordinates System: Journal of Surveying Engineering Vol 119 N°1 Février 1993.
- [4] A. Leick - Geometric Geodesy, 3-D Geodesy, Conformal Mapping: Rapport N°19 University of Maine Orono Maine 1990.
- [5] C. Million - Tendances actuelles en matière de calcul des canevas de base in X Y Z n°78 1999-1
C. Million - Tendances actuelles en matière de calcul des canevas de base II in X Y Z n°79



OBSERVATIONS MAGNETIQUES DE LA TERRE

Mioara MANDEA

Institut de Physique du Globe de Paris

*

:

:

" "

INTRODUCTION :

The study of the terrestrial magnetic field is one of the most ancient subjects of the physics of the globe. In the past, measures of geomagnetic field, that mobilized many observers and required a lot of effort and of time, served to descriptions of the field especially , of its temporal variation and to calculations of geomagnetic potential models. It is during the last decades that the geomagnetic brought some essential information to a better understanding of the dynamics of the planet : by taking measure made in observatories and aboard satellites, precious information on processes that are located in the fluid core of the planet, on interaction between the core and coat and on certain properties of the deep coat have been gotten.

The theory "dynamo" that tempts to explain the mechanism that maintains the terrestrial magnetic field has, in the same time, begun to take into account the whole terrestrial and spatial observations which are available.

INTRODUCTION :

L'étude du champ magnétique terrestre est l'une des plus anciennes disciplines de la physique du globe. Dans le passé les mesures du champ géomagnétique, qui ont mobilisé de nombreux observateurs et exigé beaucoup d'efforts et de temps, ont servi surtout à des descriptions du champ, de sa variation temporelle et à des calculs de modèles de potentiel géomagnétique. C'est au cours des dernières décennies que le géomagnétisme a apporté des informations essentielles à une meilleure compréhension de la dynamique de la planète : en tirant des mesures faites dans les observatoires et à bord des satellites de précieuses informations sur les processus qui ont leur siège dans le noyau fluide de la planète, sur les interactions entre le noyau et le manteau et sur certaines propriétés du manteau profond ont été obtenues.

La théorie "dynamo", qui tente d'expliquer le mécanisme qui maintient le champ magnétique terrestre a , dans le même temps, commencé à prendre en compte l'ensemble des observations terrestres et spatiales disponibles.

* Article paru dans la revue XYZ, N° 82 et publié dans le Bulletin des Sciences Géographiques avec leur aimable autorisation.

. Le champ magnétique terrestre est un phénomène complexe, riche d'échelles spatiales et de constantes de temps variées. Il est la somme, en un point de la surface de la Terre, de deux parties, dont la première a ses sources à l'intérieur de la Terre (**Bi**), la seconde à l'extérieur (**Be**).

Le champ interne est lui-même la somme de deux parties : le champ principal et le champ crustal.

Le champ principal (**Bp**) aussi appelé champ nucléaire, a son origine dans le noyau terrestre. En première approximation sa géométrie générale à la surface de la Terre est celle du champ d'un dipôle qui serait situé. Au centre de la planète et dont le support ferait un angle de 11° avec l'axe de rotation. Son intensité varie entre environ 60 000 nT aux pôles et 30 000 nT à l'équateur.

Le champ principal, représentant en moyenne plus de 90% du champ observé à la surface du Globe, est engendré par des courants électriques circulant dans la partie fluide du noyau de la Terre composé principalement de fer conducteur. Si le noyau était au repos, ces courants disparaîtraient en quelques dizaines de milliers d'années par effet Joule. Mais le fluide conducteur en mouvement coupe les lignes de force du champ magnétique et de nouveaux courants électriques sont induits comme lorsque l'on modifie la géométrie d'un circuit conducteur fermé placé dans un champ magnétique. Ce processus permet de transformer de l'énergie mécanique en énergie magnétique, c'est la géodynamo. La variation temporelle du champ principal sur des périodes de quelques dizaines à quelques centaines d'années est connue comme "la variation séculaire". Si, en première approximation, l'évolution du champ principal apparaît régulière, il est possible de constater, à intervalles irréguliers, des changements de tendance très rapides de cette évolution (1-2 ans), quasi-simultanés en de larges domaines de la surface de la Terre.

Le champ principal possède, en outre, la possibilité remarquable de s'inverser. Ces inversions de polarité s'accompagnent d'une baisse significative de son intensité. Durant les derniers millions d'années, les inversions de polarité se sont produites en moyenne tous les 200 000 ans mais avec une cadence irrégulière. Ainsi, la dernière inversion observée remonte à 780 000 ans.

Le champ crustal (**Bc**) a ses sources dans la croûte terrestre et est beaucoup plus faible, en moyenne, que **Bp** mais il peut néanmoins atteindre, par endroits, à la surface du Globe, plusieurs milliers de nT. Il est engendré par les roches aimantées de la croûte terrestre situées au-dessus de la surface isotherme dite de Curie. L'étude de ce champ, connu aussi sous le nom de "champ anormal", est réalisée à partir des levés magnétiques terrestres et aéroportés, des profils magnétiques en mer et des mesures fournies par les satellites de basse altitude. Une de ses applications importantes a été la mesure de la vitesse de dérive de continents à partir de la cartographie des anomalies magnétiques marines.

Le champ externe (**Be**) est engendré par des courants électriques circulant au-delà d'une altitude de quelque 100 km. Si la Terre était seule dans l'espace, son champ magnétique se propagerait à l'infini dans l'univers. En théorie, ce champ serait celui d'un dipôle incliné par rapport à l'axe de rotation de la Terre. Mais en réalité, la Terre baigne dans un environnement magnétique, du en partie au vent solaire.

Ce vent empêche le champ magnétique terrestre de s'étendre à l'infini et le confine dans une cavité appelée magnétosphère. Le bord intérieur de cette cavité est l'ionosphère. La géométrie de la magnétosphère est liée à sa position par rapport au Soleil.

Le vent solaire est composé de particules ionisées, essentiellement des protons et des électrons, expulsés de la couronne solaire. Ces particules se déplacent avec une certaine énergie cinétique En suivant l'axe Soleil Terre et repoussent les lignes de champ terrestre. Le bord extérieur de la magnétosphère, appelé la magnéto-pause, est, en première approximation, imperméable aux particules du vent solaire. On compare ainsi la magnétosphère à un bouclier protégeant la Terre des particules à haute énergie du vent solaire.

En cas de forte activité solaire, certaines particules pénètrent dans la magnétosphère. A la surface de la Terre, cela se traduit par des phénomènes parfois spectaculaires comme les aurores boréales et les orages magnétiques.

L'OBSERVATION DU CHAMP GÉOMAGNÉTIQUE

Fonctionnant depuis plus d'un siècle, les observatoires géomagnétiques enregistrent de façon continue le champ magnétique terrestre et ses variations temporelles en un site donné dans le but de mesurer les éléments permettant de définir à chaque instant le vecteur champ magnétique. La détermination complète du vecteur champ magnétique en un point nécessite la mesure de trois composantes indépendantes (Figure 1) parmi les sept suivantes: la déclinaison D, l'inclinaison I, l'intensité totale F, la composante horizontale H et les composantes cartésiennes X (nord géographique), Y (est géographique) et Z (verticale). Un observatoire doit être en opération durant plusieurs décennies. La cartographie du champ magnétique terrestre et sa mise à jour régulière ont nécessité la mise en place de "réseaux magnétiques de répétition" là où les observatoires faisaient défaut.

Les sites retenus pour les stations d'un réseau doivent constituer un échantillonnage représentatif de la zone étudiée, le choix et la conservation des sites de mesure sont particulièrement importants. Les éléments du champ magnétique y sont en général mesurés une fois tous les deux à cinq ans, la plupart des pays disposant d'un réseau magnétique de répétition sur leur territoire.

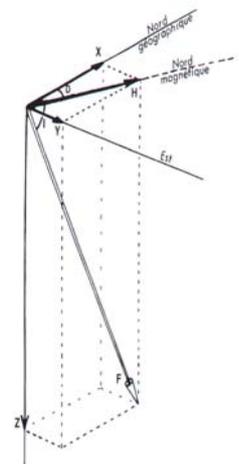


Figure1: Les composantes du champ magnétique dans un système géocentrique.

Les éléments géomagnétiques, définis dans la figure 1, ne sont pas complètement déterminés que depuis quelque 150 ans. À notre connaissance, c'est seulement au XVI^{ème} siècle que l'on a mesuré la déclinaison magnétique. Les séries de mesures les plus longues dont on dispose sont celles de Paris et de Londres qui couvrent quasiment 400 ans. On a pu, à partir de celles-ci, reconstruire une courbe de la variation temporelle de la déclinaison et ainsi mieux comprendre la variation séculaire (variation temporelle du champ en un point donné P à l'instant t, c'est à dire la dérivée première par rapport au temps du champ principal en P) du champ principal durant les quatre derniers siècles (Figure 2)

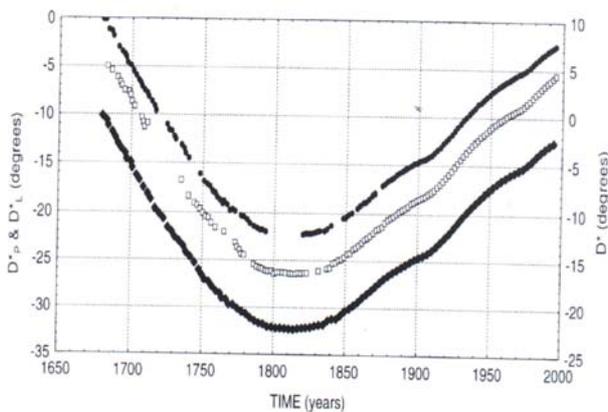


Figure 2 : Courbes des moyennes annuelles de la déclinaison, corrigées et ajustées aux repères de l'observatoire de Chambon la Forêt (D_p - courbe du haut) et à celui d'Hardland D_L - courbe intermédiaire). La courbe inférieure représente la courbe synthétique de la déclinaison.

LES OBSERVATOIRES MAGNÉTIQUES

Le réseau mondial comporte environ 200 observatoires dont la distribution à la surface de la terre et l'équipement sont très hétérogènes. Le programme d'observation, fixé par l'Association Internationale de Géomagnétisme et d'Aéronomie (AIGA) demande :

- . la mesure absolue des éléments du champ terrestre et l'enregistrement continu de ses variations temporelles (observatoires permanents et stations de répétition).
- . la mise à la disposition des centres mondiaux (World Data Center - WDC) et sur une base annuelle, des données utilisées dans les applications traditionnelles (valeurs moyennes destinées à la mise à jour régulière des modèles de champ magnétique, valeurs instantanées et indices d'activité).

L'idée d'un programme international qui permette de relier entre eux l'ensemble des observatoires géomagnétiques a été exposée des 1987 au cours de l'assemblée de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale (UGGI). La Division V de l'AIGA a alors émis le voeu que la communauté géomagnétique installe des observatoires automatisés, avec transmission des données par satellite.

Suivant cette résolution, mais à sa propre initiative, le programme INTERMAGNET (International Magnetic Observatory Network) s'est fixé comme objectifs généraux de maintenir et créer des observatoires pour compléter le réseau mondial, d'encourager l'installation d'observatoires numériques dans les pays en voie de développement avec la volonté de contribuer à l'élévation du niveau de la science et de la technologie dans ces pays, d'établir un système global d'échange rapide de données en ligne pour tous les observatoires du réseau et de produire des modèles et indices globaux avec la collaboration des institutions participantes. INTERMAGNET est donc un réseau global d'observatoires magnétiques numériques transmettant leurs données en temps quasi-réel par satellites ou par Internet.

Les critères retenus pour un observatoire du réseau INTERMAGNET vont au delà des recommandations de l'AIGA citées plus haut, ils exigent : la mesure vectorielle et scalaire du champ magnétique terrestre, l'échantillonnage des données toutes les minutes avec une résolution de 0,1 nT, la détermination absolue régulière de la valeur des éléments du champ magnétique (les dérives instrumentales doivent être contrôlées de façon à ce que 95% des données définitives soient comprises dans une fourchette de +/- 5 nT par rapport à la valeur absolue de l'élément mesuré), la transmission des données dans des formats de dissémination standards dans un délais inférieur à 72 heures et la mise à disposition des données définitives dans un délais de six mois après la fin de l'année pour archivage sur CD-rom. Les données sont transférées vers des centres d'information géomagnétiques régionaux (GINs) qui fonctionnent à, Golden (États-Unis), Ottawa (Canada), Kyoto (Japon) Édimbourg (Grande Bretagne) et Paris. Un comité des opérations fixe les standards instrumentaux (INTERMAGNET Technical reference manual, 1996) et contrôle annuellement la qualité des données. Les observatoires du réseau qui sont présentés sur la Figure 3a ; leur nombre a constamment augmenté depuis la création du réseau : de 44 observatoires en 1992, à 70 en 1998.

Compte tenu des exigences de qualité imposées, le programme INTERMAGNET constitue un outil remarquable tant pour des objectifs de recherche fondamentale concernant la Terre profonde, que pour l'observation et la prévision de l'environnement électromagnétique de la Terre (Space Weather), dont l'impact est chaque jour plus considérable.

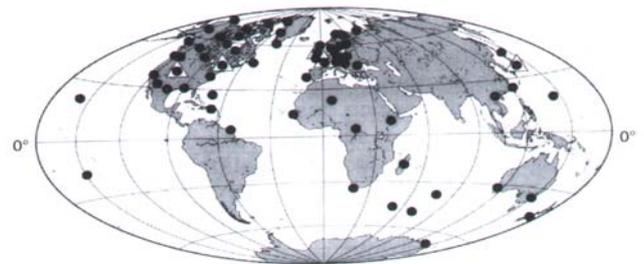


Figure 3a : Distribution des observatoires (cercles pleins), des GIN's (triangles ouverts) du programme INTERMAGNET



Figure 3b : Distribution des observatoires du Bureau Central de Magnétisme Terrestre

Quatorze observatoires (Figure 3b) font partie du "Bureau Central de Magnétisme Terrestre" (BCMT) : observatoires français ou en coopération destinés à mesurer le champ magnétique terrestre. Tous les observatoires du BCMT sont aux normes INTERMAGNET et leur équipement est relativement homogène. La transmission des données en temps quasi-réel par satellites permet une surveillance continue et efficace du fonctionnement des observatoires lointains. Un simple coup d'œil à une carte représentant la distribution des observatoires montre combien l'hémisphère Sud est encore mal couvert et combien les stations françaises sont importantes.

L'OBSERVATOIRE MAGNÉTIQUE NATIONAL DE CHAMBON LA FORÊT

Parmi les quatorze observatoires, CHAMBON LA FORÊT est l'observatoire magnétique national perdu au milieu de la forêt d'Orléans, à une vingtaine de km de PITHIVIERS (Figure 4). L'observatoire de CHAMBON LA FORÊT a été construit en 1935. Installé tout d'abord à St-MAUR de 1883 à 1900, un déménagement a dû être envisagé : la raison était l'installation du tramway qui perturbait les mesures : ensuite à VALJOYEUX (Yvelines) de 1901 à 1934, et on a dû une fois de plus penser à un autre lieu car c'est l'électrification du train qui était cette fois-ci l'élément perturbateur ! Alors pourquoi CHAMBON LA FORÊT : situé à plusieurs km de l'habitation la plus proche, le site possède un autre sol dont la nature ne crée pas de forte anomalies locales.



Figure 4 : Site de l'observatoire de Chambon la Forêt.

Aujourd'hui ce sont les variomètres magnétiques qui font les enregistrements en permanence des variations du champ magnétique. Mais ces instruments ne restent pas stables dans le temps et ils doivent être étalonnés par des mesures dites "absolues". La valeur exacte des trois composantes du champ magnétique est donc déterminée par ces mesures absolues faites deux - trois fois par semaine. Les appareils utilisés pour les mesures absolues ont été très différents au cours du temps. Notons, par exemple, que pour mesurer la déclinaison, on a passé de l'utilisation du théodolite à aimant suspendu au très moderne déclinomètre - inclinomètre à vanne de flux (figure 5).

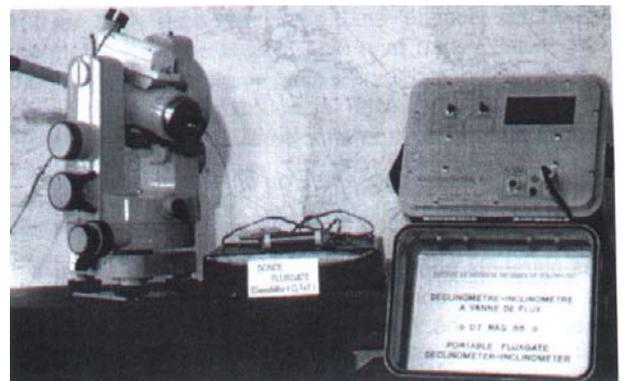


Figure 5 : Déclinomètre-Inclinomètre portable utilisé dans les observatoires magnétiques français.

Une poignée de personnes sont les "gardiens" du champ magnétique... Ils sont perdus au milieu de la forêt d'Orléans pour veiller à la bonne marche de l'observatoire, dont la tranquillité ne doit être troublée que par les orages magnétiques que provoquent parfois notre soleil...

LES DONNÉES GÉOMAGNÉTIQUES - QU'EN FAIRE ?

Les données d'observatoire sont diffusées systématiquement dans les centres mondiaux (WDC, INTERMAGNET). Ces données sont régulièrement utilisées pour étudier d'une façon plus précise le champ magnétique terrestre.

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA TERRE PROFONDE

Parce que, jusqu'à aujourd'hui aucun forage terrestre n'a dépassé 15 kilomètres de profondeur, nous n'avons accès qu'à des informations indirectes sur la Terre profonde, fournies par la sismologie, la géodésie ou la géochimie. A partir des modèles du champ principal et de sa variation séculaire, modèles contraints essentiellement par les données d'observatoires magnétiques, une grande quantité d'informations complémentaires à ces disciplines peut être extraite. Nous retiendrons en particulier l'étude de la conductivité du manteau profond et celle des mouvements qui animent la surface du noyau.

Les variations du champ géomagnétique, entre le noyau où elles sont engendrées et la surface de la terre où elles sont observées, sont atténuées par la présence du manteau conducteur, et cela d'autant plus fortement que la conductivité du manteau serait plus élevée. L'expérimentation en laboratoire, utilisant des "cellules à diamant" capables de reproduire des conditions thermodynamiques comparables à celles qui règnent dans le manteau, conduit à estimer la conductivité électrique du manteau profond à environ 10 siemens/mètre.

En caractérisant, à partir des données d'observatoires, la secousse magnétique observée en 1970, il a été possible de calculer une valeur de conductivité moyenne d'environ 15 siemens/mètre pour le manteau inférieur, valeur en remarquable accord avec celle obtenue en laboratoire. Par ailleurs une étude récente a été menée sur la conductivité de la partie supérieure du manteau inférieur, (jusqu'à 870 km). Les longues séries de valeurs mensuelles de 78 observatoires, obtenues entre 1974 et 1987, ont été utilisées dans une inversion 3-D. Les modèles pour des profondeurs de 470-670 et de 670- 870 km sont en bon accord avec les images connues de la tomographie sismique du manteau.

Les modèles de champ sont un intermédiaire nécessaire au calcul des mouvements qui animent la surface du noyau. Le modèle de Terre utilisé pour le calcul de ces mouvements est constitué d'un noyau conducteur et d'un manteau parfaitement isolant. L'équation qui gouverne l'évolution du champ montre que ses changements dans le noyau résultent d'une "compétition" entre le mouvement du fluide créant le champ par l'induction et la diffusion qui tend à détruire ce champ par effet de dissipation ohmique des courants électriques. Aujourd'hui on cherche à préciser la relation entre les différentes composantes des mouvements à la surface du noyau et les phénomènes observés à la surface de la Terre, en particulier les secousses affectant la variation séculaire. Dans cet objectif les données de 160 observatoires ont été analysées pour caractériser la géométrie des secousses reconnues en 1970, 1979 et 1992.

CONTRIBUTION À LA DÉTERMINATION DES INDICES D'ACTIVITÉ MAGNÉTIQUE

Les valeurs minute fournies par les observatoires de Crozet, Kerguelen et de l'île Amsterdam et transmises par satellite sont utilisées pour le calcul en temps quasi réel de l'indice planétaire am. Pour cela le Service International des Indices Géomagnétiques (SIGG), utilise un réseau mondial constitué par 24 observatoires dont 9 seulement dans l'hémisphère sud (d'où l'importance des trois observatoires subantarctiques français).

Depuis 1989 les données recueillies à l'île Amsterdam sont également utilisées pour le calcul des "Mid-Latitude Géomagnetic Indices ASY et SYM", élaborés mensuellement par le centre mondial WDC-C2 à Kyoto (Amsterdam est l'un des deux observatoires de l'hémisphère sud utilisé, pour le calcul de ces indices). En 1996 on a proposé un nouvel indice représentatif de l'activité magnétique dans les régions de hautes latitudes sud (Southern High Latitudes Index AES-80),

l'observatoire de Dumont d'Urville fait partie des cinq observatoires antarctiques retenus pour cette étude. Ces trois exemples, ainsi que des études, montrent bien la contribution essentielle des observatoires magnétiques dans un domaine où les applications à la prédiction des perturbations qui affectent l'environnement électromagnétique de la Terre sont en plein développement.

PARTICIPATION AU PROGRAMME ORSTED

Le projet ORSTED est un satellite géomagnétique de recherche pour la période 1999-2000 (lancement Le 23 février 1999), ce projet associe certains observatoires sol du réseau mondial (ceux du réseau INTERMAGNET en particulier).

Les objectifs d'ORSTED intéressent à la fois les études du champ magnétique principal, du champ d'anomalies et les interactions entre le vent solaire et la magnétosphère. La participation des observatoires du BCMT a été sollicitée compte tenu de leur position géographique et géophysique privilégiée. Les données sol sont rassemblées à Copenhague (ORSTED Data Centre). Par ailleurs le Centre de données géomagnétiques (GIN) de Paris a été choisi pour assurer le maintien en ligne des données définitives de tous les observatoires participant à INTERMAGNET en attendant qu'elles soient disponibles sur le CD-rom annuel. Ces données seront utilisées par les principaux investigateurs du programme ORSTED pour valider ou corriger rapidement les données reçues des instruments embarqués.

CONCLUSION

Surveiller le champ magnétique sur des échelles temporelles allant de la seconde au siècle, en des points régulièrement distribués à la surface de la terre, représente une contribution importante à la connaissance de notre planète et à la surveillance de son environnement. L'étude de la variation séculaire reposera toujours en partie -même quand aura été décidé le lancement d'une série de satellites magnétiques de longue durée - sur les données des observatoires géomagnétiques.

Depuis peu, quelques observatoires sont en danger de fermeture pour des raisons financières ou politiques. Des efforts doivent être menés pour les maintenir et aussi pour installer de nouvelles stations dans les zones mal couvertes.

L'étude de la variation séculaire reposera toujours en partie - même quand aura été décidé le lancement d'une série de satellites magnétiques de longue durée - sur les données des observatoires géomagnétiques. En effet, un réseau complet, bien instrumenté, d'observatoires, sera essentiel pour réduire les données fournies par les satellites (SAC-C et CHAMP sont des missions satellitaires prévues pour l'année 2000). A long terme, les connaissances sur le champ magnétique terrestre issues des observations, ainsi que les résultats des modèles numériques et des montages expérimentaux devraient nous conduire à comprendre le fonctionnement de la géodynamo encore énigmatique...

DEVELOPPEMENT, ENVIRONNEMENT, AMENAGEMENT, EN ALGERIE

Marc COTE

Université Aix en Provence

*

" socialisme " "Isme"
. "ment" . " tiers-mondisme "
.développement, environnement, aménagement.

RESUME :

Les années 60 privilégiaient les mots en "Isme", du socialisme au tiers-mondisme. L'époque actuelle utilise plus volontiers les concepts en "ment", moins idéologiques. Trois d'entre eux sont utilisés très couramment aujourd'hui: développement, environnement, aménagement. Il faut certes se méfier des effets de mode, et des importations de concepts. Mais en l'occurrence, ces trois notions semblent bien constituer des clefs fondamentales pour l'avenir d'un pays tel que l'Algérie, pour ceux qui veulent préparer cet avenir.

ABSTRACT:

The years 60th privileged words in "isme" from "socialisme" to the "tiers mondisme" The present time uses more gladly, less ideological concepts in "ment" . three among them are used very fluently today : "development" "environnement" "amenagement" . It is certainly necessary to mistrust effects of fashion, and of concept imports . But in this case, these three notions seem to constitute some fundamental keys well for the future of a country as Algeria, for those that want to prepare this future .

* Article publié dans le Bulletin des Sciences Géographiques avec l'aimable autorisation de l'auteur.

