

xyz

Éditée par l'
Association
Française de
Topographie

n° 119

- topographie
- géodésie
- photogrammétrie
- SIG
- géomatique
- métrologie
- hydrographie
- topométrie
- cartographie
- génie civil
- histoire

Cadastre

Du cadastre napoléonien
au cadastre en ligne
sur Internet

1^{er} partie Pierre Clergeot
Page 49



5^e FORUM DE LA TOPOGRAPHIE AU LYCÉE DORIAN A PARIS

Directeur des publications

André Bailly
Ingénieur géomètre ETP, Paris

Directeur adjoint des publications

Jean-Baptiste Henry
Ingénieur LNE, Trappes

Rédaction et administration XYZ

107, rue La Boétie - 75008 Paris
Tél. 01 43 98 84 80
Fax 01 42 25 41 07

Rédacteur en chef

Jean-Pierre Maillard
Urbaniste, Géomètre-expert foncier,
Marne-la-Vallée

Comité de Rédaction

Stéphane Durand
Enseignant-chercheur - ESGT Le Mans

Pierre Grussenmeyer

Professeur des universités

INSA de Strasbourg

Michel Kasser

Professeur des universités

Directeur ENSG - Marne-la-Vallée

Tania Landes

Maître de conférences

INSA de Strasbourg

Emmanuel Natchitz

Ingénieur géomètre ETP, Cachan

Responsable du site Internet

Tania Landes

Publicité : Samuel Guillemin

Tél. : 06 72 12 08 97

communication@aftopo.org

Conception et maquette

Dorothee Picard

Autre publication: L'annuaire de l'AFT

ALBEDIA IMPRIMEURS

137, avenue de Conthe
BP 337 15003 Aurillac Cedex

Tél. : 04 71 63 44 60

Fax : 04 71 64 09 09



Dépôt légal

2^e trimestre 2009 ISSN 0290-9057
N° CPPAP : 01 11 G 80 866

Tirage de ce numéro : 1 600 ex

Abonnement annuel

France CEE : 83 €

Etranger (avion, frais compris) : 86 €

Les règlements payés par chèques

payables sur une banque située hors

de France doivent être majorés de 10 €,

sauf à utiliser l'identifiant international

de compte IBAN

FR69 2004 1000 0116 3000 3Y02 048

Le numéro : 23 €

Membre du SPCS Syndicat de la

Presse Culturelle et Scientifique

Le bulletin d'adhésion est en p. 72

L'AFT n'est pas responsable des opinions
émises dans les conférences qu'elle
organise ou les articles qu'elle publie.
Tous droits de reproduction ou d'adaptation
strictement réservés.

Couverture : la cour du lycée Dorian
image scan Leica Geosystems.

aft La revue XYZ est éditée par l'Association Française de Topographie (AFT)

Membre de la FIG (Fédération Internationale des Géomètres)

107, rue La Boétie - 75008 Paris - Tél. : 01 43 98 84 80 - Fax : 01 42 25 41 07

Courriel : info@aftopo.org • Site Internet : <http://www.aftopo.org>

Editorial 5

Info-Topo

> Les informations de la profession 7

La vie des écoles

> L'ECS chez les Ch'tis 14

> Marc Renner, nouveau directeur de l'INSA
de Strasbourg 14

> Les étudiants topographes de l'INSA en voyage
d'études à Londres
Nathalie VANNES et Rémi GIANNO 16

Manifestation

> Capturez la réalité en 3D
Patrice GAUBERT 18

> Forum de la topographie
Jean-Pierre MAILLARD 20

Lasergrammétrie



> Relevés laser urbains par Systèmes Mobiles
de Cartographie
François GOULETTE 21

GPS



> Suivis topométriques et géodésiques liés au projet
de liaison ferroviaire entre Lyon et Turin
Michel BOISSENOT - Fabrice COL - Piero NURISSE
Ilario PREVITALI - Franco GALLARA - Stefano LIONE 27