1 - Quelques définitions simples:

Le développement. Concept le plus couramment employé, le plus difficile à définir. Il a été élaboré au départ dans la vision du grand clivage entre pays riches du Nord et pays pauvres du Sud, et défini comme "une hausse continue et irréversible du revenu réel par habitant" (M. Poièsse). Mais l'on a progressivement été plus exigeant, en opposant développement à croissance, le second terme étant exclusivement économique, le premier étant plus complet, avec dimension humaine, sociale, culturelle. C'est la notion de développement humain, élaborée par les organismes Internationaux, avec pour le mesurer des indicateurs éducatifs et sociaux.

Pour qu'il y ait développement, il faut que la croissance soit non seulement continue, mais qu'elle profite à tous les secteurs de l'économie, à toutes les catégories sociales, à toutes les régions du territoire. Il faut donc qu'elle aboutisse à une nouvelle cohérence de la société après une phase de dysfonctionnement. C'est "un stade supérieur de la croissance, atteint quand tout le programme a été accompli, quand l'équilibre stable et harmonieux a été atteint" (R. Brunet).

Le terme de développement durable, popularisé aujourd'hui, met l'accent sur cette notion de nouvelle cohérence sur le long terme. L'appellation est un peu redondante, car il n'est de vrai développement que durable.

Ce terme est utilisé habituellement au niveau national. Par extension, il est de plus en plus employé pour définir une amélioration de situation locale qui assure une harmonie entre croissance quantitative et amélioration qualitative: on parle alors de développement local, régional, ... Ainsi, dans une Algérie qui n'est pas en développement, certains de ses territoires peuvent l'être (le Bas Sahara par exemple).

L'environnement. Terme ancien, qui avait un sens large, celui de contexte (environnement géographique, économique,...), Mais, après être passé par le monde anglo-saxon, ce terme est revenu aujourd'hui avec un sens précis, à connotation écologique: cadre de vie, milieu géographique. "Eléments de la nature qui comptent dans la vie des Individus, du groupe, du lieu" (R. Brunet).

Les notions de dégradation ou de pollution sont sous-jacentes à cette conception nouvelle de l'environnement. Toute société a toujours été en équilibre plus ou moins bon avec son milieu. Mais, après la phase de croyance triomphante dans la technique et la capacité à dominer impunément la nature, on assiste aujourd'hui à un retour à l'attention aux équilibres naturels.

C'est en ce sens que l'on trouve des Boulevards de l'Environnement dans toutes les villes de Tunisie, un Ministère de l'Environnement en France, et que les particuliers se préoccupent plus de leur paysage urbain, ou de la proximité de décharges sauvages.

Cet environnement est dit "naturel". En fait il est toujours transformé par l'homme, voire construit, car il n'y a plus guère de coin de la planète qui soit pleinement naturel, même au Sahara. Mais il est l'espace géographique "vu du lieu dont on parle", c'est-à-dire vu de la ville, ou du lieu habité. Ainsi, peut il y avoir une vision de l'environnement depuis le niveau local (environnement du lieu), jusqu'à celui de la planète toute entière (effet de serre...).

L'Aménagement. C'est "l'action volontaire et réfléchie d'une collectivité sur son territoire" (R. Brunet), ou "une organisation rationnelle et prévisionnelle de l'espace" (P. George). C'est donc un volontarisme sur le territoire comme la planification économique est un volontarisme sur l'économie. "Le géographe apparaît comme la mauvaise conscience de l'économiste; il lui rappelle en permanence que les actes économiques s'incarnent non seulement dans des prix ou des durées, mais également dans des lieux" (J.R. Gaudemar).

Et dans la pratique, l'aménagement est né dans la plupart des pays avec un décalage dans le temps par rapport à la planification économique, et s'exerce parallèlement à elle (Ministère de la Planification et de l'Aménagement).

Si l'espace était isotrope (homogène), il n'y aurait ni aménagement, ni géographes. Mais il est différencié, à la fois par la nature (différents milieux) et par les hommes (effets de centralité). Les aménagements traditionnels étaient implicites. L'Aménagement actuel se veut conscient, et souvent officiel.

Cet aménagement est né de la volonté de corriger les déséquilibres de l'espace (disparités entre régions, hypertrophie de la capitale...).

Ce qui lui a donné toute son importance en cette fin du 20^{ème} siècle est le débat entre développement et environnement. Car ces deux impératifs, complémentaires, peuvent être antagonistes, le second freinant les ambitions du premier. On se souvient de cette formule d'un Ministre algérien: "L'Algérie ne sacrifiera pas son développement sur l'autel de l'environnement".

Le développement implique en effet de lancer programmes, infrastructures, usines, opérations d'habitat. L'environnement implique préservation de la nature, maintien des situations en place. Comment, dans un pays qui connaît encore une forte croissance démographique, concilier les deux ?

L'aménagement territorial répond à cet objectif. L'extension urbaine est grave sur sols fertiles ou irrigués, elle ne pose pas problème sur terrains incultes. L'exode rural est dommageable vers les métropoles, il est très acceptable vers les petites villes. Une unité industrielle grosse consommatrice d'eau ou polluante posera ou ne posera pas problème suivant le lieu d'implantation choisi. La préservation des versants serait un travail titanesque sur toute la surface du pays, mais en fait l'essentiel de l'érosion s'opère sur 1/4 des bassins versants.

L'Aménagement, c'est donc un développement spatialisé et tenant compte des impératifs de l'environnement. Seul un Aménagement rationnel peut concilier développement et environnement.

2 - L'Aménagement, une pratique à caractère scientifique :

Au risque de décevoir certains jeunes enthousiasmes, il est nécessaire de préciser que l'aménagement n'est pas une science. C'est un art, une discipline, une pratique. Ce n'est pas un ensemble de lois à respecter, ou de recettes à appliquer.

Mais cette discipline peut se donner des fondements scientifiques, si elle sait observer des règles de rigueur dans l'observation des faits et la recherche des enchaînements.

Il n'y a pas de science de l'Aménagement, mais il y a une lecture scientifique de l'organisation actuelle de l'espace.

L'Aménagement doit donc être élaboré par des gens ayant une formation scientifique.

Aménageur, et décideur. L'aménageur peut être de profil géographe, urbaniste, ou planificateur. Il peut travailler seul, ou mieux, faire partie d'une équipe pluri-disciplinaire (au niveau national, l'ANAT en Algérie, la DATAR en France). Seul ou en équipe, il analyse les faits, recherche les causes et processus, démontre les conséquences du développement sur l'environnement, et vice-versa. Il prépare également l'avenir, en élaborant des options, des scénarios, avec les implications de chacun d'eux. Mais ce n'est pas lui qui décide. Cette tâche est celle du décideur (l'Etat, la Wilaya, la Commune), car l'Aménagement a un caractère politique (au sens fort du terme), et les décisions d'aménagement relèvent du pouvoir au même titre que les décisions administratives ou économiques. La responsabilité de l'aménageur est de faire en sorte que le décideur puisse prendre les décisions en toute connaissance de cause.

Aménager pour l'égalisation ou pour l'efficacité ?

L'aménagement peut avoir des objectifs différents: mieux distribuer activités et population sur le territoire, réduire les disparités, améliorer la performance économique. C'est aux politiques à définir ces objectifs. Car ils peuvent dans certains cas être contradictoires: le soutien aux espaces en difficulté (souci de justice sociale), ne rejoint pas forcément le soutien aux espaces performants (souci d'efficacité). L'investissements sur des espaces déjà riches peut certes améliorer la performance du pays tout entier. Mais il peut être remis en cause par le déperissement des régions déjà pauvres, dont l'exode rural trop massif va bouleverser les espaces actifs. Il faut donc combiner objectif à moyen terme et objectif à long terme, intérêt régional et intérêt national,

Aménagement par le haut ou par le bas ?

L'Aménagement a d'abord été conçu au niveau national (aménagement du territoire). L'on fait aujourd'hui une large place à l'aménagement par le bas: aménagement local, régional, décentralisé, aux mains des collectivités locales. En fait, le fonctionnement, de l'Aménagement au sein d'un pays montre qu'il faut concilier ces deux grandes formes d'aménagement. Aménager par le bas pour faire participer démocratiquement les populations à la gestion de leur territoire, et tenir compte des spécificités locales. Aménager par le haut pour prévoir les grandes réalisations nationales, et assurer la péréquation nationale (entre régions riches et régions pauvres par exemple).

La solution à cette exigence est la structuration multi-scalaire de l'Aménagement, en 3 niveaux par exemple (local, régional, national), avec un mouvement de va et vient entre les différents niveaux d'instance. Eventuellement, un 4^{ème} niveau, multi-national, peut s'y ajouter (planification spatiale en Union européenne aujourd'hui, au Maghreb demain).

Aménagement autoritaire ou concerté? C'est là le problème du pouvoir de l'Aménagement. Dans les pays dirigistes (l'Algérie socialiste des 3 premières décennies), l'aménagement est autoritaire, et a, à quelque niveau que ce soit, force de loi.

Dans le cadre du désengagement de l'Etat et de l'économie de marché, très général aujourd'hui dans le monde, l'Aménagement perd son pouvoir coercitif, au même titre que la planification économique. Il doit devenir concerté. C'est-à-dire qu'il procède de façon souple, par concertation, incitation, partenariat, contrat, et ceci en mettant en cause tous les acteurs des Interventions sur le territoire : Etat, collectivités locales, associations, entreprises, population C'est à travers ce type de démarche que peuvent être prises des lois imposables à tous (POS, expropriation pour cause d'utilité publique...).

L'expérience des pays européens montre qu'un tel type d'aménagement est plus long à mettre en place, plus exigeant en démarches, mais se révèle payant à long terme, parce que résultat d'un consensus ayant préalablement réunis tous les acteurs potentiels, et donc non susceptible de phénomène de rejet.

Instruments et moyens de l'Aménagement.

L'Aménagement du territoire se donne des instruments opérationnels à travers des instances chargées des études d'aménagement aux différents niveaux spatiaux (commune, wilaya, Etat). La concrétisation officielle la plus manifeste est la création d'un Ministère (ou Secrétariat d'Etat) à l'Aménagement du Territoire.

Il se donne également des instruments juridiques, à travers les Plans Communaux, Wilayaux, et Nationaux d'Aménagement. En Algérie, le Schéma national d'Aménagement, et la loi d'Aménagement, demeurent les instruments les plus élaborés, même s'ils doivent être revus dans le nouveau contexte du pays.

Enfin, l'Aménagement se définit des moyens d'intervention, qui sont variable suivant les pays et les systèmes politiques en place. Dans l'Algérie socialisante, les deux moyens majeurs étalent la politique industrielle (et sa régionalisation), le découpage administratif (et la grille d'équipements afférente). Le premier moyen n'a plus guère cours en économie de marché, mais demeurent la répartition des équipements publics, les infrastructures, les aides aux régions et communes,

3 - Quelques pistes pour l'Aménagement du territoire en Algérie

Combien de discours officiels, mais également de mémoires d'étudiants, ne déplorent-ils pas que 90% de la population du pays vivent sur 10% du territoire national, et cherchent des moyens pour remédier à cette "anomalie". Comme s'il était souhaitable que la planète entière porte partout les mêmes densités de population.

Dans des milieux physiques aussi vigoureux que ceux du Maghreb, il ne peut être question de nier les contraintes de la nature. Les faits sont têtus. L'on peut placer la capitale sur le littoral ou dans le centre du pays, mais l'on ne peut faire du Sahara une Mitidja il n'est pas souhaitable de faire du Tell un désert.

Dans un tel cadre, il ne faut pas viser à égaliser les densités de population, mais répondre à deux objectifs:

- 1- faire en sorte que toutes les populations, où qu'elles soient, puissent accéder aux mêmes services et même niveau de vie
- 2- permettre que les potentialités de chaque portion de territoire soient valorisées au mieux, de façon à les mettre au service de l'ensemble de la communauté.

Dans cette perspective, quelques pistes de réflexion.

L'organisation régionale. L'Algérie a progressivement miniaturisé son maillage administratif (comme l'ont fait ses voisins marocains et tunisiens), aboutissant à un découpage en 48 wilayate. Il est possible que demain s'y ajoutent une vingtaine d'autres circonscriptions; de façon à mieux prendre en charge certains espaces.

Qu'il soit de 48 ou de 68 unités, ce maillage territorial, valable en lui-même, se révèle émietté face à un Etat unitaire. Il y a besoin d'un niveau intermédiaire entre Etat et Wilayate, qui serve à la fois de coordination entre celles-ci (grands projets régionaux), et d'articulation entre Etat et wilayate. Reste aux décideurs à préciser les pouvoirs qui seraient dévolus à de telles instances. Reste aux aménageurs à réfléchir sur le nombre et le mode de découpage de ces "régions" (les 3 anciens Départements de la Régence turque, les 5 ou 6 grandes régions fonctionnelles actuelles, les 8 régions de planification du Schéma national ?).

Les métropoles. Les villes posent problèmes en Algérie, par la soudaineté de leur croissance; les quatre(04) métropoles particulièrement.

En tout pays au monde, la gestion du territoire urbain est délicate. On s'oriente là aussi vers la miniaturisation du territoire, en divisant les responsabilités (communes urbaines du grand Alger). Mais l'agglomération est un organisme vivant, dont l'unité doit être conservée. Une des solutions les plus rationnelles utilisées en d'autres pays est la Communauté de communes, sorte de fédération de communes, qui répartit les tâches de gestion entre les deux niveaux (à la Commune les tâches relatives à la population, à la Communauté celles relatives à l'AEPP, l'assainissement, les ordures ménagères, les transports urbains,...).

Les montagnes. L'Algérie ne les a pas négligées, puisqu'elle leur a appliqué les mêmes normes d'équipement et services que les autres territoires. Mais la montagne est un milieu spécifique, qui demande un traitement approprié ("Plan montagne" adopté dans certains pays).

En Algérie, elle constitue non seulement un milieu spécifique, mais des milieux spécifiques. Certaines montagnes sont des môles de peuplement, qui ont accumulé leur croît naturel, et présentent aujourd'hui de fortes densités de population, qu'il faut faire vivre dans la montagne. D'autres ont laissé partir l'essentiel de leur population, et sont devenus des châteaux d'eau et des espaces verts fonctionnant au profit des populations des plaines alentour. Ici, la perspective est moins la création d'activités, que la préservation du milieu.

A chaque montagne, son aménagement.

Les Hautes plaines steppiques. Ce grand boulevard de circulation, tendu d'Ouest en Est du pays, se trouve aujourd'hui sous-valorisé par rapport à son passé glorieux. L'on a là schématiquement parmi les territoires les moins développés, les moins équipés du pays.

Mais la "marche vers le Sud" du pays ne doit pas conduire à demander à ce territoire de recevoir 1 ou 2 millions d'habitants du Nord. Il faut y être né pour supporter ce milieu austère. Et de toute façon, les ressources en eau ne le permettraient pas. Faire que ce territoire assure une vie décente à ses populations serait déjà bien.

C'est possible en mettant l'accent sur l'organisation des parcours, le développement du tertiaire, et la création d'industries peu consommatrices d'eau.

Le Sahara. Après le rêve pétrolier, le rêve agricole. La découverte d'aquifères importants a fait naître des projets immenses, à base de programmes céréaliers et d'irrigation sous pivot.

Le Sahara est certes riche de son eau, et de ses ruraux restés paysans, mais il ne faut pas lui demander de nourrir le Nord. Les grandes potentialités agricoles demeurent dans le Nord.

Le Sahara doit, dans le cadre des systèmes culturels qui ont fait leur preuve jusqu'à présent, mobiliser ses ressources précieuses, sol, eau, travail, à nourrir toute la population saharienne, et à assurer quelques productions (dattes et maraîchages) pour la vente à l'extérieur. Il n'y a qu'à suivre sur ce chemin la voie tracée par les agriculteurs sahariens eux-mêmes, qui se révèlent les meilleurs aménageurs.

Conclusion.

Que faut-il finalement pour faire un Aménagement rationnel ? trois(03) éléments conjoints. Une analyse aussi objective (scientifique?) des faits que possible; une dose de bon sens (en ce sens le recours aux savoirs faire locaux et à la pratique démocratique sont de bons alliés); et une dose d'expérience (en ce sens l'observation de ce qui est pratiqué dans d'autres pays peut être très utile).

Moyennant quoi, l'Aménagement permettra au développement de se déployer tout en respectant l'environnement pour les générations présentes et à venir (notion de durabilité). Et il permettra, depuis le niveau local jusqu'au plan national, à chaque citoyen de se sentir bien dans son territoire.

Aménager, c'est préparer le territoire de nos enfants.

Quelques références:

- BAUD P., BOURGEAT S., BRAS C. 1995: Dictionnaire de géographie. Hâtier, Paris, 432 p.
- BEGUIN H. 1974: L'organisation de l'espace au Maroc. Acad Royale des Sciences d'O.M., Bruxelles.
- BELHEDI A. 1992; L'Aménagement de l'espace en Tunisie, la reproduction ou l'alternative?. Public Fac Lettres, Tunis, 267 p.
- BRUNET R. 1997: L'aménagement du territoire en France, Doc Photo n° 7041, Doc française, Paris.
- BRUNE R, FERRAS R, THERY H. 1992: Les mots de la géographie, dictionnaire critique. Reclus, Doc française, Paris, 470 p.
- CARSA DE Y. 1992: La nouvelle planification territoriale. Regards sur l'actualité n°177, La Documentation Française, Paris.
- COULBOIS P., JUNG J. 1994: Aménagement du territoire, une méthode, les expériences de l'Allemagne, de l'Autriche et de la Suisse. Doc française, Paris, 172 p.
- DIRASSET 1996: Schéma directeur d'aménagement du territoire national, étude stratégique, République tunisienne. Tunis, 8 Vol.

LES EXONYMES : DES OBJECTIFS A PRECISER

Par Henri Dorion

Université Laval Québec, Canada

A chacune des réunions du Groupe d'experts, la question des exonymes a été abondamment discutée et plusieurs résolutions ont été adoptées lors des Conférences sur la normalisation des noms géographiques. Le dénominateur commun de ces résolutions est l'objectif de réduire l'usage des exonymes. Si certains progrès ont été réalisés dans ce sens, notamment par la production de listes sélectives d'exonymes, force nous est de constater qu'en dehors de certains milieux spécialisés, notamment de production cartographique, le nombre d'exonymes en usage diminue peu et même, dans certains contextes, augmente. Il y a à cela plusieurs causes :

1) la force de l'usage résultant d'une habitude largement acquise souvent depuis fort longtemps, ce qui constitue sans doute le facteur le plus important ;

2) l'intervention d'un certain nombre de linguistes qui militent en faveur de l'usage généralisé des exonymes, considérant qu'il s'agit d'un acte d'appropriation culturelle tout à fait justifié et que l'élimination d'exonymes constitue une déperdition culturelle ;

3) l'absence de documents facilement accessibles au grand public et aux médias, donnant les correspondances entre les exonymes et les formes officielles locales ;

4) le problème général de la méconnaissance, dans les milieux diffuseurs de toponymie, des résolutions des Conférences des Nations Unies sur la normalisation des noms géographiques, notamment celles concernant la réduction des exonymes ;

5) le fait que les systèmes de romanisation s'appliquant aux toponymes originellement écrits dans des alphabets autres que latin et adoptés par les Conférences ne sont pas suivis par tous les pays et parfois même par les pays d'origine eux-mêmes.

Aussi, les changements récents qui affectent la carte politique du monde ajoutent à la complexité du problème. Le récent mouvement de désintégration d'Etats multiethniques a eu comme conséquence la multiplication des autorités toponymiques nationales ; aux trois Etats qu'étaient l'Union soviétique, la Yougoslavie et la Tchécoslovaquie correspondent aujourd'hui 22 autorités toponymiques nationales. Or, les CNUNNG* ont clairement reconnu que la normalisation internationale des noms géographiques doit se baser sur la normalisation nationale. L'adoption des formes locales jadis obliérées par les formes de la langue dominante a donc comme conséquence de transmettre au niveau international les nouvelles formes officielles et de reléguer les anciennes formes au statut d'exonymes. Alma Ata et Baku, formes autrefois reconnues au niveau international parce qu'officielles au niveau de l'autorité nationale soviétique, sont maintenant des exonymes des nouvelles formes officielles kazakh et azérie Almaty et Baki (sans point sur le i).

Il est un autre phénomène qui vient encore compliquer la situation dans certains pays, à savoir la résurgence des

langues régionales dont les toponymes sont de plus en plus utilisés par les autorités régionales, notamment dans la signalisation routière, et même par les autorités nationales pour la cartographie. La difficulté réside dans le fait que le degré d'officialisation des toponymes vernaculaires varie considérablement d'un pays à l'autre. Si certains pays, comme l'Espagne, ont nettement balisé le statut des toponymies parallèles (dans ce cas-ci, le statut des toponymes espagnols d'une part et catalans, basques et galiciens d'autre part), tel n'est pas le cas dans de nombreux autres pays. A ce stade, il ne s'agit pas d'exonymes mais les tendances actuelles dans la toponymie sont telles que des noms aujourd'hui officiels sont susceptibles, par ce processus, d'être bientôt relégués au rang d'exonymes.

Pour ces différentes raisons, il est urgent de constituer des listes d'exonymes donnant les correspondances aux noms officiels, comme l'ont recommandé plusieurs résolutions des CNUNNG*. Nous croyons cependant que ce serait desservir la fin ultime de la normalisation internationale qui est de valoriser les formes officielles locales, que de limiter ces listes aux seuls exonymes jugés "de bon aloi" sans préciser les circonstances où il peuvent ou ne devraient pas être utilisés. Ce serait priver les utilisateurs de la référence aux noms officiels pour un grand nombre d'exonymes toujours en usage.

A cet égard, nous doutons de la pertinence de la remarque contenue dans la résolution III/19 à l'effet que "de très longues listes (d'exonymes sont) d'un intérêt contestable". Au contraire, nous croyons que même les formes vernaculaires et parallèles des toponymes officiels auraient leur place dans de telles listes, pour peu qu'elles soient assez largement utilisées. Il est par ailleurs fondamentalement important que soient précisés les contextes dans lesquels les exonymes peuvent être utilisés, ceux dans lesquels il faut au contraire les bannir et ceux où il est opportun d'utiliser en parallèle les formes exonymiques et les formes officielles.

Quoi qu'il en soit, c'est ce que nous avons entrepris de colliger pour les exonymes de langue française ; un fichier en cours d'élaboration au Québec a déjà relevé plus de 4 000 toponymes dont les formes diffèrent de la forme officielle locale, ce qui exclut les exonymes que la résolution III/19 recommande d'exclure, à savoir les "exonymes différant du nom officiel seulement par l'omission, l'adjonction ou l'altération de signes diacritiques ou de l'article, exonymes différant du nom officiel par la déclinaison ou la dérivation et exonymes résultant de la traduction d'un terme générique". Nous croyons que de tels outils permettront de diffuser davantage les toponymes dans leur forme locale officielle et de les joindre aux exonymes lorsqu'il convient d'utiliser ceux-ci. Cela aiderait, selon nous, à respecter les objectifs poursuivis par les CNUNNG* dans une mesure plus grande qu'en publiant des listes restreintes d'exonymes, ce qui peut être perçu comme une consécration quasi officielle de ces exonymes.

* CNUNNG : Conférence des Nations Unies sur la Normalisation des Noms Géographiques.

ECHELLE ET DONNEES NUMERIQUES

*Par G. Troispoux et L. Coudercy
C.E.R.T.U/France*

L'information géographique sous sa forme numérique s'impose de plus en plus face aux traditionnelles cartes papier. L'échelle, paramètre indispensable à la description de toute représentation cartographique sur un support papier, devient, avec l'avènement du numérique, une notion plus difficile à percevoir, plus subtile, qui se décline de différentes façons. Constante sur un support papier, l'échelle des données numériques s'avère être une "variable" dont la maîtrise est alors plus difficile.

Autour de cette notion d'échelle, nous allons essayer de comparer les deux approches (carte papier et données numériques) en s'appuyant sur les autres paramètres qui définissent et précisent l'information géographique dans son ensemble, et qui sont liés à l'échelle des données.

Carte papier :

Echelle d'une carte papier :

L'échelle est le rapport entre la dimension d'un objet mesurée sur la carte et sa valeur réelle. Dans le cas d'une carte papier, elle est forcément fixe. Les échelles les plus couramment utilisées pour la cartographie française peuvent être réparties dans les gammes d'échelles suivantes, en considérant que cette classification peut varier selon les métiers et les usages :

Les très grandes échelles :

1 :200, 1 :500, 1 :1000,

Les grandes échelles :

1: 2 000, 1: 5 000, 1: 10 000

Les échelles moyennes :

1: 25 000, 1: 50 000, 1: 100 000

Les petites échelles :

1: 250 000, 1: 500 000, 1: 1 000 000...

Contenu :

Le contenu d'une carte papier est lié à l'échelle pour de simples règles de lisibilité et de représentation graphique, mais aussi par les habitudes issues de la longue maturation des cartes existantes. Il est tout naturellement limité par le fait qu'il n'y a pas de place sur la feuille de papier pour dessiner et représenter tous les détails. Dans de nombreux cas, un choix est indispensable parmi les objets pouvant figurer sur une carte. Ce choix n'est pas exclusivement fonction de leurs dimensions, qui doivent rester en rapport avec l'échelle de la carte, mais il peut dépendre de leur importance pour les utilisateurs ou de leur fonction. Il faut également tenir compte de la représentation sémiologique des données qui contribue à limiter ce contenu, soit par la place occupée par les symboles, soit par le nombre limité de classes affichables.

Précision :

La précision représente la justesse d'une mesure. Dans le cas d'une carte, il s'agit donc de la différence entre la position papier d'un objet et sa position terrain. Elle revêt divers aspects.

Précision de saisie :

Elle est dépendante de la technique utilisée. La restitution des levés étant purement graphique, la précision de saisie sera forcément limitée par le pouvoir séparateur de l'œil, c'est à dire sa capacité à dissocier deux détails.

Cette valeur est comprise entre 1 et $2/10^{\text{ème}}$ de mm et correspond donc à la précision de saisie maximale pour une échelle donnée. Il serait inutile de pratiquer des levés avec une précision meilleure.

Précision de restitution :

C'est la précision finale de la carte.

Elle est à priori moins bonne que la précision de saisie, car les phases de cartographie et de reprographie détériorent légèrement la qualité initiale des levés. En particulier, dès lors qu'un levé est cartographié, c'est à dire que l'on a appliqué un certain nombre de règles d'esthétique et de lisibilité, puis imprimé le résultat sur un support papier non stable, cette précision devient variable selon les éléments de la carte et peut atteindre plusieurs dixièmes de mm.

Par exemple, pour une carte au 1:10 000, la précision graphique de 1 à $2/10^{\text{ème}}$ de mm, se traduit à cette échelle par une précision de saisie de 1 à 2 m. La précision de restitution de la carte sera moins bonne et la dégradation introduite, variable.

Déformation due à l'écriture cartographique :

Cartographier un levé topographique, c'est appliquer un signe conventionnel à chaque objet. Il faut que tout élément graphique isolé soit perceptible, que sa forme soit distinguée, que deux éléments voisins soient séparés, enfin que les différentes valeurs soient différenciées.

Pour des règles d'esthétique et de lisibilité, chaque signe doit avoir une épaisseur minimale. Pour cartographier l'ensemble des objets et pouvoir les différencier visuellement, il faut souvent déplacer certains d'entre eux de quelques dixièmes de millimètres.

On constate donc que la phase de cartographie altère la précision finale de la carte.

Par exemple, le seuil de séparation de deux traits est de 0,15 mm. L'épaisseur minimale d'un trait est également de 0,15 mm. Si l'on veut représenter une route à l'échelle de 1:25 000 par un signe conventionnel à deux traits, la largeur minimale du signe sera donc de 0,45 mm, soit 11,25 m sur le terrain à cette échelle. Ainsi, toutes les routes dont la largeur est inférieure à 11,25 m auront forcément une représentation amplifiée sur une telle carte. Aussi, il faudra déplacer d'autant, voire plus, tous les objets qui bordent la route.

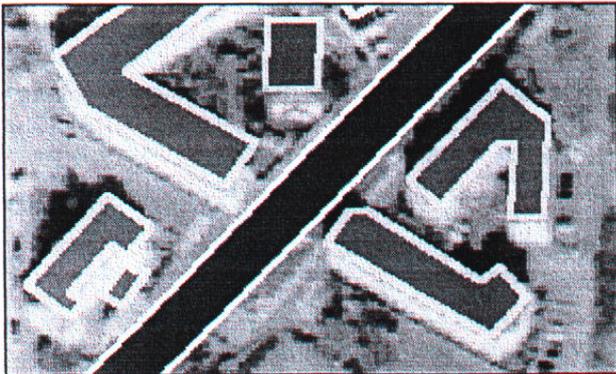


Figure 1 : emprises d'une route et de bâtiments sur une photographie aérienne

La figure 1 montre un extrait de photographie aérienne sur laquelle sont positionnés quelques bâtiments levés par photogrammétrie ainsi que l'emprise surfacique d'une route.

La figure 2 montre la même zone extraite de la carte IGN au 1:25 000 très agrandie. On y a reporté les bâtiments levés sur la photographie qui demeure l'image de la réalité. Cet exemple montre la dégradation subie par les données lors de la phase cartographique que l'on peut résumer ainsi:

- L'emprise cartographiée de la route déborde largement sur les bâtiments de droite qu'il a fallu déplacer.
- Le bâtiment en bas à droite a été grossi.

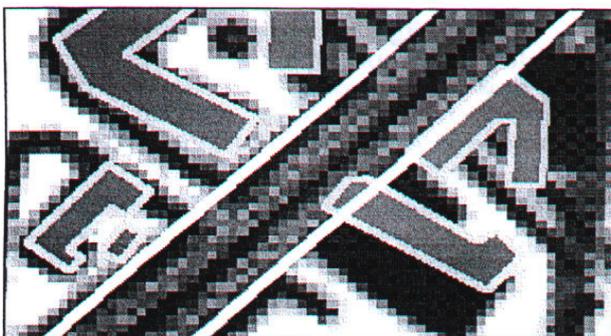


Figure 2 : extrait de la carte IGN au 1:25 000 sur laquelle ont été reportés les bâtiments présents sur la photographie

Précision relative

C'est la précision du positionnement des objets les uns par rapport aux autres.

Cette précision est liée à la précision absolue de la donnée, mais aussi à la rigueur du dessin cartographique. En effet, le respect des règles cartographiques amène à déplacer certains objets, tout en tenant compte autant que possible de la position relative des objets voisins. Dans le cas d'objets déplacés, elle peut être meilleure que la précision absolue.

Généralisation :

La généralisation est le procédé de simplification systématique de la représentation d'un objet pour l'adapter à une échelle donnée.

Ce procédé peut être mis en œuvre dès la saisie ou lors de la représentation cartographique. Toute carte, quelle que soit son échelle, suppose une généralisation des tracés par rapport à la réalité du terrain. A une échelle donnée, une carte peut être plus ou moins généralisée. Dans le cas d'une généralisation trop poussée, on parle alors de schématisation. La généralisation est étroitement liée à la précision mais aussi au contenu et à la densité des données ainsi qu'à la symbolisation qu'on désire appliquer.

La figure 3 ci-dessous montre le réseau de voirie au 1: 1000000 entre Routes500® à gauche, et Route120® à droite (les exemples sont basés sur des bases de données, plus facile à manipuler).

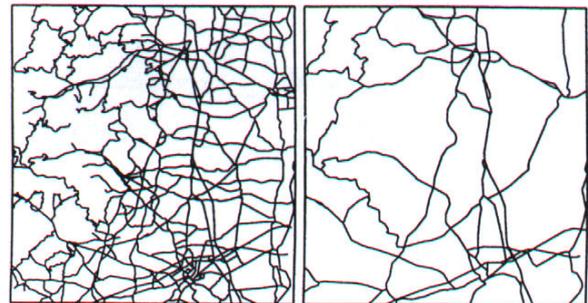


Figure 3 : lien entre généralisation et contenu

Cette illustration souligne surtout l'un des deux aspects indissociables de la généralisation : le contenu et la densité d'information, qui sont différents selon le niveau de généralisation souhaité.

La figure 4 superpose Routes500® (traits pleins) et Route120® (tiretés). Cette illustration souligne le second aspect de la généralisation : la simplification des formes qui influe sur la précision.

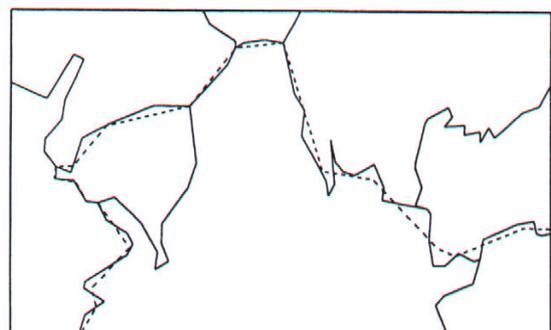


Figure 4 : lien entre généralisation et précision

Grain :

Le grain est défini comme la plus petite entité qu'il est possible de reproduire sur une carte. A une échelle donnée, sur une carte papier, il est directement lié aux dimensions propres des objets à faire figurer.

On peut cependant toujours contourner cet aspect par une représentation à l'aide d'un signe conventionnel. Par exemple, sur les cartes au 1:25 000, les calvaires, objets trop petits pour être visibles à cette échelle, sont pourtant figurés par des symboles.

Exhaustivité :

L'exhaustivité est variable selon la nature des objets. Elle est fonction des spécifications de saisie et du grain. Elle dépend également de l'objectif à atteindre et du type de carte à réaliser (topographique ou thématique).

Données numériques :

Echelle :

Dans le cas d'une base de données géographiques, la notion d'échelle devient plus floue du fait de la nature même des données en lien avec les outils qui permettent de saisir, manipuler, visualiser et restituer cette information. On ne peut plus parler de l'échelle d'une base de données géographiques mais d'une gamme d'échelles optimale pour l'utiliser.

La gamme d'échelles est évidemment liée à la précision de saisie. Mais elle est à adapter en fonction des modes de restitution et d'usage envisagés. Par exemple, en fonction de la résolution et de la taille de l'écran sur lequel on désire visualiser les données, on choisira une échelle adaptée à la fois au travail à réaliser et au confort oculaire.

Cette échelle de travail et de confort n'est pas forcément celle qui est le plus en adéquation avec la précision des données, pour une restitution cartographique papier.

Nous essaierons, dans la suite de ce dossier, de préciser tous ces aspects.

Restitution :

La restitution se fait soit sur un écran vidéo, soit sur un support papier. Ces deux moyens de restituer l'information sont totalement différents. Pour un travail donné, une échelle adaptée à un type de restitution est rament adaptée à l'autre. De nombreux paramètres influent sur l'échelle de restitution comme :

- les caractéristiques physiques des systèmes ;
- le degré de symbolisation des données ;
- la restitution en couleur ou en noir et blanc ;
- le contenu des données...

Précision :

Précision de saisie :

Comme pour une carte papier, la précision de saisie reste liée à la technique utilisée. C'est cette précision qui définit

la gamme d'échelles la mieux adaptée à l'utilisation ultérieure de ces données. Elle peut être variable selon la nature des objets saisis et doit être décrite et quantifiée, par classe d'objets, dans les spécifications du produit. Elle n'est plus limitée systématiquement par l'échelle de restitution et la règle du $1/10^{\text{ème}}$ de mm.

La précision devient très importante pour les données numériques car elle remplace, en partie, la traditionnelle échelle des cartes papier. On parle de précision métrique, décimétrique. De ce paramètre, on déduit la gamme d'échelles optimale pour l'utilisation des données.

A l'inverse d'une carte papier dont l'échelle et la légende permettent de déduire sa précision et son contenu, une base de données numériques est spécifiée par la précision des éléments qui la constituent.

Deux types de saisie sont couramment pratiqués, qui influent directement sur la précision des données. Le premier consiste en des levés topographiques soit directement sur le terrain soit par photogrammétrie. La précision résultante est celle normalement définie dans le cahier des charges.

L'intérêt d'une telle saisie réside dans le fait que les données ne subissent aucune altération par la mise en forme cartographique, la précision définitive restant égale à celle des levés. L'autre type de saisie consiste à numériser des cartes existantes. Dans ce cas, on possède des données numériques dont la précision de saisie est moins bonne que la précision de restitution cartographique des cartes utilisées et qui n'est pas homogène sur le territoire.

C'est le cas de la BDCARTO® qui résulte de la numérisation des cartes au 1:50 000 de l'IGN, ce qui aboutit à une précision non homogène. Si l'on superpose les données de la BDCARTO® sur une orthophotographie ou sur une carte à plus grande échelle (Figures 5 et 6), on constate que la superposition est nettement meilleure en zone rurale qu'en zone urbaine. Ceci s'explique par le nombre important de données à cartographier au 1/ 50.000 dans un noyau urbain qui subit, de fait, des déformations liées à une écriture cartographique plus poussée qu'en zone rurale. Dans ce dernier cas, la densité des objets étant plus faible, leur positionnement reste plus proche de la précision de saisie.

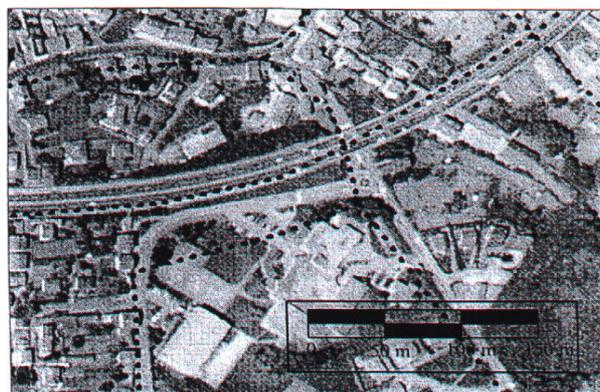


Figure 5 : superposition de la BDCARTO® et d'une carte au 1.25 000 en milieu rural

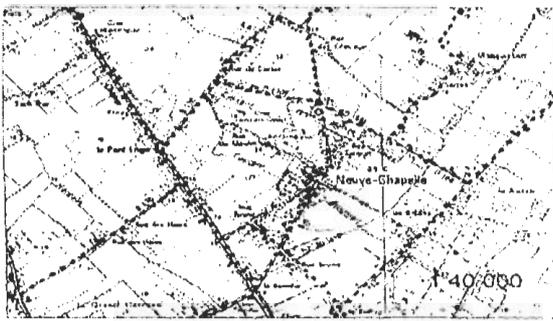


Figure 6 : superposition de la BDCARTO® et d'une carte au 1:25 000 en milieu rural

Précision de restitution :

La plupart des données numériques commercialisées sont vendues sans aucun habillage cartographique. L'avantage réside dans le fait que les utilisateurs disposent alors des données brutes de saisie sans dégradation de précision. La précision de restitution ne dépend plus alors que des moyens mis en œuvre par l'utilisateur : imprimante, sémiologie, généralisation...

Précision relative :

Dans la mesure où les données n'ont reçu aucune symbolisation cartographique, la précision relative reste celle de la saisie.

Grain

Comme pour une carte papier, il définit une limite de saisie des données qui se traduit souvent par une restriction concernant les dimensions minimales des objets.

On peut également limiter le contenu d'une classe d'objets pour des raisons plus sémantiques comme la nature ou la fonction. Par exemple, on peut exclure les tronçons de route dont la longueur est inférieure à 500 m ou seulement exclure ceux qui mènent à une propriété privée, voire une combinaison des deux.

Pour une base d'occupation des sols, le grain s'exprime également par la plus petite zone saisie. Ainsi dans la BDCARTO, le grain est variable selon la classe de la nomenclature concernée : il est plus fin pour l'urbain que pour les bois.

Enfin, par extension, les plus petits tronçons linéaires saisis pour décrire les détails d'un objet qui découlent du niveau de généralisation choisi représentent une forme de grain, souvent importante à connaître. L'exemple de la figure 7 montre un extrait des spécifications de la BDTOP0 dont les limites exprimées en mètres ont un lien direct avec le grain.

Cette notion de grain définit ainsi une sélection pour chaque classe d'objets de la base de données, tout en fixant, par type d'objet, l'unité graphique élémentaire que l'on pourra espérer représenter. Cette notion mériterait d'être affinée, car, si l'on voit assez bien ce qu'elle recouvre, elle est parfois difficilement représentable par une grandeur unique.

La connaissance du grain, ajoutée à la connaissance de la précision, permettent de déduire une gamme d'échelles utilisable pour les données ainsi spécifiées.

Contenu :

Le contenu d'une base de données reste évidemment lié à la précision et aux dimensions des objets à saisir.

Cependant la problématique est ici différente de celle d'une carte papier. Cette dernière est en effet destinée à être imprimée avec la totalité des objets qu'elle contient. En revanche, on peut considérer une base de données comme une collection d'objets qui n'ont pas forcément vocation à être restitués simultanément. Dans ce cas, les objets pouvant être contenus dans une base sont directement fonction de sa précision et de son grain, ais deviennent complètement

indépendants de sa représentation. Ainsi, rien n'empêche de constituer une base de données avec un grand nombre de classes d'objets en sachant qu'elles ne seront jamais représentées simultanément.

Exhaustivité :

Pour une base de données, l'exhaustivité revêt plus d'importance que pour une carte papier car de cette exhaustivité dépend en grande partie, la qualité des analyses. Elle est étroitement liée aux spécifications du produit et notamment au grain, qui impose des règles de sélection, ainsi qu'aux techniques de saisie. En revanche, elle peut être plus facilement atteinte dans la mesure où elle reste indépendante de la représentation cartographique de la base.

Besoins de précision et de grain :

Les données numériques exploitées par des outils logiciel de type SIG sont particulièrement adaptées à l'analyse, qu'elle soit spatiale ou thématique, mais servent aussi à la cartographie. Selon le type d'usage, les besoins en terme de précision et de grain ne sont évidemment pas les mêmes. Dans le cas d'une analyse spatiale, la qualité attendue d'une base n'est pas uniquement fonction de la précision géométrique des données ou de l'échelle comme cela est le cas pour une carte papier.

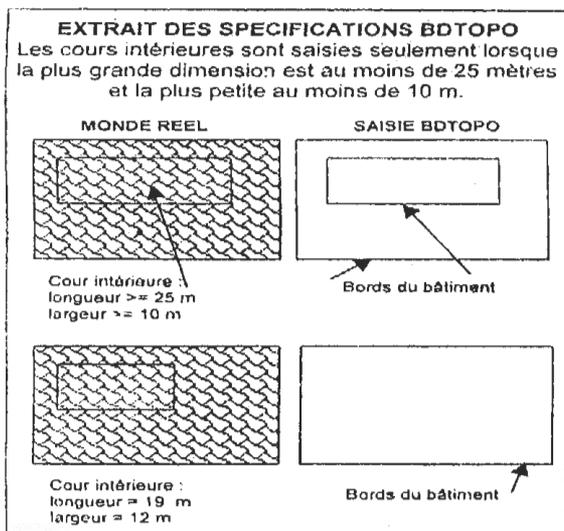


Figure 7 : extrait des spécifications BDTOP0

D'autres paramètres influent alors comme la structuration des données, l'exhaustivité, les spécifications, ou la cohérence. En particulier, les utilisateurs peuvent, pour certains usages, être plus sensibles à la cohérence géométrique entre couches d'information qu'à la précision réelle. Ainsi, quand on veut connaître les rivières bordant une commune, la cohérence géométrique entre la couche rivière et la couche de limite administrative est indispensable.

Une base de données issue d'une saisie topographique sera souvent plus adaptée à l'analyse. A l'inverse, pour des restitutions cartographiques, une base de données issue de la digitalisation d'une carte sera plus simple d'emploi, une part importante du travail d'écriture cartographique étant alors déjà réalisée.

L'échelle ou la précision :

La précision et le grain remplacent l'échelle :

Comme nous venons d'essayer de le montrer, la notion d'échelle n'a plus tout à fait la même signification quand elle fait référence à des données numériques.

Attribut indispensable d'une carte papier, elle permet d'en déduire une précision moyenne et d'avoir une bonne idée sur son contenu.

Pour une base de données numériques, c'est plutôt la précision des données et la connaissance du grain qui permettent d'en déduire une gamme d'échelles utilisable.

C'est bien la précision et le grain qui ont pris le pas sur l'échelle pour qualifier une base de données.

Par exemple, en annonçant une précision "décamétrique" pour la BDCARTO®, l'IGN donne un ordre de grandeur qui se situe autour de 10 à 40 mètres de précision sur chaque point. En tenant compte de la traditionnelle résolution graphique du 1:10^{ème} de mm, cette précision équivaut alors à une précision de restitution de cartes dont la gamme d'échelles la mieux adaptée est entre 1:50 000 et 1:200 000. Ces valeurs correspondent à la gamme d'échelles de travail couramment admise, c'est à dire celle où toute étude, toute analyse garde un sens cohérent avec la représentation et la généralisation des données.

Le grain est défini par les spécifications de contenu : en prenant l'exemple des tronçons de route, les sélections sur ces objets imposent des longueurs minimales de 200 m, c'est à dire 1 mm à l'échelle du 1: 200000 que l'on peut considérer comme une limite extrême pour la représentation graphique d'un objet linéaire.

A ces deux paramètres principaux que sont la précision et le grain, s'ajoute la connaissance de la technique de saisie utilisée. Il est clair que les bases de données issues de la numérisation de cartes papier auront une précision finale moins bonne et moins homogène qu'une base de données issue de levés topographiques ou photogrammétriques.

L'échelle de restitution :

Un autre aspect de la représentation des données est bien sûr l'impression sur papier et les multiples sorties

graphiques qui sont un aboutissement logique à tout travail sur ce type de données.

Contrairement aux habitudes "d'avant l'informatique" où l'échelle est fixe et ne peut prendre que certaines valeurs entérinées par l'usage et l'habitude, on voit apparaître avec l'informatique des échelles quelconques (16l:13500, 1:4 560...). En effet de nombreuses cartes éditées aujourd'hui à partir d'outils logiciel sont destinées à illustrer des rapports d'étude édités dans le format A4. Quelle que soit la taille terrain concernée, l'échelle prend alors des valeurs inhabituelles.

La qualité de ces impressions dépend de plusieurs paramètres, tels que la qualité de l'imprimante utilisée, de son format, du papier, de l'encre mais aussi des compétences de l'utilisateur en sémiologie graphique et de sa capacité à trouver la meilleure adéquation entre l'objectif à atteindre et les solutions logiciel et matériel dont il dispose. Ajoutons à cela que les logiciels actuels sont souvent très limités dans leur possibilité sémiologique.



Figure 8 : réseau routier de la ville de Brest au 1:200 000 issu de la BDCARTO® avec représentation des routes à deux traits

L'exemple figure 8 montre un extrait de la BDCARTO® avec une symbolisation très simple qui s'avère être totalement illisible dans les noyaux urbains à l'échelle du 1:200 000, échelle haute de la gamme d'échelles courantes de cette donnée.

Elle commence seulement à être lisible à l'échelle du 1 :50 000 (Figure 9).

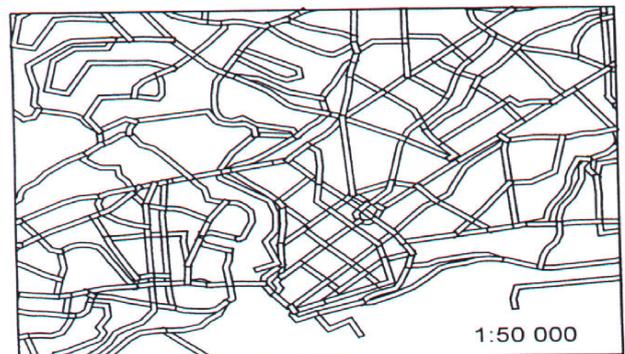


Figure 9 : réseau routier de la ville de Brest au 1:50 000 issu de la BDCARTO®

A propos du zoom

Le "zoom" est un outil particulièrement bien adapté au maniement des données numériques sur écran. Mais, en permettant de grossir indéfiniment l'échelle d'une représentation graphique, il devient dangereux, voire totalement inadapté, tant pour l'utilisateur que pour le producteur. En effet, on ne pourra jamais empêcher certains opérateurs de travailler à une échelle du 1: 1 000 avec des données dont la précision est de 10 mètres, ou de superposer des données du cadastre avec la BDCARTO®, même si cela n'a aucun sens.

Vu sous un angle producteur, cet effet de zoom peut se révéler également fort regrettable. Par exemple, dans le cas d'une saisie photogrammétrique, étant donnée l'excellente qualité des optiques utilisées, un zoom trop important sur les photographies peut amener l'opérateur à saisir une finesse de détails bien au delà des spécifications du produit.

Ceci peut se justifier pour un meilleur confort de travail (calage de fonds raster, duplication de la géométrie...). L'opérateur doit être conscient des limites d'une telle manipulation et les intégrer dans ses méthodes de travail.

Non homogénéité des bases :

Contrairement aux cartes papier, aucune contrainte intrinsèque d'homogénéité de la précision et du grain ne pèse sur les bases de données géographiques. En effet, l'ubiquité de l'informatique permet des mélanges de données de précisions différentes au sein d'un même produit.