Géomatique

> Utilisation d'un SIG nomade couplé à un GPS pour
cartographier les paysages du Sud-Ouest toulousain
Yves AUDA - Jean-François DEJOUX
Danielle DUCROT - Pierrette GOUAUX
Olivier HAGOLLE - Michel LEPAGE
Christophe SUERE - Gérard DEDIEU 35

Géodésie



> Entretien du réseau de nivellement par les triplets
Alain COULOMB 39

Hydrographie

> Du naufrage de l'Amoco Cadiz à Litto3D®
Gilles BESSERO 43

Cadastre

> Du cadastre napoléonien au cadastre en ligne
sur Internet
Pierre CLERGEOT 49

Toponymie

> Le CNIG valide la dénomination du Pount
Pierre JAILLARD 60

Histoire

> Pierre-Louis Moreau de Maupertuis
Elisabeth BADINTER 61

Réglementation

> La directive INSPIRE ou le chemin vers
l'administration électronique géographique
Marc LEBET 62

Art et Géométrie

> Le salon de Kandinsky "en musique" à Strasbourg
Jean-Pierre MAILLARD 66

Livres

..... 68

Récréation Cosmographique

> Raymond D'HOLLANDER 70

Pour la recherche de nos annonceurs consulter la page 69.

PROCHAIN XYZ - n° 120
Montpellier en perspectives

La profession topographique évolue tous les jours grâce notamment au développement des techniques informatique et spatiale et subséquemment à l'adaptation correspondante des matériels mis sur le marché.

Les moyens à la disposition des géomètres et topographes les ont conduit, au fur et à mesure des avancées technologiques, à changer leur approche des travaux et leurs méthodes de levé. Pour preuve, avec le balayage laser, c'en est fini des repérages, des points caractéristiques et report sur un plan qui sont maintenant remplacés par une extraction numérique des dits points choisis sur l'image. De même, on utilise désormais de nouvelles références, les satellites ayant remplacé les châteaux d'eau et les clochers.

Insensiblement, l'amélioration constante de la précision des mesures rapproche dans le champ de la topométrie des techniques employées par d'autres utilisateurs tels ceux de la navigation maritime, terrestre, aérienne, spatiale et de la télédétection, et réciproquement.

Les domaines de la navigation et de la télédétection sont portés par deux sociétés savantes respectivement l'Institut français de navigation (IFN) créé en 1953 et la Société française de photogrammétrie et de télédétection (SFPT) qui fête en 2009 son cinquantenaire. Dans ce paysage scientifique, l'AFT, apporte sa contribution, plus "terre à terre", depuis 1978. La convergence technologique et les thématiques proches militent pour un rapprochement des trois associations. Bien sûr cela ne doit pas diluer le périmètre d'activité et le centre de gravité de chacune qui doit conserver son identité. En revanche, il y a avantage à envisager des actions communes comme des colloques, échanges de services et information sur les publications respectives des associations. Dans cet esprit ce n° 119 publie l'article de Gilles Bessero "Du naufrage de l'Amoco Cadiz à Litto 3D" paru dans le numéro de janvier 2009 du *bulletin de l'IFN*.

L'ouverture proposée par l'AFT dans un cadre associatif n'est pas exclusive. Elle apprécie le contact pris avec le Comité français de cartographie ou encore GeoRezo et le partenariat engagé avec l'AFIGÉO. Celui-ci permet déjà la participation commune ou croisée à de nombreux salons et manifestations professionnelles notant déjà, en 2009, celles du Forum de la topographie au Lycée Dorian et les Rencontres de *SIG la Lettre* à l'ENSG. Le prochain rendez-vous est conjointement pris à l'automne au festival international de géographie de Saint-Dié-des Vosges où l'AFT et l'AFIGÉO vous attendront au salon de la géomatique.