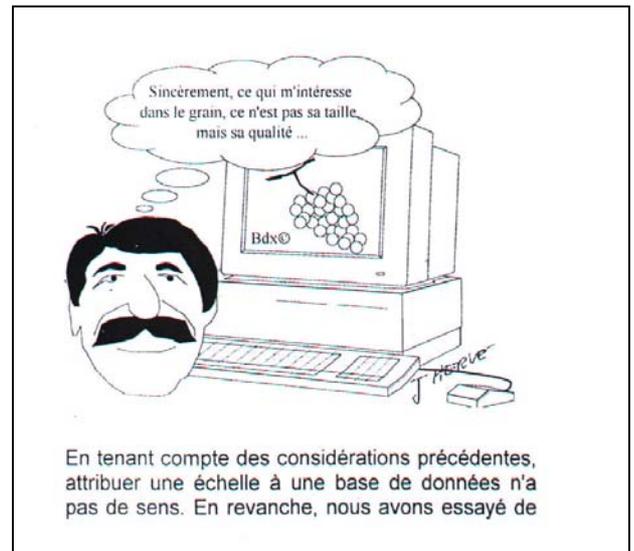
On a déjà vu que le grain, y compris au sein d'une même classe d'objet, pouvait prendre des valeurs variables. On peut citer aussi le cas de la BDTPOPO®, où les bâtiments comportent des détails de l'ordre du mètre, alors que les routes, quelle que soit leur largeur, sont représentées par un simple trait. Ces particularités de spécifications découlent du mode de recueil de l'information qui se fait à partir d'images photoaériennes et qui empêche de voir clairement les limites des chaussées. Ceci aboutit à généraliser des objets de plus de 7 mètres pour la classe route, alors que la base est annoncée comme métrique.

Le fait que dans une même base, on puisse trouver des classes d'objets ayant une précision et un grain fortement différent, n'est pas sans conséquence pour l'utilisateur final, Il lui faut prendre soin de bien analyser les spécifications détaillées d'une base, pour être capable d'en tirer le meilleur partie, et éviter des contre emplois.

Conclusion

Contrairement à la cartographie classique où une carte traditionnelle possède une échelle unique qui fixe à la fois son contenu, sa précision et sa représentation, la notion d'échelle liée à une base de données numériques devient plus complexe mais plus souple.

Tout d'abord, la nature même de ces données permet de les rendre indépendantes de leur représentation et d'offrir, ainsi, plus d'aisance au niveau des échelles utilisables. Cependant, les logiciels et matériels manipulant ces données, tout en assurant une bonne ergonomie, imposent certaines restrictions dues à leurs performances et à leurs limites physiques.



En tenant compte des considérations précédentes, attribuer une échelle à une base de données n'a pas de sens. En revanche, nous avons essayé de montrer que la description de la technique de saisie de cette base **et plus spécifiquement la connaissance de sa précision et de son grain**, informations parfois propres à chacune des classes d'objets qui la composent, permettent de mieux appréhender la qualité d'usage de ces données.

Enfin, en règle générale, la description d'une base de données géographiques, tant pour son contenu que pour son utilisation potentielle, est beaucoup plus complexe à percevoir et à spécifier qu'une carte papier et laisse l'utilisateur face à des critères de choix à reconstruire. Il y a donc encore beaucoup de travail pour affermir les réflexions actuelles, afin de mieux guider les utilisateurs.

Bibliographie :

- Des données localisées aux systèmes d'information géographique ; conseil aux services, METL, 1996
- Cohérence entre Corine Land Cover et la BDCARTO ; rapport d'étude, CERTU, 1997
- SIG et couches de polygones : le rôle du grain, C ETE Méditerranée, 1998
- Cartographie générale, tome 1, notions générales et principes d'élaboration. R. Cuenin, IGN, 1972
- Topographie, topométrie, R. d'Hollander, IGN, 1976
- La carte mode d'emploi, R. Brunet, Fayard/Reclus 1987.

SÉLECTION DE SITES DE GÉOGRAPHIE ET DE CARTOGRAPHIE SUR INTERNET

1. ANNUAIRES DE SITES GÉOGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES :

Oddens, site néerlandais contenant plus de 11000 liens thématiques [09/2000]
recherche par typologie et par niveau spatial
<http://oddens.geog.uu.nl/index.html>

About Geography, plus de 700 sites référencés [09/2000]
<http://geography.about.com/science/geography/msubmenu4.htm>

Bibliothèque interuniversitaire scientifique de Jussieu [09/2000]
<http://bleuet.bius.jussieu.fr/intgeol.html>

Universiteit Utrecht, liens régulièrement mis à jour [09/2000]
<http://www.frw.ruu.nl/nicegeo.html#general>

Université du Québec à Chicoutimi [09/2000]
http://www.uqac.quebec.ca/zoneo3/cartotheque/mond_car.htm

Adminet, moteur de recherches orienté en zones géographiques [09/2000]
<http://www.adminet.com/>

Geosource, Faculty of Geographical Sciences of Utrecht University [09/2000]
<http://www.library.uu.nl/geosource/cat1.html>

Hachette Encyclopédies, section Terre et espace, 5 grands thèmes:
agriculture, astronomie et espace, géographie physique, géographie régionale, géologie [09/2000]
<http://www.encyclopedies.hachette-multimedia.fr/cgi-bin/W3E/sites/theme?3>

La Toile des Toiles, annuaire international de Canadopedia, Toronto [09/2000]
<http://www.la-toile.com/>

Géographie.net, pour les amateurs de géographie [09/2000]
<http://www.chez.com/geographienet/>

2. CARTOTHÈQUES:

John R. Borchert Map Library, University of Minnesota [09/2000]
répertoire des cartothèques universitaires dans le monde
http://www-map.iib.umn.edu/map_libraries.html

Perry-Castañeda Library Map Collection, The University of Texas at Austin [09/2000]
http://www.lib.utexas.edu/Libs/PCL/Map_collection/Map_collection.html

Berkeley Library, University of California, cartothèque [09/2000]
<http://www.lib.berkeley.edu/EART/MapCollections.html>

Harvard Map Collection, Harvard College Library, Cambridge, Massachusetts [10/2000]
une des plus anciennes et des plus importantes cartothèques aux États-Unis
<http://www-hcl.harvard.edu/maps/>

Bodleian Library, University of Oxford, cartes anciennes [09/2000]
<http://www.bodley.ox.ac.uk/nmj/>

The University of Iowa, répertoire de cartes [09/2000]
http://www.cgrer.uiowa.edu/servers/servers_references.html#interact-general

Map and Geography Library, University of Illinois, Urbana-Champaign [11/2000]
<http://www.library.uiuc.edu/max/>

New York Public Library, catalogue des cartes et plans [10/2000]
<http://www.nypl.org/research/chss/map/map.html>

Université d'Ottawa, cartotheque [10/2000]
<http://www.uottawa.ca/library/map/>

Université du Québec à Laval, cartotheque [10/2000]
http://www.uqac.quebec.ca/zoneo3/cartotheque/site_000.htm

3. HISTOIRE DE LA CARTOGRAPHIE :

Histoire de la cartographie, site de Tony Campbell, directeur de la cartotheque de la British Library [09/2000]
<http://ihr.sas.ac.uk/maps/>

The History of Cartography, University of Wisconsin, Madison [11/2000]
présentation du projet des six volumes de la série Histoire de la cartographie
<http://feature.geography.wisc.edu/histcat/index.html>

The History of Mapmaking, Rice University, Texas [10/2000]
<http://math.rice.edu/~lanius/pres/map/maphis.html>

Latitude, histoire de la navigation et de la cartographie au XVI^e siècle [10/2000]
<http://www.ruf.rice.edu/~feegi/>

The development of Maps, Georgetown University, Washington DC, histoire de la cartographie [10/2000]
<http://cct.georgetown.edu/curriculum/505-98/students/connallbindex.html>

Basic Conceptions of Cartography and Geography in Antiquity , University of Toronto [11/2000]
The Making of the Map, John Halkidis
<http://library.scar.utoronto.ca/ClassicsC42/Halkidis/cartogeo.htm>

John R. Borchert Map Library, University of Minnesota, liste de liens [10/2000]
http://www-map.lib.umn.edu/history_of_cartography.html

Histoire des cartes routières, en France et en Europe, de 1890 à 1946, site de Pascal Pannetier [09/2000]
<http://www.citeweb.net/oldmaps/>

Cervera Centre, Historia de la cartografia [11/2000]
la cartographie de l'origine jusqu'à nos jours, grands explorateurs, noms illustres de la cartographie
<http://www.cerveracentre.com/finicial1.htm>

Bibliotheca Classica Selecta , bibliographie de géographie historique [10/2000]
<http://www.fusl.ac.be/Files/General/BCS/Geo.html>

Discoverers Web, index des explorateurs [10/2000]
<http://www.win.tue.nl/~engels/discovery/alpha.html>

4. CARTES HISTORIQUES :

Map Collections 1544-1999, Library of Congress, bibliothèque du Congrès de Washington [09/2000]
<http://lcweb2.loc.gov/ammem/gmdhtml/gmdhome.html>

Cartes anciennes, Bibliothèque nationale de France [10/2000]
http://www.bnf.fr/enluminures/themes/t_3/st_3_03/s303_001.htm

Atlas catalan, l'École cartographique majorcaine, Bibliothèque nationale de France [10/2000]
http://www.bnf.fr/enluminures/texte/atx2_07.htm

Britannia.com, cartes historiques de la Grande-Bretagne [09/2000]
<http://www.britannia.com/history/histmaps.html>

Collage, Guildhall Library, London [10/2000]
cartes anciennes de la ville de Londres, 371 documents cartographiques numérisés
<http://collage.nhil.com>

Cultural Maps, The University of Virginia [10/2000]
sélection de liens à propos de nombreux atlas historiques sur les États-Unis
http://xroads.virginia.edu/~MAP/map_hp.html

Early Modern Cartographic Resources on the World Wide Web, University of Colorado [10/2000]
<http://www.humanities.ualberta.ca/emls/04-2/sanfinte.htm>

Osshe Historical and Cultural Atlas Resource, Europe Map Archive, University of Oregon [10/2000] cartes historiques de l'Europe
<http://darkwing.uoregon.edu/~atlas/europe/maps.html>

Hargrett Library Rare Map Collection, The University of Georgia Libraries, Athens, Géorgie [10/2000]
<http://www.libs.uga.edu/darchive/hargrett/maps/maps.html>

The Yale Map Collection, Yale University Library, Connecticut [10/2000]
<http://www.library.yale.edu/MapColl/online.html>

Ancient Maps, Late medieval Maps, Renaissance Maps [11/2000]
collection de cartes anciennes et liste de liens, site de Henry Davis
<http://www.henry-davis.com/MAPS/carto.html>

Maps on line, University of Columbia, professeur Barry Bergdoll, 100 cartes de Paris datant du XVIIIe siècle [10/2000]
<http://www.columbia.edu/cu/arhistory/courses/parismaps/>

Federation of East European Family History Societies (FEEFHS), Salt Lake City, Utah [11/2000]
51 cartes extraites de " Comprehensive Atlas and Geography of the World " publié par Blackie and Sons en 1882 à Édimbourg, Écosse
<http://www.feefhs.org/maps/indexmap.html>

Museo della specola, Università di Bologna, Dipartimento di Astronomia [10/2000]
globes, cartes célestes et géographiques du XVe au XVIIe siècle
http://www.bo.astro.it/dip/Museum/english/index_15.html

Bibliotheek van de Universiteit van Amsterdam, cartes du XVIIe au XXe siècle [10/2000]
<http://www.uba.uva.nl/nl/collecties/kaarten/chrneuro.html>

Koninklijke Bibliotheek, bibliothèque nationale des Pays-Bas [10/2000]
images numérisées provenant d'atlas hollandais des XVIIe et XVIIIe siècles : Atlas van der Hagen, Atlas Beudeker
http://www.kb.nl/kb/resources/frameset_collecties-en.html

Historic Maps of Dutch Cartographers [11/2000]
cartes anciennes de Blaeu, Janssonius, Jacob Aertsz Colom, Braun et Hogenberg
<http://grid.let.rug.nl/~welling/maps/maps.html>

ABZU, Oriental Institute Research Archives, University of Chicago [11/2000]
http://www-oi.uchicago.edu/OI/DEPT/RA/ABZU/ABZU_SUBINDEX_MAPS.HTML

Atlas of the Baltic Sea by Aleksei Nagaev, 1757 [11/2000]
ensemble de cartes numérisées de la mer Baltique et des pays riverains
<http://www.karttaikkuna.fi/Russia>

Perseus Project, Tufts University, Boston, ressources pour l'étude de l'Antiquité [10/2000]
<http://www.perseus.tufts.edu/>

The Interactive Bible [10/2000]
17 cartes historiques en noir et blanc recouvrant les principaux événements bibliques de 2000 avant J.-C. jusqu'à aujourd'hui, nécessite le navigateur Netscape
<http://www.bible.ca/maps/>

5. ATLAS :

Atlas historique de l'Europe, de l'an 1 à l'an 1600 [09/2000]
<http://homer.span.ch/%7Espaw1241/atlasfr.htm>

Atlas historique du XXe siècle, Matthew White [10/2000]
<http://users.erols.com/mwhite28/20centry.htm>

Gheos World Atlas, Atlas du monde [10/2000]
<http://Gheos.com/atlas/index.htm>

The World Factbook 2000, Central Intelligence Agency (CIA) [09/2000]
<http://www.odci.gov/cia/publications/factbook/index.html>

Atlas national du Canada [09/2000]
<http://atlas.gc.ca/francais/>

The National Atlas of the United States [11/2000]
<http://www-atlas.usgs.gov>

Agricultural Atlas of the United States, 1997 [10/2000]
U.S. Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service
<http://www.nass.usda.gov/census/census97/atlas97/index.htm>

Digital Atlas of New York City, William A. Bowen [11/2000]
atlas thématique socio-économique de New York
<http://130.166.124.2/nypage1.html>

Digital Atlas of Washington DC and Vicinity, William A. Bowen [11/2000]
atlas thématique socio-économique de Washington DC
<http://130.166.124.2/dcp1.html>

WebAtlas from the National Atlas of Sweden [11/2000]
<http://www.sna.se/wehatlas/index.html>

Atlas Transmanche, projet multidisciplinaire franco-britannique [11/2000]
<http://anonyme:anonyme@infodoc.unicaen.fr/OhRAGE/atlas/Presentation/index.html>

The Altimetry Atlas, The Delft Institute for Earth-Oriented Space Research (DEOS), Atlas altimétrique [11/2000]
<http://www.deos.tudelft.nl/altim/atlas>

Arctic Oceanography Atlas, Climatic Atlas [10/2000]
<http://www.nnic.noaa.gov/atlas/html/maintoc.htm>

Atlas Caraïbes [09/2000]
<http://www-peda.ac-martinique.fr/OhRAGE/caraibes/Presentation/>

Atlas de l'île de Java [10/2000]
http://www.ggr.ulaval.ca/ATLAS_J/Java.html

Atlas of cyberspace, University College, London, Martin Dodge [09/2000]
<http://www.cybergeography.org/atlas/atlas.html>

6. CARTOGRAPHIE:

Cartography and the Internet, University of Nebraska-Omaha [11/2000]
article de Michael P. Peterson sur l'impact d'Internet en cartographie
<http://maps.unomaha.edu/NACIS/paper.himl>

Le monde des cartes, site helvétique [09/2000]
<http://www.maps.ethz.ch/maps3.html>

The Great Globe Gallery, cartes, globes et projections [09/2000]
<http://hum.amu.edu.pl/~zbow/glob/globl.htm>

National Geographic [09/2000]
<http://www.nationalgeographic.com/maps/index.html>

Organisation des Nations unies (ONU), Section cartographique [09/2000]
<http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm>

Université de Waterloo (Canada), matériel cartographique [09/2000]
<http://library.uwaterloo.ca/discipline/Cartography/cart.html>

Universilé de Berne, liens classés par types de ressources [10/2000]
<http://www.stub.unibe.ch/stub/ryhiner/wwwlinks.html>

Perry-Castañeda Library Map Collection, The University of Texas at Austin [10/2000]
ressources cartographiques : Gazetteers, distances, fuseaux horaires, projections, échelles,...
http://www.lib.utexas.edu/Libs/PCUMap_collection/Cartographic_reference.html

Geosystems, description de différentes projections [11/2000]
http://www.geosys.com/cgi-bin/genobject/mapskills_project/tigdd27

Hunter College, City of University of New York, systèmes de projection et liens [11/2000]
<http://everest.hunter.cuny.edu/mp/index.html>

The United Nations University International Network on Water, Environment and Health (UNUINWEH) [11/2000]
ressources cartographiques
<http://www.inweh.unu.edu/unuinweh/Mapdatabase/mapsfromaccess.htm>

Map Library, Kent State University, quelques liens brièvement commentés [11/2000]
<http://www.library.kent.edu/branches/map/index.html>

Terkepeszeti targyu linkek az Interneten, base de liens en cartographie, site hongrois [10/2000]
<http://lazarus.elte.hu/gb/linkek.htm>

Alexandria Digital Library Project, University of California, Santa Barbara [11/2000]
site de liens proposant des images de la Terre et de l'espace, de l'univers et des planètes, des continents, des cartes et des plans de capitales

<http://alexandria.sdc.ucsb.edu/other-sites/>

Stadskartan, cartes de la Suède par échelles emboîtées et zoom [10/2000]

<http://www.stadskartan.se/2000/>

Presidential Elections, 1860-1996, University of Virginia, Charlottesville [11/2000]

Inter-university Consortium for Political Social Research (ICPSR)

ensemble de cartes montrant la distribution des résultats des votes présidentiels aux États-Unis

<http://fisher.lib.virginia.edu/elections/maps/>

The Tibet map Institute, site de Claude André [10/2000]

<http://perso.wanadoo.fr/tibetmap/>

Interactive Ancient Mediterranean (IAM), cartes sur l'Antiquité [10/2000]

<http://iam.classics.unc.edu/>

The Map Store, Geography World & Maps.com [09/2000]

<http://members.aol.com/bowermanb/mapstore.html>

Mapquest, portail cartographique [10/2000]

<http://www.mapquest.com/>

Geomapping.com, portail de cartographie [10/2000]

<http://www.geomapping.com/>

Maps.com, The place for Maps Online [11/2000]

<http://www.maps.com/>

Graphic Maps.com, clipart and maps for web sites and business [11/2000]

http://www.graphicmaps.com/graphic_maps.html

Cartes et cliparts, site de J. Lemarchand [09/2000]

<http://johan.lemarchand.free.fr/index.htm>

Bazar cartographique ! [10/2000]

Université de Toulouse-Le Mirail, Atelier de cartographie du Département de géographie, Laurent Jegou

<http://www.univ-tlse2.fr/geoprdc/bazarcarto/>

7. AGENCES ET INSTITUTS DE CARTOGRAPHIE EN EUROPE :

Institut géographique national (IGN) [09/2000]

<http://www.ign.fr/>

Agence cartographique fédérale suisse, office fédéral de cartographie [10/2000]

<http://www.swisstopo.ch/fr/INDEX.htm>

Direction des services techniques de la Province de Luxembourg (Belgique) [10/2000]

<http://carto.Luxembourg.be/>

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) Association des agences cartographiques des Länder allemands [11/2000]

<http://www.adv-online.de/>

Ordnance Survey Britain's national mapping agency,

Agence nationale britannique de cartographie, Royaume-Uni [11/2000]

<http://www.ordsvy.gov.uk/home/index.html>

National Land Survey of Iceland, Islande [11/2000]
<http://www.lmi.is/lmi.nsf/pages/forsida>

National Land Survey of Finland (NLS), Agence cartographique de Finlande [11/2000]
http://www.nls.fi/index_e.html

LM Suède, Agence cartographique de Suède [11 /2000]
<http://www.lantmateriet.com/>

Instituto Português de Cartografia e Cadastro (IPCC), Portugal [11/2000]
<http://www.ipcc.pt/>

European Umbrella Organisation for Geographic Information (EUROGI) [11/2000]
Organisation européenne pour l'information géographique
<http://www.eurogi.org/>

Multipurpose European Ground Related Information Network (MEGRIN) [11 /2000]
réseau européen d'informations géographiques localisées, GIE des instituts cartographiques d'Europe
<http://www.megrin.org/>

The CERCO Mission, Comité européen des responsables de la cartographie officielle [11/2000]
<http://www.cerco.org/>

The CERCO Mission, liste et site des États membres et observateurs des instituts ou offices européens [11/2000]
http://www.cerco.org/OUR_MEMBERS/NMA_INFO/List_Members.html

8. GÉOMATIQUE, SIG :

Geocommunity [09/2000]
site des systèmes d'informations géographiques, répertoire des enseignements en SIG
<http://www.geocomm.com/>

Université de Nice-Sophia Antipolis, développement et soutien des enseignements en SIG [10/2000]
<http://www.unice.fr/geonet/menu.htm>

Université de Liège, recherche et enseignement de la géomatique en Belgique [10/2000]
<http://www.geo.ulg.ac.belindex2.htm>

Université du Québec à Laval, Centre de recherche en géomatique [10/2000]
<http://www.crg.ulaval.ca/fr/structure.htm/>

GIS ViViW Resource List, University of Edinburgh [10/2000]
<http://www.geo.ed.ac.uk/home/giswww.htm/>

Remote sensing and GIS Links, Utah State University, nombreux liens [11/2000]
<Http://www.nr.usu.edu/Geography-Department/hotlist.htm/>

Centre de développement de la géomatique, Canada [11 /2000]
<http://www.cdg.qc.ca/>

CERTU, centre géomatique du ministère de l'Équipement [10/2000]
http://www.certu.fr/sitcert/geomat/minis101/pg_home.htm

GIS Data Depot. Geocomm International Corporation [11/2000]
<http://www.gisdatadepot.com/data/catalog/>

Le portail géomatique [10/2000]
<http://geomatique.georezo.net/>

Geography Network, ponail de sites géographiques, très orienté producteurs de cartes par SIG, forums [10/2000]
<http://www.geographynetwork.com/>

The GIS Portal, portail sur les SIG [11/2000]
<http://www.gisponal.com/>

Geoplace.com, actualités géographiques à propos des SIG [11/2000]
<http://www.geoplace.com/>

9. DESKTOP MAPPING, Génération de cartes en direct :

The Xerox Parc Map Viewer, Xerox Corporation's, Palo Alto Research Center, créé en juin 1993 par Steve Putz, première carte interactive du monde sur Internet [10/2000]
<http://llmapweb.parc.xerox.com/map/color>

Online Map Creation, création de cartes en ligne [09/2000]
http://www.aquarius.geomar.de/omc/omc_intro.htm/

Sytadin, trafic routier de l'Ile-de-France en temps réel [09/2000]
<http://www.sytadin.tm.fr/>

Michelin, aide au voyage [09/2000]
<http://www.michelin-travel.com>

Maporama, canes et plans d'accès [09/2000]
<http://www.maporama.com/share/>

Planfax, plans et calculs d'itinéraires [09/2000]
<http://www.planfax.com/>

Map Machine, National Geographic [10/2000]
<http://plasma.nationalgeographic.com/mapmachinelindex.htm/>

Anicque.com, création de cartes thématiques en ligne [10/2000]
<http://www.makeyourmap.com/>

Atlas de l'immigration en France entre les deux guerres, Atelier Internet de l'ENS [11/2000]
<http://banhes.ens.fr/atlasclio/>

Socio Economic Data and Applications Center (SEDAC) [11/2000]
cartographie instantanée sur les États-Unis, grand nombre de variables sur les populations de chaque État fédéral et les comtés, nécessite le chargement de Java 2 ou Java 3
<http://plue.sedac.ciesin.org/plue/ddviewer>

10. TOPONYMIE :

Ministère de la Culture, toponymie française et européenne [09/2000]
<http://www.culture.fr/culture/dgIf/ressources/pays/pays.htm>

The Getty Thesaurus of Geographic Names browser [09/2000]
http://shiva.pub.getty.edu/gn_browser

Division francophone du GENUNG (Groupe d'experts des Nations unies pour les noms géographiques) [10/2000]
<http://www.toponymie.gouv.qc.ca/divfranco.htm>

GEonet Names Server (GNS), Defense Mapping Agency [10/2000]
répertoire toponymique des pays autres que les États-Unis, interrogeable par mot.- clé
<http://164.214.2.59/gns/htm//index.html>

Global Gazetteer, recherche d'un lieu à travers le monde à partir de son toponyme, 2 880 000 entrées [10/2000]
coordonnées géographiques, altitude, visualisation de la situation du lieu trouvé selon trois échelles et liens
<http://www.calle.com/world>

Canadian Place Names, base toponymique des noms géographiques canadiens [10/2000]
<http://GeoNames.NRCan.gc.ca/francais/Home.html>

U.S. Gazetteer, base toponymique des noms géographiques américains [10/2000]
<http://www.census.gov/cgi-bin/gazetteer>

11 . LEXIQUES ET GLOSSAIRES :

École nationale des sciences géographiques (ENSG), lexique [09/2000]
http://www.ensg.ign.fr/Lexique/Index_lexique.html

Sciences en ligne, glossaire [09/2000]
http://www.sciences-en-ligne.com/Frames_Dictionary.asp

Répertoire des sigles et acronymes en usage dans la francophonie [09/2000]
<http://www.francophonie.org/bief/siglacro.htm>

Institut français des relations internationales (IFRI), glossaire [09/2000]
http://www.ifri.org/F/Glossaire/Glossaire_1.htm

Fonds monétaire international (FMI), acronymes des organisations internationales [09/2000]
<http://www.imf.org/external/np/sec/decdolacronyms.htm>

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), Macrothésaurus [09/2000]
<http://infouibkacat/info/oecd-macroth/fr/search=field2?query=oecd.01.03.03>

University of Berkeley, abréviations utilisées en géographie [10/2000]
<http://www.lib.berkeley.edu/EARTlababbrev.html>

12. PHOTOGRAPHIES ET PAYSAGES :

Jeulin, photothèque en sciences de la terre [09/2000]
<http://www.jeulin.fr/Phototheque.html>

Geomantics, modélisation de paysages, site écossais [10/2000]
<http://www.geomantics.com/>

Université de Montréal , lecture des formes du paysage, cours de B. Lafargue [10/2000]
http://www.apa.umontreal.ca/lafargue/Cours/Apal_501/1501_hm//apa1501.Htm

La science du paysage, études de cas et méthode, par Jean-François Richard de l'IRD [10/2000]
<http://perso.wanadoo.fr/paysage/index.htm>

Banque d'images et de scénarios pédagogiques (BIPS), site franco.québécois [10/2000]
plus de 3 400 images disponibles
<http://195.221.249.115/bipsite/index2.htm>

Regolith.com, 2 000 images documentées sur les paysages, le ciel, les roches et l'environnement [11/2000]
<http://dspace.dial.pipex.com/justdesign/home.htm/>

Travel pictures, images du monde [11/2000]
<http://www.jtutor.clara.net/viajes.htm>

13. IMAGES SATELLITALES :

Spot Image [10/2000]

<http://www.spotimage.fr/spot.fr.htm>

European Spatial Agency (ESA), Agence spatiale européenne, galerie d'images [10/2000]

<http://www.esa.int/gallery/pag0.htm/>

Meteosat [09/2000]

<http://www.nottingham.ac.uk/meteosat/>

Images de satellites météorologiques [09/2000]

<http://www.chez.com/satellites/fr/index2.htm/>

ITC, Satellite Images and Data Sets, Pays-Bas [10/2000]

liens des images disponibles par organisation ou par grande zone géographique

<http://www.itc.nl/~bakker/satellite.htm/>

National Imagery and Mapping Agency (NIMA) [09/2000]

<http://164.214.2.59/>

Terraserver, banque de données d'images satellitales de Microsoft Corporation [10/2000]

<http://www.terraserver.com/>

National Aeronautics and Space Administration (NASA), images de télédétection [10/2000]

<http://rsd.gsfc.nasa.gov/rsd/>

Earth from Space, site de la NASA [10/2000]

les grandes villes du monde vues par satellite, avec commentaires

<http://earth.jsc.nasa.gov/city.htm/>

Radarsat, premier satellite canadien d'observation de la Terre [11/2000]

http://www.space.gc.ca/csa_sectors/earth_environment/radarsat/default_f.asp

Eros Data Center, USGS, images de la terre [11/2000]

<http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac.htm/>

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) [09/2000]

<http://www.noaa.gov/>

The Global Land One-km Base Elevation (GLOBE) Project, National Geophysical Data Center (NGDC) [11/2000]
galerie d'images des reliefs des continents

<http://www.ngdc.noaa.gov/seg/topo/globegal.shtm/>

The Space Science and Engineering Center (SSEC) [11/2000]

site d'images satellitales du SSEC renouvelées quotidiennement

<http://www.ssec.wisc.edu/datalindex.htm/>

Center of Earth Observation (CEO) [11/2000]

centre commun de recherche de l'Union européenne orienté sur l'observation de la Terre

<http://www.ceo.org/docs.htm/>

Oceanography from the Space Shuttle, NASA, vues prises de la navette spatiale [11/2000]

http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN_DOCS/OCDST/shuttle_oceanography_web/oss_contents.htm/

Edusat, université de Liège, apprentissage aux images satellitales [11/2000]

http://www.geo.ulg.ac.be/edusat/main_page2.htm

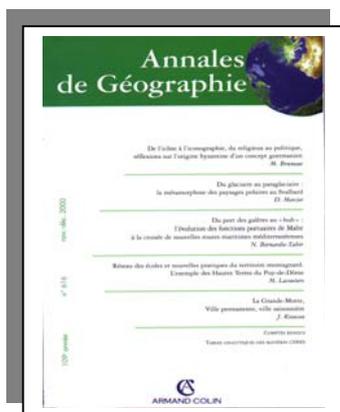
Vues de la terre et de la lune, site helvétique [09/2000]

<http://www.fourmilab.ch/earthview/>



*

Comme son nom l'indique " la rubrique revue des revues " est un espace informatif, qui constitue une ouverture sur le monde des idées scientifiques, les thèmes scientifiques et techniques d'actualité . Sous une forme très condensée, un choix de résumés des articles parus dans différentes revues vous permettra sûrement d'enrichir vos connaissances, et d'acquérir des informations les plus récentes dans le domaine ...



Dans le numéro 616 et 617 de la revue **Annales de Géographie** de nov-déc 2000 et janv-fev les thèmes suivants ont été abordés :

L'utilisation de la végétation comme bio-indicateur de la pollution fluorée dans la région de Sétif (Algérie)

The utilization of vegetation as a biological indicator of fluorine pollution in the Sétif region of Algeria

Mustapha Kebiche

Professeur à l'Université de Moncton, Département de Géographie et Histoire, Canada

Faycal Adjal

Université de Sétif (Algérie), Institut de Biologie, Département d'Écologie et Environnement

Chaouki Benabid

Université de Sétif (Algérie), Institut de Biologie, Département d'Écologie et Environnement

...La région de Sétif a acquis la réputation, à notre sens surfaite, d'être peu polluée. Une étude récente, portant sur la qualité des eaux de l'oued Boussemam (Kebiche, 1999), a cependant révélé des indices certains de pollution chimique, et surtout organique. La présente étude met en évidence une autre forme de pollution, de nature atmosphérique et d'origine fluorée, dont les effets sont de plus en plus visibles. Celle-ci se présente dans un contexte climatique défavorable très caractéristique du climat méditerranéen. En effet, l'absence de précipitations en été conjuguée à de fortes températures, favorise la concentration des polluants et accroît le risque d'épidémies. Curieusement, le fluor est peu cité parmi les polluants d'origine industrielle. Pourtant, ses effets sur les écosystèmes sont loin d'être négligeables.

Les nombreuses études menées en France, mais aussi dans les pays de l'Europe de l'Est, ont montré que les conséquences d'un excès de fluor sont aussi variées que graves...

**Du port des galères au «hub» :
l'évolution des fonctions portuaires
de Malte à la croisée de nouvelles routes
maritimes méditerranéennes**

**From the naval arsenal of the
Knights to «hub»:
the evolution of Maltese port functions at the
cross-roads of new maritime routes in the
Mediterranean**

Nathalie Bernardie-Tahir

Maître de Conférence, Université du Limoges

...L'activité portuaire a très longtemps constitué une des activités phares de l'archipel maltais, disposant d'un remarquable complexe de rades en eaux profondes et bénéficiant d'autre part d'une situation géographique exceptionnelle, au cœur de la Méditerranée et à la croisée des grandes routes maritimes.

Toutefois, à l'heure de la mondialisation et de l'intensification des échanges maritimes, les fonctions portuaires de cette île ont considérablement évolué, dans le cadre d'une Méditerranée elle-même en proie à de profondes mutations économiques et géopolitiques. Du port des galères au « hub » en passant par les multiples aléas des chantiers navals, l'évolution des fonctions portuaires de Malte traduit l'adaptation difficile mais incontournable d'une micro-économie insulaire à la nouvelle donne du commerce international...

**La Grande-Motte,
Ville permanente, ville saisonnière**

**La Grande-Motte,
a town for all seasons and summertime resort**

Jean Rieucan

Maître de conférences habilité, Université
Montpellier-III

...La station touristique de la Grande-Motte est édifée ex nihilo à partir de 1966 dans le cadre de l'aménagement touristique du littoral du Languedoc-Roussillon par l'état. Jusque dans les années 1980, elle s'organise sous la forme d'une station touristique littorale à deux composantes urbaines, combinant un port de plaisance et un ensemble résidentiel. Aujourd'hui, ce lieu touristique évolue vers une structure de ville-station littorale double. Une « ville permanente », réunissant des quartiers différenciés, cohabite avec une «ville saisonnière», sur laquelle elle tend à déborder. Un axe discontinu de dissociation-réassociation urbaine sépare les deux composantes de la ville. Une société complexe s'élabore depuis trente ans, marquée par le poids croissant des populations permanentes, la progression des retraités. Ces deux groupes de populations côtoient les usagers permanents du littoral pour les loisirs, les villégiateurs hivernaux en progression, les résidents secondaires les fins de semaines et pendant les vacances scolaires, enfin, les touristes estivaux...

**De l'icône à l'iconographie, du religieux
au politique, réflexions sur l'origine
byzantine d'un concept gottmanien**

**From icon to iconography, from the religious
to the politic, reflections on the Byzantine origin
of a Gottmanian concept**

Michel Bruno

CNRS-TIDE, Bordeaux

...Le concept d'iconographie proposé par J.Gottmann en 1951 a rencontré un accueil si réservé auprès de la communauté scientifique internationale, majoritairement de culture occidentale, qu'il a lui-même été amené à l'abandonner dans ses publications des années 1970-80. Ce rejet puis ce retour très récent, en grande partie à l'initiative de G. Prévélakis, a sans doute quelque chose à voir avec l'enracinement de ce concept dans la culture de l'Europe orientale issue de la civilisation byzantine.

J. Gottmann a été dans son enfance et sa jeunesse imprégné par la culture russe. Il nous a donc, semblé intéressant de nous pencher sur l'origine byzantine du concept à travers les icônes et leur statut religieux mais aussi très largement politique, d'autant plus que les recherches philosophiques de M.-J. Mondzain publiées récemment ont défriché le sujet. Remis dans ce contexte le concept d'iconographie retrouve toute sa force. Il nous a semblé également intéressant de l'appliquer à un exemple tout à fait caricatural celui d'un peuple issu directement de la tradition byzantine, les Grecs pontiques. Ce cas permet d'analyser le passage de l'icône à l'iconographie au sens de Gottmann, de voir comment se constitue une iconographie dans ses dimensions religieuses d'abord, puis politiques et culturelles, et comment celle-ci a besoin de hauts lieux ou de lieux de mémoire pour se constituer et s'exprimer chez un peuple qui vit en diaspora...

**Du glaciaire au para glaciaire
la métamorphose des paysages
polaires au Svalbard**

**From glacial to Para glacial:
the metamorphosis of polar landscapes in Svalbard**

Denis Mercier

UFR de (Géographie, Université de Paris Sorbonne

...Les milieux polaires de Faciès maritime, comme le Svalbard, enregistrent avec une forte acuité les changements climatiques contemporains. Dans ce contexte de réchauffement, les glaciers de vallée reculent et libèrent des volumes d'eau considérables. Ainsi, les dynamiques d'érosion glaciaire s'effacent au profit de dynamiques para glaciaires, animées par la libération de l'eau à l'état liquide remobilisant des stocks sédimentaires hérités. Cette période, transitoire dans l'histoire des milieux englacés, correspond à la situation observée au Svalbard, où est évalué le rôle respectif des systèmes d'érosion glaciaire, périglaciaire et para glaciaire. Dans ce contexte particulièrement favorable, postérieur au Petit âge glaciaire, l'observation des moraines, des plaines intra morainiques, des sandurs et des versants du Svalbard, montre très clairement que les dynamiques para glaciaires l'emportent aujourd'hui...

**Réseau des écoles et nouvelles pratiques
du territoire montagnard.**

**L'exemple des Hautes Terres du
Puy-de-Dôme**

**School network and new ways of life
in mountain areas. The Puy-de-Dôme highlands
as a case study**

Madelienne Lacouture

Professeur à l'IUFM d'Auvergne - CERAMAC

...Très ébranlée au tournant des années soixante-dix par l'évolution du système éducatif et par la crise démographique, la carte scolaire des Hautes Terres du Puy-de-Dôme n'a pas trouvé un nouvel équilibre, malgré les remédiations successives effectuées rentrée après rentrée. Pris dans un maillage communal, voire infra communal, très serré, le système s'est rénové plutôt que restructuré. L'école montagnarde se situe dans un espace flou, désormais très mobilisé, où « classes uniques » et petites structures des villages-centres s'interrogent sur leur rôle territorial. L'écart entre le dispositif en place et la réalité démographique que confirme le RGP de 1999, tend encore à s'aggraver sur une partie du territoire où le tissu scolaire se révèle très fragile...

**les thèmes suivants ont été
abordés Dans le numéro 10
de la revue
GEO OBSERVATEUR
paru en dec 2000**

**Cartographie de l'évolution du tissu urbain et
évaluation de l'impact de l'urbanisation sur les
terres agricoles**

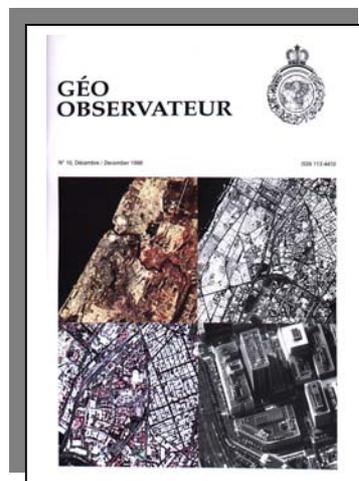
H. ANYS, M. AIT BELAID et N. BIJABER
Centre Royal de Télédétection Spatiale, CRTS,
Rabat, Maroc.

M. WAKRIM
Administration du Génie Rural, AGR, Rabat, Maroc

...La présente étude a pour objectifs l'utilisation de la télédétection et des Systèmes d'information Géographique (SIG) pour l'établissement des cartes d'évolution du bâti et la détermination de l'incidence de l'urbanisation sur les terres agricoles. Elle s'étale sur les trois dernières décennies 70, 80 et 90 et concerne trois villes pour lesquelles l'élaboration des Schémas Directeurs d'Aménagement Urbain (SDAU) est en cours :

BéniMellal, Khémisset et Ksar El Kébir.

La méthodologie adoptée est basée sur l'utilisation des images panchromatiques Spot pour les décennies 80 et 90 et les documents cartographiques disponibles pour la décennie 70. Une fois la photo-interprétation des images ainsi que la numérisation des documents cartographiques terminées, et grâce aux possibilités offertes par le SIG, des cartes d'occupation du sol et d'évolution du bâti ont été établies à l'échelle 1/50.000 pour chacune des trois zones ainsi que les inventaires statistiques sous forme de base de données permettant d'évaluer l'incidence de l'urbanisation sur les terres agricoles. Les résultats montrent que les trois zones d'étude ont connu une extension de leurs zones bâties allant de 160% à 340% entre les décennies 70 et 90. Ces extensions se sont opérées principalement au détriment des terres de culture en bour, des parcours et incultes, des plantations fruitières et des forêts. Ces résultats, tant cartographiques que statistiques, sont un bon outil d'aide à la décision dans le domaine de la protection des terres agricoles et de l'aménagement urbain et péri-urbain. En effet, ils offrent un diagnostic exhaustif de l'état des lieux pour chacune des dates considérées d'une part, et établissent les tendances évolutives dans le temps de chaque classe thématique considérée d'autre part. De plus, le coût de cette étude (180 dirhams par km²) ainsi que la durée de sa réalisation (8 mois) faciliteront à la méthodologie adoptée de compléter, voire se substituer, aux méthodes conventionnelles...



**A model for thermal inertia
estimation from NOAA satellites :
Application to the Iberian
Peninsula and Morocco**

J. A. SOBRINO and M.H. EL KHARRAZ
Global Change Unit, Department of
Thermodynamics,
University of Valencia, Spain.

...Cet article présente un nouvel algorithme de calcul de l'inertie thermique de la surface à partir des données NOAA-AVHRR.

Le principal avantage c'est qu'il utilise uniquement les données du satellite sans tenir compte de la valeur de l'émissivité effective de la surface et le contenu total en vapeur d'eau de l'atmosphère. L'algorithme a été testé avec un ensemble de données mesurées in situ prises sur une région du Niger dans le cadre de l'expérience HAPEX-Sahel.

Les résultats indiquent que pour 90% des cas la différence absolue entre les températures de surface prédites et mesurées est inférieure à 2°K, avec une déviation standard de 1.5°K qui s'améliore à 1°K quand on prédit les températures de la surface maximale et minimale.

L'algorithme prédit aussi leurs temps respectifs avec une déviation standard de moins de 30 min ce qui peut être utile pour prévoir le gel pendant les nuits de refroidissement radiative.

Finalement, une méthodologie a été développée et puis appliquée pour produire deux cartes d'inertie thermique sur la Péninsule Ibérique et une grande partie du Maroc. Les valeurs de l'inertie thermique obtenues sont conformes aux propriétés connues de ces zones...

**Etude géomorphologique de Jebilet (Maroc),
basée sur l'analyse des images satellitales
SPOT XS
et le modèle numérique de terrain**

R. FARAZDAO, et Y. QUETE
Université de Rennes , CNRS, Rennes.

CL. LE CORRE
Université de Bretagne-sud, CNRS, Vannes.

...Cette étude est destinée à évaluer l'intérêt géomorphologique des Jebilet (Maroc Hercynien) en se basant sur des données satellitales SPOT XS associées à la topographie numérisée (MNT). Le massif des Jebilet est choisi comme exemple à cause de sa diversité lithologique et structurale. Nous présentons ici les résultats d'une étude cartographique, où diverses procédures d'améliorations d'image ont été utilisées (filtrages, compositions colorées standard, texture d'image, transformations, rugosité spectrale, classification, rapports de canaux, ...). On retient le résultat des indices Brillance, Végétation et Couleur. Le Modèle Numérique de Terrain (MNT), réalisé par digitalisation de cartes topographiques au 1/50 000 a permis une nouvelle vue morphologique de la région des Jebilet. L'intégration du MNT aux données SPOT XS dérivées a permis de restituer la structure régionale des Jebilet, et de créer un modèle géomorphologique de la région...

**Spectral characteristics of soils and soil
conditions in agricultural lands of
the Sais plateau**

M. NAIMI
Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, IAV,
Rabat, Maroc.

P.C. ROBERT
University of Minnesota, Saint Paul, LISA.

...Des données spectroradiométriques ont été acquises pour caractériser les sols et leurs états de surface dans les terrains agricoles du plateau de Sais. Les résultats ont montré que les différences de réflectance spectrale étaient insignifiantes pour discriminer les différents types de sols. Un comportement spectral similaire et une variation faible d'amplitude entre courbes spectrales des sols est saillant. En plus les facteurs intrinsèques du sol apparaissent être significatifs dans l'explication de la variabilité de la réflectance. Ce pendant, seuls les sables et les argiles, les carbonates, la CEC, les oxydes de fer et la matière organique peuvent être prédits. Les facteurs extrinsèques, comme l'état de labour, les résidus de cultures et la charge caillouteuse en surface ont influencé substantiellement la réflectance...

**Analysis of land use and simulation
of soil erosion
with GIS for the Semi-Arid region
of Morocco**

F. CHEN, E. T. KANEMASU and
L. T. WEST
University of Georgia, USA.

F. RACHIDI
Ecole Nationale d'Agriculture, Meknès,
Morocco.

...Dans la plupart des cas la déforestation augmente l'érosion des sols. Des modèles permettant l'estimation des pertes en sols, tel que l'Equation Universelle de l'Erosion des Sols (USLE), ont été largement acceptés en tant qu'instrument efficace dans la planification des programmes de conservation de l'eau et des sols. L'application de tels modèles à grande échelle est limitée à cause de leur inhabilité à supporter de larges quantités de données qui décrivent l'hétérogénéité des systèmes naturels et le manque de fonctions graphiques qui pourraient montrer et analyser leurs résultats. Les systèmes d'Informations Géographiques (SIG) permettent de surmonter ces problèmes dans la simulation de l'érosion des sols en intégrant les SIG avec les modèles de pertes en sols.

Dans cette étude, l'équation universelle modifiée des pertes en sol a été intégrée dans le SIG ARC/INFO. Ce modèle intégré a été utilisé pour simuler les pertes en sol pour un bassin versant de 1.000Km² de superficie situé dans la chaîne Rifaine du Nord du Maroc. Les résultats ont montré que l'utilisation des sols est très compliquée et a subi des changements remarquables. L'érosion du sol dans le bassin versant a été très sévère et presque un tiers de la superficie du bassin a un taux de pertes en sol supérieur à 60 tonnes par hectare et par an. La moyenne enregistrée, pour ce bassin, a été supérieure à 50 tonnes par hectare et par an. Cette moyenne a subi une légère augmentation entre 1966 et 1995...

Remotely sensed classification of land use/cover by integrating GIS for the Oued Laou Watershed Morocco

*F. CHEN, E. T. KANEMASU and
L. T. WEST*

University of Georgia, USA.

F. RACHIDI

Ecole Nationale d'Agriculture, Meknès, Morocco.

...Une image SPOT multi-spectrale couvrant le Nord du Maroc a été utilisée pour la classification de l'occupation / l'utilisation du sol, en intégrant des informations issues d'un système d'information géographique (SIG) et de photos aériennes. Une classification supervisée, basée sur des méthodes statistiques, a été entreprise en s'aidant des signatures spectrales des différents types d'occupation. Ces signatures spectrales ont été sélectionnées en se basant sur des prospections de terrain, des photos aériennes et des données de SIG. Les données SIG et les différentes opérations spatiales entreprises ont été intégrées dans la classification afin d'améliorer la classification finale. Des données de système de positionnement satellitaire (GPS) ont aussi été utilisées afin de vérifier et de compléter les résultats de la classification en utilisant des programmes qui ont été développés pour cette fin. Ces programmes ont trois objectifs, notamment l'extraction des données à partir des SIG en se basant sur les vérités de terrain, l'intégration des données extraites dans le traitement de l'image et la combinaison des résultats des différents stages de classification dans la carte finale d'utilisation...

Evaluation de l'indice de la qualité des sols en zones irriguées : cas des Doukkala

M. RAHOU

Université Mohamed V, Faculté des Sciences,
Rabat, Maroc.

B. SOUDI

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II,
Rabat, Maroc.

D. EL HADANI

Centre Royal de Télédétection Spatiale, CRTS,
Rabat, Maroc.

M. BENZAKOUR

Université Mohamed V, Faculté des Sciences,
Rabat, Maroc.

...L'intensification et la non rationalisation des pratiques agricoles sont à l'origine de nombreux processus de dégradation de la qualité des sols qui risquent de limiter, de manière significative, leur productivité. Les processus de dégradation les plus communs dans ces zones sont : la salinisation, la sodification, l'appauvrissement en matière organique, la compaction et la détérioration de la stabilité structurale. La présente étude a concerné le diagnostic de l'état de la qualité des sols des Doukkala. L'approche adoptée consiste en l'évaluation de l'indice de la Qualité inhérente du Sol (QIS) qui classe les sols en fonction de quatre éléments déterminant leur aptitude à la production végétale : l'infiltration du sol, la rétention des éléments nutritifs, l'environnement physique des racines et l'environnement chimique des racines. La superposition thématique de ces paramètres du QIS dans un Système d'information Géographique (SIG) nous a permis de déterminer plusieurs classes de qualité des sols selon le risque de dégradation et selon les besoins de surveillance et de réhabilitation, tout en permettant des comparaisons inter-régionales...

Relations entre la rétrodiffusion radar et certaines propriétés de surface du sol dans le Gharb

M. NAIMI, I. KERKEB

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, IAV, Rabat, Maroc.

M. MERDAS

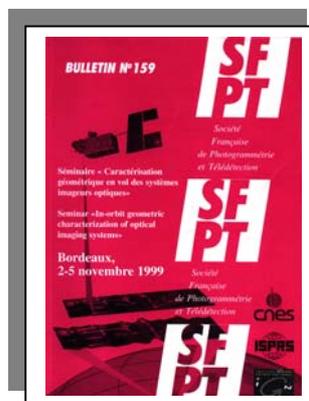
Centre Royal de Télédétection Spatiale, CRTS, Rabat, Maroc.

...Ce travail a pour objectif d'étudier les relations entre le coefficient de rétro diffusion radar ERS-1 σ° , l'humidité du sol donnée par différentes expressions et la rugosité de surface pour deux occupations du sol dans la plaine du Gharb.

Les relations entre σ° , l'humidité et la rugosité de surface du sol ont été étudiées en s'appuyant sur les modèles de régressions.

La régression simple entre σ° et la teneur en eau était significative lorsque l'humidité a été exprimée comme une fraction de l'humidité à la capacité au champs pour les parcelles de canne à sucre, de sol nu- l'ensemble sol nu - tournesol. En effet le coefficient de détermination R^2 est respectivement 0.60**, 0.88** et 0.85**. Quand σ° a été reliée aux paramètres de rugosité, R^2 était 0.51* pour les parcelles de canne à sucre et 0.61* quand la variable $1/S^2$ était utilisé. Le Coefficient de régression multiple R^2 était 0.49* pour les parcelles de canne à sucre et 0.73* pour le sol nu. L'utilisation des variables transformées a amélioré les relations...

Dans le numéro 159 du
bulletin Société Française de
Photogrammétrie et
Télédétection paru en mars
2000, les thèmes suivants ont
été abordés :



**CARACTERISATION EN VOL DE LA
QUALITE GEOMETRIQUE DES IMAGES
SPOT :**
**ILLUSTRATION PAR LA RECETTE
EN VOL SPOT 4**

Eric BRETON
CNES

18 Avenue Edouard Belin
31055 Toulouse Cedex 4 France
Eric.Breton @cnes.fr

...La phase de conception des instruments est guidée par des spécifications de performances de qualité image liées à la mission confiée au satellite SPOT. La tenue de ces spécifications est vérifiée tout au long des phases de conception et de réalisation de l'instrument. La recette en vol de la qualité des images SPOT a pour objectifs l'affinage du modèle de prise de vue et l'estimation des performances de qualité image. Ce contrôle permet d'appréhender les mesures de performances sous leur forme globale et non plus sous la forme de bilans analytiques faisant la synthèse de l'impact de sous-postes. Les deux premiers mois de l'exploitation en vol du satellite sont donc dédiés à cette activité. Les méthodes qui sont exploitées sont présentées dans ce document. Elles sont le fruit d'une expérience d'exploitation de données issues de quatre satellites. Les illustrations présentées ont été obtenues à l'occasion du lancement de SPOT4 en mars 98. On présente les méthodes d'étalonnage du modèle de prise de vue, de mesures de performances telle que la localisation sur image, l'altération des longueurs, l'impact des perturbations dynamiques générées sur la plate-forme. Les limites atteintes par les méthodes utilisées, les problèmes posés par la recette en vol de la qualité image SPOT 5 sont également abordés...

**STANDARDIZATION OF PARAMETERS
RELATED TO GEOMETRIC
MODELING OF SPACEBORNE
LINESCANNER IMAGERY**

Pradeep K. SRIVASTAVA, Srinivasan T.P.

Satellite Photogrammetry and Digital Cartography
Division, Space Applications Centre (ISRO)
Ahmedabad-380053, India

...La correction géométrique des images-satellites s'effectue à l'aide de quelques points d'appui au sol et des mesures correspondantes sur l'image. On utilise en outre quelques données auxiliaires (capteur stellaire, gyros,...) que l'utilisateur a besoin de bien maîtriser pour bien les insérer dans ses corrections géométriques. On s'est aperçu lors des manipulations des images brutes de IRS-1C et IRS-1D qu'un certain nombre de paramètres relatifs à la modélisation géométrique étaient interprétés différemment par diverses agences spatiales et par les utilisateurs finaux. On en a déduit qu'il fallait normaliser des paramètres tels que la date d'acquisition de l'image, la définition des alignements des capteurs, la précision de mesure des angles d'alignement, la description des systèmes de coordonnées utilisés et la géométrie de la caméra.

La normalisation des paramètres de modélisation géométrique des capteurs optiques permettra également d'utiliser, en sens inverse, les besoins des utilisateurs en qualité géométrique pour en déduire les spécifications correspondantes sur l'étalonnage géométrique au sol et en orbite dans des missions de télédétection...

**INFLUENCE DE LA QUALITE DE L'ETALONNAGE GEOMETRIQUE
SUR LA QUALITE DES PRODUITS A VALEUR AJOUTEE**

*Patrick GIGORD, Jean-Philippe CANTOU, Anne-Claire de GAUJAC,
Jean-Paul SEMPERE, Véronique RUDOWSKI, IGN Espace*

Parc Technologique du canal, 24 rue Hermès 31527 Ramonville Cedex

...La valeur ajoutée géométrique consiste à assurer un géoréférencement d'images à la précision nécessaire à l'utilisateur, typiquement un pixel image. L'étalonnage géométrique permet non seulement d'affiner la précision de localisation brute mais donne des indications sur la typologie des erreurs résiduelles et donc sur l'indispensable recalage a posteriori. Les méthodes de modélisation par spatiotriangulation, améliorant la localisation brute grâce à des données d'appui exogènes, se sont révélées incontournables, tant pour l'assurance qualité du produit final (ortho-image ou MNT) que pour le suivi de la qualité image géométrique...

GEOMETRIC MODELLING OF IMAGERY FROM THE MSU-SK CONICAL SCANNER

Torbjörn WESTIN

SpaceMetric AB - Tingsv. 19 - SE 19161
Sollentuna - Suède

Tel : 46 8 350620 - Email tw@spacemetric.se

...Cet article décrit la mise en œuvre d'une méthode de correction géométrique des images acquises par l'instrument MSU-SK sur le satellite Resurs-01. Cet instrument russe est unique sous plusieurs aspects ; notamment son mécanisme de balayage conique et sa résolution de 160 m pour les moyennes échelles. La méthode de correction repose sur un modèle rigoureux d'attitude orbitale. Les résultats des essais effectués sur l'instrument confirment la possibilité d'orthorectifier les scènes MSU-SK avec une précision de _ pixel...

APPORT DE LA SPATIO.TRIANGULATION POUR LA CARACTERISATION DE LA QUALITE IMAGE GEOMETRIQUE

Philippe CAMPAGNE

CNES/ 18 avenue Edouard Belin31044 Toulouse

...La caractérisation de la Qualité Image Géométrique des satellites d'observation optique de la famille SPOT repose en partie sur l'utilisation de points d'appui sur les images. Les étalonnages et bilans de performances qui en découlent sont influencés par la qualité de l'équipement cartographique des sites utilisés pour l'acquisition de ces images. Le CNES a donc étudié le potentiel de la spatio-triangulation, ou triangulation de blocs d'images spatiales, pour cette caractérisation. L'impact des imprécisions cartographiques dépend bien évidemment des niveaux relatifs des performances réelles du système à caractériser et des erreurs cartographiques. L'adéquation de la spatio au contexte QIG est illustrée au travers de son application à la caractérisation de certains paramètres...

GEOMETRIC INFLIGHT CALIBRATION BY BLOCK ADJUSTMENT USING MOMS-2P 3-LINE-IMAGERY OF THREE INTERSECTING STEREO-STRIPS

Wolfgang KORNUS, Manfred LEHNER, Manfred SCHROEDER

Institute for Remote Sensing Technology, D-82230 Wessling , Germany
e-mail: Wolfgang Komus@dir.de , Manfred Lehner@dir.de, Manfred Schroeder@dir.de

...Le scanner allemand MOMS-2P (Modular Optoelectronic Multi-spectral Stereoscanner) se trouve à bord du module de télédétection PRIRODA de la station spatiale russe MIR depuis mai 1996. il fournit de l'imagerie stéréoscopique le long de la trace grâce à un jeu de trois optiques orientées en rapport. Après une longue interruption en 1997 par suite de la collision de MIR avec un cargo spatial PROGRESS, son fonctionnement a repris en janvier 1998 jusqu'en août 1999.

on décrit dans cet article l'étalonnage géométrique en vol et l'orientation simultanée des capteurs par le procédé photogrammétrique de compensation de bloc en utilisant les images de trois bandes T083C, T08C5 et TOBFE, sur le sud de l'Allemagne, et qui se recoupent. C'est la première fois que l'on opère ainsi avec MOMS-2P. L'orientation externe se fait d'après le principe d'orientation d'une image, sur points d'appui seulement. L'orientation interne fait intervenir un jeu de cinq paramètres par barrette de DTC (CCD) et par bande. Ces paramètres et leurs variations sont déterminés par la compensation de bloc à l'aide de 252 points d'appui (photogrammétrie inverse). On a calculé la précision de mesure d'un point en n'activant qu'une partie des points d'appui et en réservant l'autre comme points de contrôle. Puis on a établi un modèle numérique des altitudes (MNT) à partir d'un semis dense de points homologues, transformé dans l'espace objet par le jeu des paramètres d'orientations interne et externe. En comparant ce MNT avec un MNT de référence de qualité supérieure, on a fait apparaître des ondulations systématiques inattendues dans celui de MOMS. On a pu modéliser une grande partie de ces perturbations au moyen de points d'appui. Elles provenaient d'un fort systématisme dans les corrections d'attitude. On a pu détecter et éliminer un filtrage inadéquat pour arriver à une précision meilleure que 8m avec un nombre minimal de points d'appui au sol. Le léger systématisme qui reste dans le MNT issu de MOMS-2P montre que l'on n'a pas encore pleinement exploité toutes les possibilités de précision de ce système...

INFLIGHT GEOMETRIC CALIBRATION OF IRS-1C/IRS-1D IMAGING MODEL : AN EXPERIENCE

*Pradeep. K. SRIVASTAVA, Archana GOSWAMI,
Medha S. ALURKAR, T.P. SRINIVASAN*

Satellite Photogrammetry and Digital Cartography
Division, Space Applications Centre (ISRO)
Ahmedabad-380053, India

...Les satellites indiens de télédétection IRS-1C et IRS-1D ont été lancés respectivement en décembre 1996 et septembre 1997. Ils comprennent tous deux trois capteurs imageurs : la caméra LISS-3 de résolution au sol de 23m, la caméra panchromatique de résolution 5,8m et la caméra WIFS, de résolution 188m. On peut en outre incliner la caméra panchromatique autour de l'axe de roulis pour accéder à la stéréoscopie. La présence de tous ces capteurs, ainsi que celle d'autres capteurs relatifs à l'orientation du satellite complique les processus d'étalonnage géométrique précis au sol ainsi qu'en orbite. Ces tâches sont comprises comme des tâches spécifiques à la fois à l'étape d'intégration du satellite et à l'étape de qualification de la mission, après le lancement.

On a effectué de décembre 1995 à juin 1996 l'étalonnage en vol du modèle géométrique des images IRS-1C et l'on a intégré les résultats dans le logiciel de correction géométrique des produits, ce qui a considérablement amélioré la précision de ceux-ci en termes de localisation absolue et de distorsion interne. On a opéré de même entre septembre 1997 et janvier 1998 avec IRS-1D en profitant de l'expérience acquise avec IRS-1C.

On effectue l'étalonnage géométrique en vol à l'aide de quelques points d'appui au sol et des mesures correspondantes sur images, ainsi que des données auxiliaires disponibles (capteurs stellaires, gyros,...). Le problème principal est de résoudre sans ambiguïté l'écart entre la localisation prédite de l'image et celle observée. Pour y parvenir, il convient de formuler diverses solutions possibles que viendront confirmer de nombreuses observations...

IN-FLIGHT GEOMETRIC CALIBRATION AND IMAGE QUALITY ASSESSMENT OF METEOSAT SECOND GENERATION : CONTINUOUS ESTIMATION OF DYNAMIC VIEWING MODEL, USING IMAGES AND STAR DATA: THE IQGSE SOFTWARE

*B. BLANCKE¹, J. L. CARR², M. MANGOLINI¹,
B. POURCELOT¹*

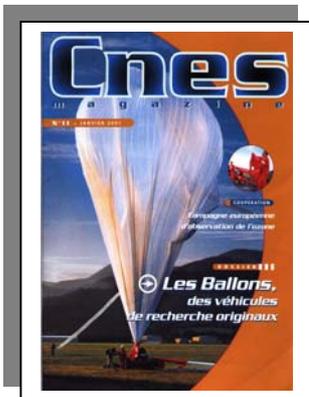
¹ Alcatel Space,
Cannes France

² Carr Astronautics Corp.
Washington DC USA

...Le satellite Meteosat actuel (Meteosat transition Program, MTP) va être prochainement remplacé par des satellites météorologiques géostationnaires Meteosat Seconde Génération (MSG) développés par Alcatel Space, avec l'amélioration du système imageur. Toutes les quinze minutes, chaque satellite MSG va envoyer aux stations-sol plus de deux gigabits de données image couvrant douze bandes spectrales.

Les utilisateurs des images des satellites météorologiques attachent de l'importance à la qualité géométrique de l'imagerie météorologique. C'est pourquoi Alcatel Space développe l'Équipement de Soutien au Sol de la Qualité Image (Image Quality Ground Support Equipment, IQGSE), qui permettra de vérifier les performances géométriques des images des MSG en orbite.

On présente dans cet article l'architecture du système de calcul IQGSE ainsi que les algorithmes du système de navigation, de redressement en temps réel de l'image et de détermination de la qualité géométrique de l'image redressée, incluant la détection et le masquage des nuages...



Dans le numéro 11
de la revue
Cnes magazine
de janvier 2001,
les thèmes suivants ont
été abordés :

LE PROGRAMME STRATEGIE 2000 DE LA NASA

Par Vernon Jones

Responsable du Programme scientifique des Affaires sous-orbitales et sciences spatiales, NASA

...La NASA (National Aeronautics and Space Administration) assure la mise à disposition de ballons pour un large éventail de disciplines scientifiques, notamment l'astronomie infrarouge et sub-millimétrique, l'astrophysique des rayons cosmiques et des hautes énergies, la physique solaire et héliosphérique, et la physique de la haute atmosphère. Pour sélectionner les charges utiles, elle a recours à une revue d'experts participant à des projets financés par les subventions pour la Recherche et la Technologie. Les critères d'évaluation sont la valeur scientifique et technique du projet, ainsi que son adéquation au Programme Stratégique de la NASA.

Plusieurs expériences sous ballons avec des détecteurs d'une sensibilité jusqu'à 100 fois supérieure à celle du Cosmic Background Explorer de la NASA (1990) étudient le fond de rayonnements hyperfréquences (CMB- cosmic microwave background) l'une des plus connues est l'expérience boomerang (Balloon Observations of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics) qui, en janvier 1999, a volé dix jours autour de l'Antarctique et mis en évidence la géométrie euclidienne plate de l'Univers. La NASA l'a d'ailleurs récemment incluse dans une liste informelle des dix principales années dans le domaine des sciences spatiales. Dans un avenir proche, l'expérience topHat sur l'étude du fond de rayonnements hyperfréquences, doit être lancée en Antarctique...

LE PROGRAMME ALLEMAND DE RECHERCHE ATMOSPHERIQUE 2000

par Ulrich Schmidt,

Institut de Météorologie et de Géophysique
Goethe Institut, Université de Francfort, Allemagne

...Le ministère allemand de l'Education et de la recherche (BMBF) a subventionné, de 1989 à 1999, le programme de recherche sur l'ozone (OFP) concernant le développement de nouveaux instruments, les observations de terrain, la recherche en laboratoire et les études de modélisation sur les processus chimiques et dynamiques de l'appauvrissement de la couche d'ozone. Le but étant de contrôler et d'analyser la variabilité spatio-temporelle de l'ozone et des rayons UV-B en vue de prévoir (à l'aide des modèles numériques) les futurs changements dans la composition de la stratosphère.

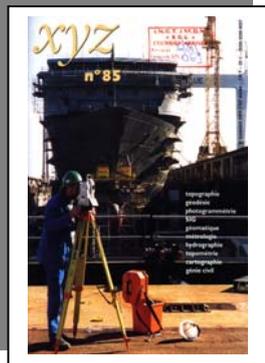
Ce programme s'inscrit dans la continuité des activités scientifiques menées sur la moyenne atmosphère par plusieurs instituts de recherche allemands rattachés à des universités, à l'institut Max Planck et à des instituts de recherche gouvernementaux. En 2000, le BMBF a lancé le programme de recherche atmosphérique 2000 (AFO 2000) dans le cadre du programme allemand de recherche sur le changement à l'échelle du globe. AFO 2000 est destiné à soutenir les activités scientifiques : - dans les processus de transport vertical dans la troposphère liés aux cycles atmosphériques de l'énergie, de l'eau et des gaz indicateurs, - dans les processus physiques et chimiques dans la haute troposphère, la moyenne atmosphère ainsi que leur impact sur le cycle des gaz indicateurs et sur le changement du climat, - enfin dans le rôle des aérosols en tant que système multiphasé dans la troposphère et la stratosphère...

BALLONNIER ,UN METIER PEU COMMUN

Par Michèle labous

...Avec 60 personnes travaillant à l'année sur la conception, la production et le lancement de ballons dédiés à la recherche scientifique, la division Ballons du CNES est unique. Les équipes opérationnelles lancent, en France , depuis deux bases : leur QG à Aire-sur-l'Adour (Landes) et leur annexe estivale à Gap-Tallard (Hautes-Alpes).

Quant à la conception, à la recherche et au développement ainsi qu'au suivi de fabrication des ballons, ces activités sont localisées à Toulouse...



XYZ
numéro 85,
4^e trimestre 2000



ICA News
Nouvelles de l'ACI
numéro 35, décembre 2000

Propagation des erreurs sur les surfaces d'un projet de remembrement traité au moyen d'un SIG

El Hassane SEMLALI

Institut Agronomique et Vétérinaire
Hassan II

...L'identification des erreurs affectant les données géographiques et leur propagation à travers les opérations réalisées au sein d'un système d'information géographique font l'objet d'un nombre croissant de recherches depuis quelques années. Cette étude concerne l'estimation de la propagation des erreurs de position sur les surfaces des parcelles remembrées. L'estimation des erreurs est faite sur plusieurs parcelles d'un secteur de remembrement rural, en considérant quatre cas de figures. Sous les considérations faites, les résultats montrent que l'on peut donner une estimation a priori sur les précisions des données de départ pour garantir des surfaces qui respectent les tolérances appliquées au cadastre marocain...

Toponymie et colonisation française

Atoui Brahim

Institut National de Cartographie et de
Télé-détection

...Cette étude se propose d'étudier sommairement, comment les français, lors de leurs occupations de l'Algérie, ont pu, par divers procédés, créer une rupture dans l'ordre toponymiques berbère-arabo-musulman de jadis...

Geographical Sciences Bulletin of the National Institute of Cartography and Remote Sensing, Algeria

The INCT publishes since three years a Bulletin intended to the national as well as the international scientific community of earth sciences.

This six-monthly Bulletin deals with all subjects related to geographers, cartographers,

photogrammetrists, land surveyors, geodesists, geomatists, developers, town planners, experts in remote sensing, in gravimetry, in GPS techniques and GIS activities. It is also an area in, which are presented techniques and the material necessary for the practice of such professions.

Articles are divided up into two rubrics: Research-Development, Synthesis.

RESEARCH-DEVELOPMENT

ARTICLES: Deal either with works having an originality and an innovatory contribution, helping in the development of the geographical sciences, or deal with concrete studies and achievements presenting an interest in the mastery of geographical sciences.

SYNTHESIS ARTICLES: Are aiming to bring out, theories, methods, techniques or processes related to geographical sciences with notably precise cases of application.

LANGUAGES: Articles appear mainly in Arabic, French, and English.

CRITERIA OF PUBLICATION: All papers presenting an interest, will be diffused whatever their origins. Membership of their authors to the INCT is not required.

Articles must be provided on diskette, written with Word 7, in column, in A4 format, with a double space between the lines, and with a maximum margin of 2.5cm on each of the four sides.

All papers must have a title, which must be brief and informative.

THE ABSTRACT: All papers must have an abstract in a language different of the article language.

BIBLIOGRAPHY: References must be complete and presented in alphabetical order of author's names. The references must clearly mention the name and the first name of the author, followed by the year of publication, the work title, the editor and the place of edition. All references must be mentioned in the text by the name and the surname of the author followed by the two last figures of the year of publication.

MODE OF PUBLICATION: All Articles are submitted to the evaluation of two members of the reading panel, in the case of opposite opinion, they are submitted to a third member.

DATES OF PUBLICATION: The Bulletin appears twice in a year, at the end of October, and at the end of April. For further information contact Saadi Nadir,

email: inct99@wissal.dz



The following themes have
been tackled in the
9th number – volume 74 of the
Journal of Geodesy
issued in January 2001

Modeling and estimation of C1-P1 bias in GPS receivers

Y. Gao¹, F. Lahaye², P. Héroux², X. Liao¹, N. Beck², M. Olynik¹

¹ Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, 2500 University Drive NW, Calgary, Alberta, Canada T2N 1N4

² Geodetic Survey Division, Natural Resources Canada, 615 Booth Street, Ottawa, Canada KIA 0E9,
e-mail: gao@ensu.ucalgary.ca

...Modern dual-frequency global positioning system (GPS) receivers are capable of providing direct measurements of both L1 C/A (C1) and P code (P1) without the use of the Y-codes under Anti-Spoofing. A discrepancy or bias between the C1 and P1 measurements from these receivers has however been of concern to operators and users of GPS reference networks. For the purpose of modeling and estimation, the nature and characteristics of the discrepancy must be investigated. The research results presented indicate that the discrepancy between the C1 and P1 measurements contains two different types of components: one is of constant type while another is time variant. A method has been developed for their modeling and estimation. The residual C1-P1 time series after a satellite-dependent bias removal agree at a few-centimeter level, indicating the effectiveness of the proposed model. This allows the C1-P1 discrepancy, both constant and non-constant components, to be removed from GPS reference network solutions. Numerical results are provided to support the analysis...

Key words: GPS - C/A code - P code - C1--P1 bias

Convergence and optimal truncation of binomial expansions used in isostatic compensations and terrain corrections

W. Sun¹, L. E. Sjöberg²

¹ Department of Geodesy and Photogrammetry, Royal Institute of Technology,
S-10044 Stockholm, Sweden

e-mail: sunw@ geomatics.kth.se

New, address since August 2000: Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Bunkyo-ku,
Tokyo 113, Japan

e-mail: sunw@ eri.u-tokyo.ac.jp

² Department of Geodesy and Photogrammetry, Royal Institute of Technology, S-10044 Stockholm, Sweden

...A binomial expansion is a powerful tool in geodetic research. It is often used in terrain correction and isostatic compensation. The behaviour, convergence and truncation of the binomial expansion are investigated. The relation of the topographic height H (or the compensation depth), spherical harmonic degree n and the binomial series term m is discussed using theoretical and numerical results. According to the relation, a truncation number M is determined for obtaining an accuracy of 1%, i.e. it can be found how many terms (or power numbers of the topography) should be used in practical calculations...

ON THE ACCURACY OF MODIFIED STOKES'S INTEGRATION IN HIGH-FREQUENCY GRAVIMETRIC GEOID DETERMINATION

P. Novák¹, P. Vanicek¹, M. Véronneau², S. Holmes³, W. Featherstone³

¹ Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, Canada E3B 5A3

e-mail: pnovak@ucalgary.ca

² Geodetic Survey Division, Natural Resources Canada, 615 Booth Street, Ottawa, Canada KIA 0E9

³ School of Spatial Sciences, Curtin University of Technology, GPO BOX U1987, Perth WA 6845, Australia

... Two numerical techniques are used in recent regional high-frequency geoid computations in Canada: discrete numerical integration and fast Fourier transform. These two techniques have been tested for their numerical accuracy using a synthetic gravity field. The synthetic field was generated by artificially extending the EGM96 spherical harmonic coefficients to degree 2160, which is commensurate with the regular 5' geographical grid used in Canada. This field was used to generate self-consistent sets of synthetic gravity anomalies and synthetic geoid heights with different degree variance spectra, which were used as control on the numerical geoid computation techniques. Both the discrete integration and the fast Fourier transform were applied within a 6° spherical cap centered at each computation point. The effect of the gravity data outside the spherical cap was computed using the spherical Molodenskij approach. Comparisons of these geoid solutions with the synthetic geoid heights over western Canada indicate that the high-frequency geoid can be computed with an accuracy of approximately 1cm using the modified Stokes technique, with discrete numerical integration giving a slightly, though not significantly, better result than fast Fourier transform...

Key words: *Geoid determination - Stokes's integration - Fast Fourier transform*

EVOLUTION OF THE EARTH'S PRINCIPAL AXES AND MOMENTS OF INERTIA: THE CANONICAL FORM OF SOLUTION

A. N. Marchenko, O. A. Abrikosov

State University 'Lviv Polytechnic', Faculty of Geodesy, S. Bandera St. 12, 290646 Lviv, Ukraine
e-mail: march@polynet.Lviv.ua

... Harmonic coefficients of the 2nd degree are separated into the invariant quantitative (the 211d-degree variance) and the qualitative (the standardized harmonic coefficients) characteristics of the behavior of the potential $V_2(t)$. On this basis the evolution of the Earth's dynamical figure is described as a solution of the time dependent eigenvalues-eigenvectors problem in the canonical form. Such a canonical quadratic form is defined only by temporal variations of the harmonic coefficients and always remains finite, even within an infinite time interval. An additional condition for the correction or the determination of temporal variations of the 2nd degree is obtained. Temporal variations of the fully normalized sectorial harmonic coefficients are estimated in addition to C_{20} , C_{21} , and S_{21} of the EGM96 gravity model. In addition, a non-linear hyperbolic model for $C_{2m}(t)$, $S_{2m}(t)$ is constructed. The trigonometric form of the hyperbolic model leads to the consideration of the potential $V_2(\psi)$ instead of $V_2(t)$ within the closed interval $-\pi/2 \leq \psi \leq +\pi/2$. Thus, it is possible to evaluate the global trend of $V_2(t)$. the Earth's principal axes and the differences of the moments of inertia within the whole infinite time interval...

Keywords : *Potential - Gravitational quadrupole - Harmonic coefficients - Temporal variations*

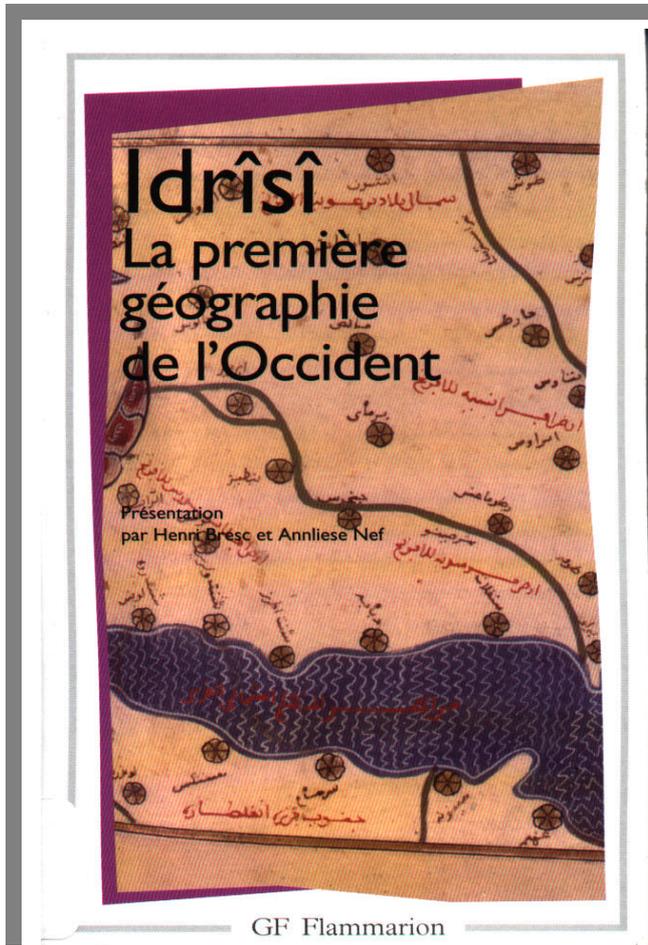
*** Tous ces titres peuvent être consultés au niveau de la bibliothèque de l'I.N.C.T**

Livres

*

IDRÎSÎ

La première géographie de l'Occident



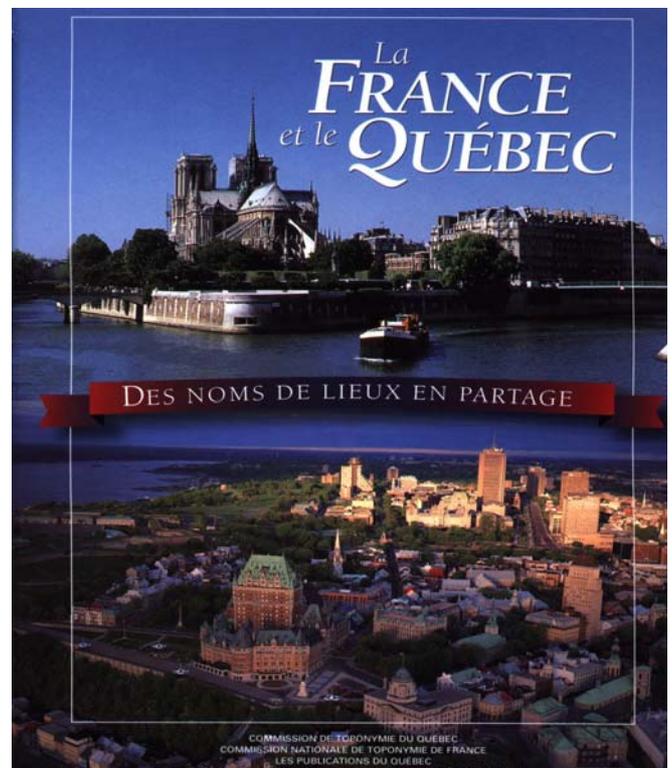
Au terme de son long règne (1105-1154) et peu de temps avant de mourir, le roi chrétien Roger II de Sicile commanda la rédaction d'une géographie du monde à Idrîsî, savant et prince musulmans attaché à sa cour. Pour mener à bien cette tâche, celui-ci exploita des données innombrables, puisant dans les archives du palais royal ou les ouvrages existants et recourant à de nombreux informateurs. Saluée par Ibn Khaldûn ou Léon l'Africain, l'entreprise d'Idrîsî s'est révélée un modèle du genre, par l'intelligence théorique et le souci d'exactitude qui gouvernent et articulent son savoir. Pour la première fois, en outre, l'Europe faisait irruption dans le champ de la géographie arabe. Cette édition présente les parties les plus neuves du travail d'Idrîsî, celles qui sont consacrées au monde occidental.

EDITION : GF Flammarion

La France et le Québec

Des noms de lieux en partage

Cet ouvrage décrit 235 noms de lieux relevés à la fois en France et au Québec. Il met en lumière, par les migrations toponymiques, les relations historiques et continues entre les deux peuples. Les toponymes ayant un lien étroit font l'objet d'une rubrique traitant parallèlement des lieux français et québécois et expliquant comment le nom s'est transposé de la France vers le Québec ou inversement.

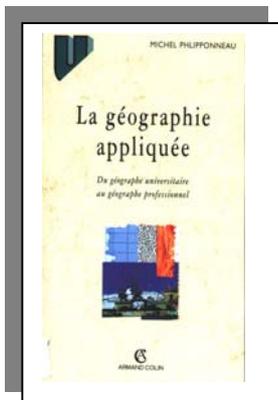


D'une rubrique à l'autre, on trouvera donc des données historiques et géographiques sur ces lieux, des explications sur l'évolution de leurs noms, des rappels anecdotiques, de même que les éléments biographiques relatifs aux personnages qui ont donné lieu à ces transplantations toponymiques. De nombreuses photographies et quelques cartes en couleurs illustrent les textes.

COMMISSION DE TOPONYMIE DE QUÉBEC
COMMISSION NATIONALE DE TOPONYMIE DE FRANCE
LES PUBLICATIONS DU QUÉBEC .
L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE .

La géographie appliquée

Du géographe universitaire
au géographe professionnel



L'OUVRAGE

Contrairement à la pratique russe ou anglo-saxonne, la géographie en France n'a pendant longtemps relevé que du seul domaine de la recherche.

Cette « science pure » subit depuis quelques décennies une profonde mutation structurelle et se tourne vers des objectifs utilitaires destinés à mettre la connaissance au service de l'action. De plus en plus, les responsables politiques, les grandes administrations, les collectivités territoriales, les entreprises confient aux géographes des études sous contrat, des expertises et surtout recrutent de jeunes géographes. Pour répondre à cette évolution, les départements de géographie multiplient leurs formations professionnalisantes, au point que le nombre de leurs diplômés dépasse aujourd'hui celui des géographes admis aux concours de recrutement des professeurs de l'enseignement secondaire.

Cet ouvrage est la première synthèse sur l'évolution de la géographie appliquée à l'échelle mondiale, le cursus universitaire à suivre et la formation pluridisciplinaire demandée dans la vie professionnelle. Il montre à l'aide de dizaines de cas concrets longuement analysés les méthodes et les nouveaux champs d'intervention de la géomorphologie, de la climatologie, de l'hydrologie, de la biogéographie, mais aussi les applications de la géographie à l'environnement, à l'aménagement de l'espace et aux différentes activités humaines. Les exemples empruntés à l'Europe comme à l'Amérique confirment l'importance croissante que cette « géographie, science appliquée » est amenée à prendre au XXI^e siècle.

L'AUTEUR

Michel Philipponneau, dont la carrière universitaire s'est déroulée à Rennes, a présidé la Commission de géographie appliquée de l'Union géographique internationale. Cette ouverture sur la géographie mondiale est liée à ses recherches appliquées en planification régionale et urbaine, qui l'ont conduit, en tant qu'expert puis élu local, et comme acteur politique, à former des géographes professionnels.

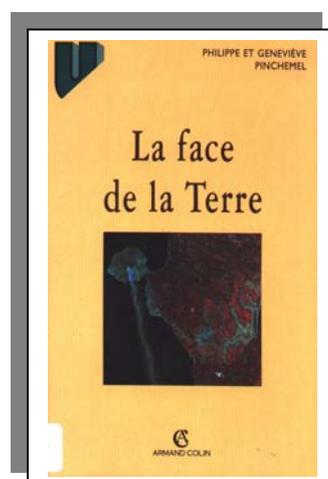
LE PUBLIC

- . 2^e et 3^e cycles de géographie
- . Formations professionnalisantes
- . Géographes professionnels
- . Experts

Edition : ARMAND COLIN

La Face de la Terre

Élément de géographie



Un ouvrage qui donne une image recentrée de la géographie, en la réunifiant, la définissant et la précisant :

- la géographie physique et la géographie humaine y sont présentées avec leurs contenus spécifiques et surtout leurs solidarités, leurs rapports;

- la géographie est définie comme l'étude de l'écriture des sociétés humaines sur l'interface naturelle de la Terre, écriture qui visualise l'action géographique des hommes, écriture complexe faite de lignes, de points, de surfaces, de formes, volumes et couleurs;

- l'analyse géographique repose sur un ensemble de concepts, classiques pour la plupart, mais que les auteurs précisent et articulent entre eux : milieux, espaces, régions, territoires, paysages, humanisation, spatialisation...

Ce livre redonne sa place historique, parmi les sciences de l'Homme et de la Société, à une géographie qui est à la fois savoir, action, pensée et non plus exclusivement encyclopédie et « matière » d'enseignement. Un livre dont les auteurs souhaitent qu'il renouvelle le regard du lecteur sur la Terre.

Une illustration abondante, des photographies aériennes et au sol prises par les auteurs, des images satellitaires de Spot, un index et une importante bibliographie commentée accompagnent un texte toujours accessible. Introduction fondamentale aux études géographiques, *La face de la Terre* est écrit pour tous les publics étudiants et universitaires; l'ampleur de son propos s'adresse aussi à tout lecteur qu'une science géographique en plein renouvellement peut captiver.

Philippe Pinchemel, agrégé de géographie, docteur ès lettres, est professeur émérite à l'Université de Paris-I (Panthéon-Sorbonne) après avoir enseigné dans les Universités de Besançon, Lille et à La Sorbonne (faculté des lettres).

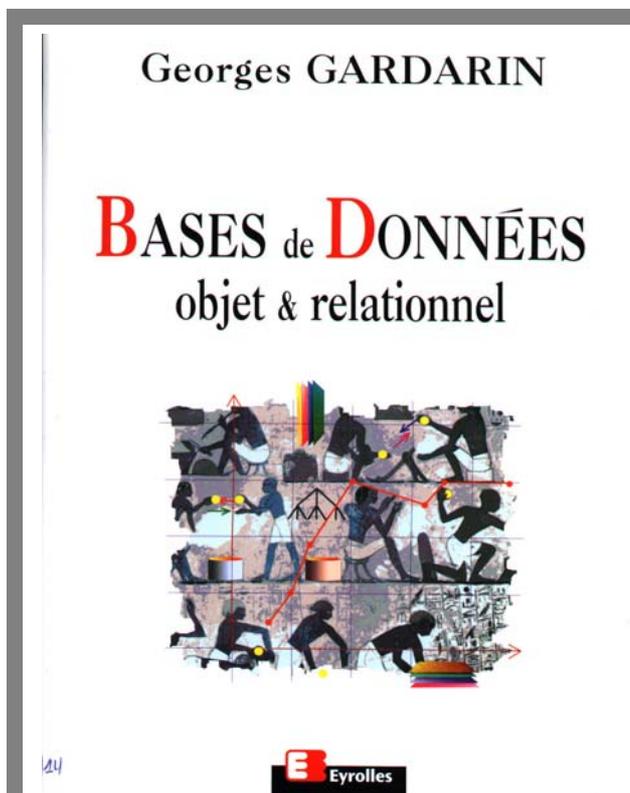
Geneviève Pinchemel, agrégée d'histoire et de géographie, est maître de conférences honoraire à l'Université de Paris-I après avoir enseigné dans les Universités de Lille et de Paris (faculté des lettres).

Edition : ARMAND COLIN

Bases de Données

Objet et relationnel

Les bases de données ont un rôle central et croissant dans le développement des technologies de l'information : notamment Internet, les intranets, le commerce électronique, le marketing. Comprendre les principes des bases de données, les architectures des systèmes d'information, la modélisation des données, les langages d'interrogation et de mise à jour, les techniques d'optimisation et de contrôle des requêtes, les méthodes de conception de BD et la gestion de transactions devient une nécessité pour tous.



Ce livre offre une synthèse claire, approfondie et didactique de l'ensemble des connaissances aujourd'hui indispensables à tous les professionnels de l'informatique en matière de bases de données.

Il est divisé en quatre parties traitant successivement des principes de base, du modèle relationnel, du modèle objet et de sa version objet-relationnel, et de l'environnement des SGBD.

Les points essentiels abordés sont les suivants :

- Objectifs des bases de données, générations de SGBD, architectures client-serveur deux et trois tiers, architectures réparties.
- Étude des fondements et des principes de base : fichiers, méthodes d'accès, BD légataires et BD logiques.
- Étude du modèle relationnel : concepts descriptifs, contraintes d'intégrité, algèbre relationnelle, triggers et règles déductives.
- Étude des modèles objet et objet-relationnel : concepts d'objet et de classe, généralisation et agrégation, collections, intégration au relationnel.
- Accès aux bases de données : langages procédural et assertionnel, la norme SQL et SQL2, le standard ODMG, extensions objets de SQL avec SQL3.
- Conception de BD : identification des classes d'objets et de leurs relations, intégration de schémas, passage du schéma conceptuel au schéma logique, normalisation et dépendances, optimisation du schéma interne.
- Techniques de gestion et d'administration de BD : optimisation, maintien de la cohérence et intégrité, gestion de vues, optimisation du décisionnel, sécurité et confidentialité.

Ce livre très complet et didactique dégage clairement les notions essentielles par des définitions informelles facilement accessibles grâce à un index. Il présente aussi une bibliographie commentée permettant de comprendre les contributions essentielles apportées depuis trente ans au domaine. Au-delà, l'auteur propose une famille d'exercices préparés en collaboration avec Yann Vièmont, très utiles pour les étudiants.

Cet ouvrage couvre tous les aspects aujourd'hui classiques des bases de données. Il est le fruit d'une expérience exceptionnelle d'un enseignant qui a participé à la genèse d'une technologie devenue essentielle, qui a construit et utilisé tous les types de SGBD à l'université et dans l'industrie.

Il est complété par un deuxième ouvrage intitulé Internet et Les Bases de Données qui traite des aspects novateurs tels que le Data Web, le multimédia, le Data Warehousing et le Data Mining.

EDITION : Eyrolles
N° d'éditeur : E9110478

*** Tout ces livres sont disponibles au niveau de la bibliothèque de l'I.N.C.T**

INFORMATIONS TECHNIQUES

La gamme Chrono : Pour étudier les proximités et créer des distanciers

La **gamme Chrono** est une gamme d'outils co-édités avec la société **MAGELLAN Ingénierie** qui permet de répondre à tous besoins d'études de proximité et de création de distanciers.

□ Les études de proximité avec ChronoMap



ChronoMap est un outil complémentaire de **MapInfo Professional** qui permet de créer, analyser et combiner facilement des cartes de proximité.

ChronoMap constitue un véritable outil de simulation qui permet de mesurer les effets de différents scénarios sur l'accès à un point donné.

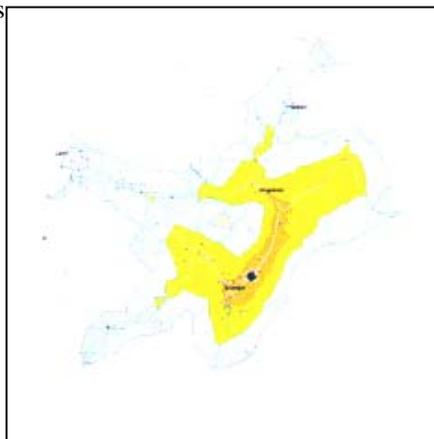
Par exemple, on peut évaluer très simplement quels usagers seront pénalisés par l'installation d'une route à sens unique vers la gare ou la mairie... ou simuler plusieurs emplacements de construction de façon à déterminer le site idéal pour un point de vente, un service ou un dépôt. Sur l'emplacement d'un point de vente, on peut tester différentes hypothèses et comparer la taille et la composition des zones de chalandises.

Il est aussi possible d'étudier un emplacement optimal selon un mélange de critères. **ChronoMap** dispose en effet d'un assistant de combinaison multicritère où la carte est créée en associant la proximité à d'autres critères (proximité à d'autres services) que l'on peut pondérer en fonction de leur importance.

Dans l'immobilier par exemple, il est possible de sélectionner automatiquement les logements situés dans une zone répondant à plusieurs critères : proximité des infrastructures de transport, des commerces et des écoles...

Enfin, **ChronoMap** permet d'étudier la sectorisation d'un territoire en le divisant automatiquement selon les critères d'accès à chacun des

points (magasins, agences, ...) qui le composent. Plusieurs scénarios peuvent ... être comparés pour optimiser le découpage grâce à un assistant de comparaison qui produit une carte différentielle des secteurs.



□ La création de distanciers avec ChronoVia



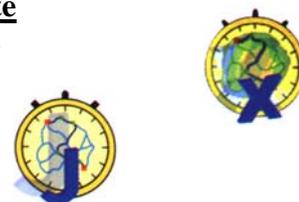
Tout comme **ChronoMap**, **ChronoVia** est un outil complémentaire de **MapInfo Professional** mais sa vocation est de réaliser des itinéraires avec instructions de conduite, optimisation de trajectoires et distancier.

Chronovia est conçu pour calculer des itinéraires depuis un point de départ, des points de passage intermédiaires et un point d'arrivée, quel que soit le type de route ou rue. Les fonctions d'optimisation permettent de déterminer le meilleur itinéraire en terme de temps, de distance ou de coût et la liste des arrêts. Une feuille de route détaillée est fournie pour tout itinéraire calculé.



□ Une gamme complète

Dans le cas du développement d'applications client-serveur ou Intranet-Internet, deux composants groupant les fonctionnalités de **ChronoMap** et de **ChronoVia**



- **Chrono X** : composant OCX / Active X ~
- **Chrono J** : composant Java

Pour l'ensemble des outils de la **gamme Chrono**, les calculs des zones ou des distances s'effectuent au choix sur la base de la distance, du temps d'accès ou du coût. il est possible aussi de choisir le moyen de transport : deux-roues, voiture, camion, piéton... Les outils fonctionnent sur toutes les bases de données routières standard (NavTech., AND, Teleatlas, Michelin, ADC WorldMap, GISnet, Cartique...)

Events Calendar

CALENDRIER DES MANIFESTATIONS SCIENTIFIQUES INTERNATIONALES

2 0 0 1

| DATE | EVENT | SITE | CONTACT |
|---|---|---------------------|---|
| 23-27 Apr2001 <i>UPDATED</i> Co sponsorship confirmed by council | ASPRS Annual Conference "Gateway to the New Millennium" Commission I and IC II/IV « From Imagery to Geodata » WWW.asprs.org | St. Louis, USA | P :+1-301-493-0290/F :493-0208 E : meeting@asprs.org Prof .Stanley Morain E: smorain@spock.unm.edu |
| 24-27 Apr 2001 | Permanent Committee on GIS Infrastructure for Asia & the Pacific (PCGIAP) meeting | Tsukuba, JAPAN | P: +81-298-64-4514/F:64-8087 E: tsuji@gsi-mc.go.jp |
| 6-11May 2001 | FIG Working Week & XXIV General Assembly | Seoul, KOREA | F:+82-335-35-0853 E: juhkim@kcsc.co.kr |
| 11-13 May2001 | Centenary of Federation Survey & Mapping Conference | Canberra, AUSTRALIA | P: +61-2-6257-3299 |
| 15-18 May2001 | 21 st EARSeL Annual Symposium | Paris FRANCE | P:+33-1-4556-7360-/F:4556-7361 E : EARSeL@meteo.fr |
| 15-18 May2001 | Eco-Informa 2001 "Environmental Risk & the Global Community" | Argonne,IL USA | P :+1-630-252-8796/F :252-2654 E : maryjo.acke@ch.doe.gov |
| 16-17 May 2001 | UNGEEN working group meeting on Romanization Systems. | London | Paul Woodman P : +44(0)20-7591-3120 F : +44(0)20-7591-3127 E : pwoodman@pcgn.u-net.com |
| 23-25May2001 <i>UPDATED</i> confirmed by council | 3 rd isprs Workshop on Dynamic and Multi-dimensional GIS 10 th Annual Conference of CPGIS on Geoinformatics GEOINFORMATICS & DMGIS 2001 dellserv.star.ait.ac.th/dmGIS2001 | Bangkok, THAILAND | Dr. Jie JIANG E: jjie@nsdi.gov.cn Dr .Xiaoyong CHEN P: +66-2-524-6407 F: +66-2-524-5597 E: xychen@ait.ac.th |
| 26-27 Mai | 2 nd North African Workshop on the Unification of Geodetic Reference System / INCT | Algies, Algeria | Tel: 021.23.43.75 à 82 Fax: 021.23.43.81 E : inct99@wissal.dz |
| 05-08 Juin | KIS 2001 | Calgary, CANADA | Tel: 1 (403)220 5834 Fax: 1(403) 284 1980 |
| 11-15 Jun 2001 NEW Co sponsorship confirmed by council | International Symposium on Spectral Sensing Research ISSS 2001 sprs WG VII/1. | Quebec CANADA | P: +1-757-766-5858 F: +1-410-436-5874 E: mcquestion@stcnet.com Alan.samuels@sbccom.apgea.army.mil |
| 18-20 Jun 2001 | Intergraph GeoSpatial Users Community | Atlanta USA | P:+31-23-5666-558/F:5666-581 E: GeoSpatialUsersCommunity@intergraph.com |
| 22-23Jun2001 NEW Co sponsorship confirmed by council | 2 nd Symposium Remote Sensing of Urban Areas isprs WG VII/4 www-urs2001.uni-r.de | Regensburg GERMANY | Priv. Doz. Dr. Carsten Juergens P: +49-941-943-3630 F: +49-941-943-4933 E: carsten.juergens@geographie.uni-regensburg.de |
| Juin 2001 | National Agency of Land Register | Algeria | P: 021 66.36.70/71/81 F: 021 66 .33.01 |

2^{ème} Atelier Nord Africain sur l'unification du système de référence géodésique.



L'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) organise, en association avec l'organisation Africaine de Cartographie et de Télédétection (OACT), le deuxième Atelier Nord Africain sur l'unification du système de référence Géodésique. Cet atelier se tiendra à Alger le 26 et le 27 Mai 2001, et s'inscrit en droite ligne des recommandations du 1^{er} atelier Maghrébin de géodésie de Tunis (mai 2000).

Les objectifs que visent à atteindre ce deuxième atelier sont:

- 1- Montage du projet d'unification dans le système de référence ITRF (International Terrestrial Reference Frame) retenu, définissant le nombre de points, leur distribution, les méthodes et la durée des observations, les traitements à appliquer. . .
- 2- Mise en place, en concertation avec l'OACT, d'un comité de pilotage pour ce projet;
- 3- Définir les modalités de collaboration scientifique avec l'Association Internationale de Géodésie (AIG) pour la mise en oeuvre du nouveau référentiel;
- 4- Définir le cadre scientifique pour le calcul du géoïde de l'Afrique du Nord, et arrêter les contours d'une coopération avec l'international Geoid Service (IGeS) et le Bureau Gravimétrique International (BGI);
- 5- Mise en place d'un groupe chargé d'un travail normatif relatif à la représentation plane unifiée.

L'Agence Nationale du Cadastre,
en collaboration avec le **CNIG** et **l'INCT**
organise en juin 2001



un séminaire de deux jours ayant pour thème

"la cartographie à grandes échelles et les nouvelles techniques".

Les sujets qui seront abordés porteront sur les nouvelles techniques d'acquisition, de traitement, d'édition et d'archivage de l'information ayant trait à la cartographie à grandes échelles :

- 1- le GPS et le réseau géodésique national
- 2- la photogrammétrie numérique
- 3- le satellite et la cartographie à grande échelle
- 4- la planchette numérique
- 5- la numérisation de planches graphiques
- 6- les SIG (outils de gestion de communautés urbaines)
- 7- les réseaux

Au programme :

- communications par des représentants nationaux et des experts étrangers ;
- exposition de matériels, logiciels et produits connexes.

2 0 0 1

| DATE | EVENT | SITE | CONTACT |
|--|--|-------------------------------|--|
| Du 24-28 Jun 2001 <i>UPDATED</i> | Digital Earth 2001 The 2 nd International Symposium on Digital Earth The 94 th Annual Conference of the Canadian Institute of Geomatics The 14 th Geomatics Atlantic Conference The 7 th TExpo Conference The 5 th Annual Workshop of the Committee for Earth Observation Satellites www.digitalearth.ca | Fredericton NB CANADA | P: +1-506-453-8855/F: 444-4310 E: wayne@gov.nb.ca Tom Herbert E: exdirsig@netrover.com David Finley E: programchair@digitalearth.ca P: +1-506-444-4644 F: +1-506-453-3898 E: conferencedirector@digitalearth.ca E: info@digitalerth.ca |
| 28-29 Jun 2001 <i>NEW</i> | International Workshop on Geo-Spatial Knowledge Processing for Natural Resource Management Proterra.itim.mi.cnr.it | Varese, ITALY | E: proterra@tim.m.cnr.it E: proterra-info@itim.mi.cnr.it E: proterra-info@crii.uninsubria.it |
| 3-4 Jul 2001 <i>NEW</i> | Workshop Remote Sensing and GIS New sensors –innovative methods (in German) www.agit.at/fegis | Salzburg, AUSTRIA | Workshop FE/GIS P: +43-662-8044 5224/5200 F: +43-662-8044 525 E: fegis@mail.geo.sbg.ac.at |
| 3-5Jul 2001 <i>NEW</i> | 5 th North Australian Remote Sensing and GIS conference (NARGISS01) nargis01.ntu.edu.au | Darwin AUSTRALIA | Dr.Waqar Ahmad P: +61 8 8946 6805 F: +61 8 8946 7088 E: nargis01@ntu.edu.au |
| 06-07 Juillet 2001 | CA/GSP/GIS Conférence | Hyderabad, INDIA | Tel: +91 (040) 331 4141 Fax: +91(040) 330 6770 E: sukuki@hdl.vsnl.net.in |
| 9-13 Jul2001 <i>NEW</i> | IEEE/IGARSS 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium www.IGARSS2001.org http://www.dfc-grss.org/dfession.html | Sidney AUSTRALIA | P: +61 2 6257 3299 F: +61 2 6257 3256 E: igarss@ausconvservices.com.au |
| 11-13Jul2001 <i>NEW</i> Confirmed by council | isprsr WGII/2 Workshop “Three-Dimensional Mapping from InSAR and Lidar” | Banff, Alberta, CANADA | j. Bryan Mercer P: +1-403-266-0900 F : +1-403-265-0499 E: bmercer@intermap.ca E: bmercer@intermaptechnologies.com |
| 29Jul-3 Aug 2001 | SPIE's 46 th Annual Meeting “Int'l Symposium on Optical Sciences & Technology” | San Diego, USA | P: +1-360-676-3290 E: membership@spie.org |
| 2-4 Aug 2001 <i>NEW</i> | ICA Fourth Workshop on Progress in Automated Map Generalization www.geo.unizh.ch/ICA/ | Hong Kong, CHINA | Robert Weibel P: +41-1-635 51 90 F: +41-1-635 68 48 E: weibel@geo.unizh.ch |
| 6-10 Aug | “ICC 2001” The 20 th International Cartographic Conference www.sbsm.gov.cn/icc2001 | Beijing, CHINA | LOC for ICC 28-03-2001 P: 86-10-6834-6614/F: 6831-1564 E: icc2001@sbsm.gov.cn |
| 2 Sep 2001 | Annual Meeting of joint Board of Spatial Information Societies (JBSIS) | Budapest, HUNGARY | Dr. C.C. Tscherning-IAG Sec Gen E: cct@gfy.uu.dk |
| 2- 8 Sep2001 | International Association of Geodesy Scientific Assembly www.sztaki.hu/conferences/iag2001 | Budapest, HUNGARY | P: +45-3532-0600/F: 6831-1564 E: iag@gfy.ku.dk |
| 5-7 Sep2001 <i>NEW</i> | Digital Earth Moving2001(DEM2001) 1 st International Symposium www.ciùsi.cim.ch/dem2001 | Manno (Lugano) SWITZERLAND | Caroline Westort P: +41 91 610 8980 F: +41 91 610 8970 E: dem2001@cimsi.cim.ch |
| 12-14 Sep 2001 <i>NEW</i> | First Annual Meeting of the Remote Sensing and Photogrammetry Society “Geomatics, Earth Observation and the Information Society” http://www.the-rss.org | London, U.K. | E: rss@Nottingham.ac.uk |

2 0 0 1

| DATE | EVENT | SITE | CONTACT |
|---|--|--|---|
| 18-21 Sep UPDATED | International Symposium of CIPA “ Surveying and Documentation of Historical Buiding, Monument, Sites-Traditional and Modern Methods” | Potsdam, GERMANY | Prof . Dr. –Ing.Joerg Albertz P: +49-30-3142-3331 F: +49-30-3142-1104 E: albertz@fpk.tu-berlin.de |
| 24-28 Sep 2001 NEW | 48 th Photogrammetric Week http://www.ifp.uni-tuttgart.de/Phowo/index.htm | Stuttgart, GERMANY | Martina Kroma P: +49-771-121-3201 F: +49-711-121-3297 E: martina.kroma@ifp.uni-stuttgart.d |
| 1-3 Oct 2001 UPDATED Confirmed by Council | 5 th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques (Jointly sponsored by FIG Commission V, ISPRS Commission V, ISPRS WG VI/2 and IAG Section 1 – Special Commission4) http://info.tuwien.ac.at/ingeo/optical3d/o3d.htm | Vienna, AUSTRIA | Prof DR. Heribert kahmrn (FIG ComV) F: +42-1-58801-12895 E: hkahmen@pop.tuwien.ac.at Prof : Dr. Armin Gruen P:+41-1-633-3038/F: 633-1101 E: argruen@geog.ethz.ch Pro : Mark R. shortis F: +61 3 9347 2480 E: m.shortis@unimelb.edu.au |
| 1-5 Oct 2001 | 6 th International Carbon Dioxide Conference http://co2.geophys.tohoku.ac.jp/ | Sendai, JAPAN | P: +81-22-217-5792/F: 217-5797 E: secre@co2.geophys.tohoku.ac.jp |
| 2-5 Oct 2001 NEW Cosponsorship Confirmed by | International Conference on Spatial Information for Sustainable Development FIG& http://fig3.boku.ac.at/call4papers_kenya.html http://www.ddl.org/figtree/events/events2001.htm http://www.ddl.org/figtree/events/nairobi.htm | Nairobi, KENYA | Markku Villikka Director, FIG office P : +45 3886 1081 ,+45 2343 8910 F : +45 3886 0252 E : markku.villikka@fig.net E: FIG@ddl.org |
| 7-12 Oct 2001 | 20 th Brazilin Congress of Cartography 9 th Congress of Land-Survey Engineering 8 th Iberoamerican conference on GISs www.cartografia.org.br | Porto Alegre, BRASIL | Prof : Francisco Braganca P: +55 51 233-3277 F: +55 51 231-9851 E: xxcbc@orion.ufrgs.br |
| 9-10 Oct 2001 NEW Confirmed by Council | Commission VI Seminar on Education | Proto Alegre, BRASIL | President: Dr, Tania Maria Sausen P: +55 12 345 68 62 F: +55 12 345 68 70 E: Tania@ltid.inpe.br |
| 21-28 Oct 2001 29-31 Oct -2001 NEW Confirmed by Council | IAPSO – IABO Oceanography of the XXI Century “2001- An Ocean Odyssey” WWW.retina.ar/2001_ocean/ Joint Workshop WG IV/6 | Mar del Plata, ARGENTINA Athens, Georgia, USA | Gerado M.E. Perillo P: +54-291-486-1112/f:486-1527 E: iado@criba.edu.ar Dr, Marguerite Madden P: +706-542-2379 F: +706-542-2358 E: mmadden@crms.uga.edu |
| NEW Confirmed by Council | 1 ST IEEE/ISPRS Joint Workshop ON Remote Sensing and Data Fusion Over Urban Areas WG III/6 http://tlc.unipv.it/urban2001 | Rome, ITALY | Paolo Gamba P: +39-0382-505781 F: +39-0382-422583 E: p.gamba@ele.unipv.it E: urban_2001@ele.unipv.it |
| 8-9 Nov 2001 NEW Confirmed by Council | Symposium “Geodetic, Photogrammetric and Satellite Technologies- Development and Integrated Application” | Sofia , BULGARIA | Georgi Milev E: milev@argo.bas.bg |
| Tbr Nov 2001 | 15 th CEOS Plenary | Kyoto, JAPAN | STA/NASDA |

2 0 0 2

| DATE | EVENT | SITE | CONTACT |
|---|--|---------------------------|---|
| 21-26 Apr 2002 | XII FIG Congress & XV General Assembly | Washington, Dc USA | Mary Clawson E: clawsonm@nima.mil |
| 27-31 May 2002 Approval pending | Symposium of Commission IV | Ottawa, CANADA | President : Dr.Costas Armenakis P: +1 613 992 4487 F: +1 613 995 4127 E: armenaki@nrcan.gc.ca |
| 4-6 Jun 2002 | 22nd EARSeL Annual Symposium | Prague , CZECH REP. | P: +33-1-45-5-673-60 F: 45-56-73-61 E: EARSeL@meteo.fr |
| 24-28 Jun 2002 | IEEE/IGARSS 99 www.igarss.org | Toronto , CANADA | Tammy Stein P: +1-281-251-6067 F: 251-6068 E: tstein@phoenix.net |
| 20-23 Aug 2002 Approval pending | Symposium of Commission II | Xian, CHINA | President : Prof. Chen Jun P: +86 10 6842 4072 F: +86 10 6842 4101 E: chenjun@nsdi.gov.cn |
| Tbr Aug 2002 | Internatinal Association of Geodesy Hotine-Marusse Symposium | tbr | P: +45-3532-0600 F: 3536-5357 E: iag@gfy.ku.dk |
| 2-5 Sep 2002 | 7 th UN Conference on Standardization of Geographic Names | Berlin, GERMANY | Dr. Laaribi P: +1-212-963-4996 |
| 3-6 Sep 2002 Approval pending | Symposium of Commission V | Corfu, GREECE | President : Prof.Petros Patias P: +30 31 99 61 16 F: +30 31 99 61 28 E: patias@topo.auth.gr |
| 9-13 Aug 2002 Approval pending | Symposium of Commission III | Graz, AUSTRIA | President : Prof.Dr.Franz Leberl P: +43 316 873 5011 F: +43 316 873 5050 E: leberl@icg.tu-graz.ac.at |
| 10-12 Aug 2002 Approval pending | Symposium of Commission VI | Rio de Janiero, BRASIL | President : Dr.Tania Mria Sausen P : +55 12 345 68 62 F : +55 12 345 68 70 E : tania@ltid.inpe.br |
| 24-28 Sep 2002 NEW | The 27th General Assembly of ICSU & Associated Meetings | Rio de Janiero, BRASIL | Maureen brennan E : maureen@icsu.org |
| 11-15 Nov 2002 UPDATED Approval pending | Symposium of Commission I Joint meeting with Pecora XV | Denver, Colorado USA | Amy Budge P: +1-505-277-3622 ext 231 F: +1-505-277-3614 E: abudge@spock.unm.edu |
| 11-20 Oct 2002 | IAF/COSPAR World Space Copngress www.aiaa.org/wsc2002/sub/news.html | Houston, USA | P: +703-264-7500 F: 264-7551 |
| 4-6 Dec 2002 Approval pending | Symposium of Commission VII | Hyderabad, INDIA | President : Dr.Rangnath Navalgund P: +91 79 676 88 62 F: +91 79 676 27 2735 E: rangnath@ad1.vsnl.net.in |

| DATE | EVENT | SITE | CONTACT |
|--|--|-----------------------------|---|
| 18-21 Sep UPDATED | International Symposium of CIPA " Surveying and Documentation of Historical Buiding, Monument, Sites-Traditional and Modern Methods" | Potsdam, GERMANY | Prof. Dr. -Ing.Joerg Albertz P: +49-30-3142-3331 F: +49-30-3142-1104 E: albertz@fpk.tu-berlin.de |
| 24-28 Sep 2001 NEW | 48 th Photogrammetric Week http://www.ifp.uni-tuttgart.de/Phowo/index.htm | Stuttgart, GERMANY | Martina Kroma P: +49-771-121-3201 F: +49-711-121-3297 E: martina.kroma@ifp.uni-stuttgart.d |
| 1-3 Oct 2001 UPDATED Confirmed by Council | 5 th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques (Jointly sponsored by FIG Commission V, ISPRS Commission V, ISPRS WG VI/2 and IAG Section 1 – Special Commission4) http://info.tuwien.ac.at/ingeo/optical3d/o3d.htm | Vienna, AUSTRIA | Prof DR. Heribert kahmrn (FIG ComV) F: +42-1-58801-12895 E: hkahmen@pop.tuwien.ac.at Prof : Dr. Armin Gruen P:+41-1-633-3038/F: 633-1101 E: argruen@geog.ethz.ch Pro : Mark R. shortis F: +61 3 9347 2480 E: m.shortis@unimelb.edu.au |
| 1-5 Oct 2001 | 6 th International Carbon Dioxide Conference http://co2.geophys.tohoku.ac.jp/ | Sendai, JAPAN | P: +81-22-217-5792/F: 217-5797 E: secrez@co2.geophys.tohoku.ac.jp |
| 2-5 Oct 2001 NEW Cosponsorship Confirmed by | International Conference on Spatial Information for Sustainable Development FIG& http://fig3.boku.ac.at/call4papers/kenya.html http://www.ddl.org/figtree/events/events2001.htm http://www.ddl.org/figtree/events/nairobi.htm | Nairobi, KENYA | Markku Villikka Director, FIG office P : +45 3886 1081 ,+45 2343 8910 F : +45 3886 0252 E : markku.villikka@fig.net E: FIG@ddl.org |
| 7-12 Oct 2001 | 20 th Brazilin Congress of Cartography 9 th Congress of Land-Survey Engineering 8 th Iberoamerican conference on GISs www.cartografia.org.br | Porto Alegre, BRASIL | Prof : Francisco Braganca P: +55 51 233-3277 F: +55 51 231-9851 E: xxehc@orion.ufrgs.br |
| 9-10 Oct 2001 NEW Confirmed by Council | Commission VI Seminar on Education | Proto Alegre, BRASIL | President: Dr. Tania Maria Sausen P: +55 12 345 68 62 F: +55 12 345 68 70 E: Tania@ltd.inpe.br |
| 21-28 Oct 2001 | IAPSO – IABO Oceanography of the XXI Century "2001- An Ocean Odyssey" WWW.retina.ar/2001_ocean/ | Mar del Plata, ARGENTINA | Gerado M.E. Perillo P: +54-291-486-1112/f:486-1527 E: iado@criba.edu.ar |
| 29-31 Oct -2001 NEW Confirmed by Council | Joint Workshop WG IV/6 | Athens, Georgia, USA | Dr, Marguerite Madden P: +706-542-2379 F: +706-542-2358 E: mmadden@crms.uga.edu |
| NEW Confirmed by Council | 1 st IEEE/ISPRS Joint Workshop ON Remote Sensing and Data Fusion Over Urban Areas WG III/6 http://tlc.unipv.it/urban2001 | Rome, ITALY | Paolo Gamba P: +39-0382-505781 F: +39-0382-422583 E: p.gamba@ele.unipv.it E: urban_2001@ele.unipv.it |
| 8-9 Nov 2001 NEW Confirmed by Council | Symposium "Geodetic, Photogrammetric and Satellite Technologies- Development and Integrated Application" | Sofia , BULGARIA | Georgi Milev E: milcv@argo.bas.bg |
| Tbr Nov 2001 | 15 th CEOS Plenary | Kyoto, JAPAN | STA/NASDA |

2002

| DATE | EVENT | SITE | CONTACT |
|---|--|---------------------------|---|
| 21-26 Apr 2002 | XII FIG Congress & XV General Assembly | Washington, Dc USA | Mary Clawson E: clawsonm@nima.mil |
| 27-31 May 2002 Approval pending | Symposium of Commission IV | Ottawa, CANADA | President : Dr.Costas Armenakis P: +1 613 992 4487 F: +1 613 995 4127 E: armenaki@nrca.gc.ca |
| 4-6 Jun 2002 | 22nd EARSeL Annual Symposium | Prague , CZECH REP. | P: +33-1-45-5-673-60 F: 45-56-73-61 E: EARSeL@meteo.fr |
| 24-28 Jun 2002 | IEEE/IGARSS 99 www.igarss.org | Toronto , CANADA | Tammy Stein P: +1-281-251-6067 F: 251-6068 E: tstein@phoenix.net |
| 20-23 Aug 2002 Approval pending | Symposium of Commission II | Xian, CHINA | President : Prof. Chen Jun P: +86 10 6842 4072 F: +86 10 6842 4101 E: chenjun@nsdi.gov.cn |
| Tbr Aug 2002 | Internatinal Association of Geodesy Hotine-Marusse Symposium | tbr | P: +45-3532-0600 F: 3536-5357 E: iag@gfy.ku.dk |
| 2-5 Sep 2002 | 7 th UN Conference on Standardization of Geographic Names | Berlin, GERMANY | Dr. Laaribi P: +1-212-963-4996 |
| 3-6 Sep 2002 Approval pending | Symposium of Commission V | Corfu, GREECE | President : Prof.Petros Patias P: +30 31 99 61 16 F: +30 31 99 61 28 E: patias@topo.auth.gr |
| 9-13 Aug 2002 Approval pending | Symposium of Commission III | Graz, AUSTRIA | President : Prof.Dr.Franz Leberl P: +43 316 873 5011 F: +43 316 873 5050 E: leberl@icg.tu-graz.ac.at |
| 10-12 Aug 2002 Approval pending | Symposium of Commission VI | Rio de Janiero, BRASIL | President : Dr.Tania Mria Sausen P: +55 12 345 68 62 F: +55 12 345 68 70 E: tania@tid.inpe.br |
| 24-28 Sep 2002 NEW | The 27th General Assembly of ICSU & Associated Meetings | Rio de Janiero, BRASIL | Maureen brennan E: maureen@icsu.org |
| 11-15 Nov 2002 UPDATED Approval pending | Symposium of Commission I Joint meeting with Pecora XV | Denver, Colorado USA | Amy Budge P: +1-505-277-3622 ext 231 F: +1-505-277-3614 E: abudge@spock.unm.edu |
| 11-20 Oct 2002 | IAF/COSPAR World Space Copngress www.aiaa.org/wsc2002/sub/news.html | Houston, USA | P: +703-264-7500 F: 264-7551 |
| 4-6 Dec 2002 Approval pending | Symposium of Commission VII | Hyderabad, INDIA | President : Dr.Rangnath Navalgund P: +91 79 676 88 62 F: +91 79 676 27 2735 E: rangnath@ad1.vsnl.net.in |

RECOMANDATIONS AUX AUTEURS

Ce Bulletin est un espace scientifique, consacré aux sciences géographiques.

NATURE DES ARTICLES : Les articles adressés pour publication doivent traiter des sujets se rapportant aux sciences géographiques.

Les articles se répartissent en deux rubriques:

- Recherche - développement
- Synthèse.

LES ARTICLES DE RECHERCHE – DEVELOPPEMENT : portent soit sur des travaux ayant une originalité et une contribution novatrice aidant au développement des sciences géographiques, soit sur des réalisations et études concrètes qui présentent un intérêt dans la maîtrise des concepts des sciences géographiques.

LES ARTICLES DE SYNTHESSES : ont pour but de faire ressortir, les théories, les méthodes, les techniques ou les procédés liés aux sciences géographiques, avec notamment des cas précis d'application.

LANGUES: Les articles paraissent principalement, en Arabe, Français et Anglais.

CRITERES DE PUBLICATION : Toute communication présentant de l'intérêt sera diffusée, quelle que soit son origine; l'appartenance de son auteur à l'INCT n'est pas exigée.

Les articles doivent être fournis sur disquette et écrit en word 7, en colonne et dans un format A4 en double interlignes, avec une marge de 2,5 cm au maximum sur chacun des quatre côtés.

Chaque communication doit comporter un titre, qui doit être bref et informatif;

LE RESUME : Chaque article doit comporter un résumé en arabe accompagné d'un autre résumé en français ou en anglais de 100 à 200 mots.

MOTS CLES : Citer 5 à 6 mots clés.

BIBLIOGRAPHIE : Les références doivent être complètes et présentées dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs. La référence doit mentionner le nom et le prénom de l'auteur suivi de l'année d'édition, du titre de l'ouvrage, de l'éditeur et du lieu d'édition. Toute référence doit être clairement mentionnée dans le texte par le nom et prénom de l'auteur suivi des deux derniers chiffres de l'année de publication;

MODALITE DE PUBLICATION : Tout article présenté pour publication, s'il est jugé recevable par le rédacteur en chef, est soumis à l'évaluation de deux membres du comité de lecture, en cas d'avis contraire, il est soumis à un troisième membre. Les articles non retenus ne sont pas retournés, à moins d'une demande de la part de l'auteur.

Deux exemplaires seront fournis gratuitement, à chaque auteur ; d'autres peuvent être fournis à la demande, dans la limite du stock.

DATES DE PARUTION : Le Bulletin paraît deux fois par an, à la fin du mois d'octobre et du mois d'avril.

Bulletin d'abonnement

Pour souscrire à ce Bulletin il vous suffit de transmettre par courrier ou par Fax, la fiche ci dessous accompagnée de votre règlement à Monsieur le Directeur Général de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection, Bulletin, des Sciences Géographiques, 123 rue de Tripoli Hussein Dey BP 430, Alger. 16040. Fax:213 (021) 23 43 81 Tél: 213 (021) 23 43 76 à 80 et 82, E-mail: inct99@wissal.dz, ou ANT Vertriebs GmbH Fuerstenrieder Str. 166-81377 Munich R.F.A Fax: 0049 89 71039 449, suivi de chèque de règlement.

Nom et prénom ou raison sociale.....

Fonction :.....

Adresse complète :.....

Tél-Fax :.....

Désire souscrire un abonnement au Bulletin des Sciences Géographiques pour une année.

Tarif d'abonnement : une année : Etudiant : 70 DA

Particulier : 80 DA

Etranger : 15 Euro

Prévoir en sus pour les frais d'expédition :

- Pour l'Algérie: 50 DA

- Pour l'étranger: 3 Euro

Mode de règlement :

Par virement CCP n° 1552.04

Par virement bancaire : CPA n° 101 401 78505 1

BEA n° 22 61 570 Q

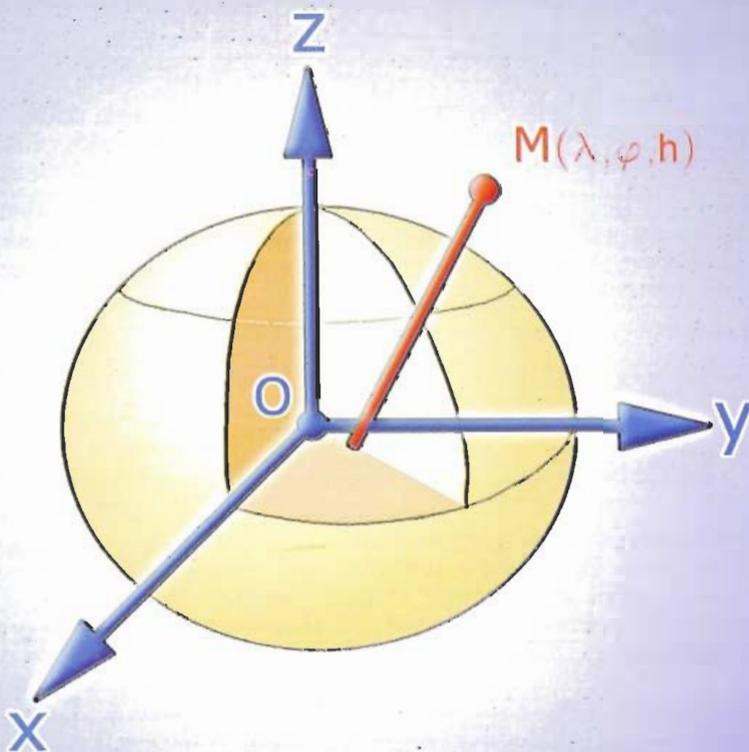
- Pour l'étranger: par virement bancaire : Banque Deutsche Bank AG Munich

Compte Nr, 85 90 960 BLZ: 700 700 10

L'Institut National de Cartographie et de Télédétection
organise en association avec l'O.A.C.T. le

2^{ème} Atelier Nord Africain

de Géodésie



- **Référentiel unifié**
- **Géoïde unifié**
- **Représentation plane unifiée**

Alger 26 et 27 mai 2001