Le sommaire du n° 119 appelle des prolongements dans le numéro d'XYZ suivant. Il publiera la deuxième conférence du Forum de la topographie dispensée par Thierry Villemin. Il contiendra aussi un article de Gilles Berteau en complément de la contribution de Pierre Clergeot (page 49), les auteurs ayant bien voulu transcrire dans les colonnes d'XYZ leur conférence à deux voix, donnée au CNAM, sur le cadastre. Ce numéro contient également un développement de Marc Léobet qui fait le point sur la mise en œuvre de la directive Inspire.

Une bonne façon de regarder vers le passé tout en se tournant résolument vers l'avenir !

Jean-Pierre MAILLARD

■ Autodesk offre le logiciel AutoCAD 2010 en téléchargement gratuit aux professeurs et aux étudiants

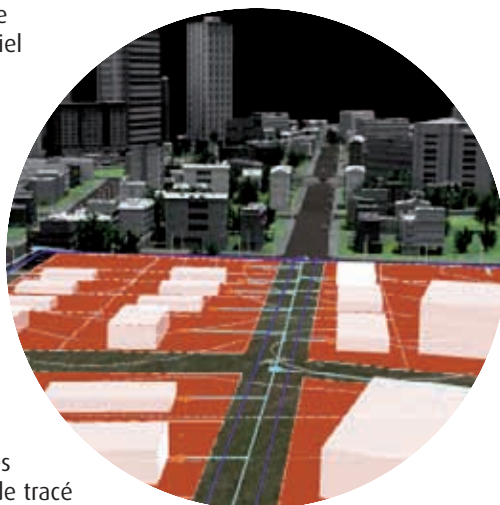
Pour la première fois, Autodesk propose gratuitement* AutoCAD 2010, son logiciel phare pour la conception et documentation 2D et 3D aux membres de son portail étudiant, c'est-à-dire les étudiants et enseignants membres de la communauté Student Engineering and Design. Ce site communautaire en ligne permet aux intéressés de télécharger gratuitement les logiciels professionnels d'Autodesk, de bénéficier de conseils de professionnels et d'offres d'emploi ou encore de faire partie d'un réseau social mondial.

AutoCAD 2010 propose par exemple des outils de conception de forme libre et de tracé paramétrique, ainsi qu'une gestion plus sophistiquée du format PDF et l'impression 3D.

De plus, ce logiciel permet aux étudiants inscrits sur le portail communautaire d'élargir la gamme de produits qu'ils peuvent utiliser pour développer leurs compétences dans des domaines essentiels comme le Digital Prototyping, la modélisation des informations du bâtiment (BIM) et la conception durable. Depuis son lancement en 2006, la communauté étudiante Autodesk s'est agrandie régulièrement et compte plus de 570 000 membres, représentant plus de 19 000 organismes d'enseignement dans 139 pays.

* Les produits gratuits sont soumis aux termes et conditions énoncés dans l'accord de licence d'utilisateur final joint à la version téléchargeable du logiciel.

► Pour plus d'informations : www.autodesk.fr



■ Un nouveau système GNSS Trimble R8

Le nouveau système GNSS Trimble R8 est basé sur la technologie Trimble R-Track™ et intègre la technologie de prévision du signal™ RTK, la compression de la correction RTK et l'architecture de la prochaine génération du système de positionnement par satellites GNSS. Le système Trimble R8 GNSS est un récepteur GNSS multi-canal, multi-fréquences, antenne, et radio bidirectionnelle. Il supporte un large éventail de signaux par satellite, y compris les GPS L2C et L5 et les signaux GLONASS L1/L2. Trimble s'est engagé à mettre à disposition des produits Galileo-compatibles avec ses clients avant que le système Galileo soit disponible. Le système GNSS Trimble R8 est capable de suivre les essais satellites Galileo expérimentaux GIOVE-A et GIOVE-B à des fins d'évaluation du signal d'essai.

L'amélioration de la technologie inclut des techniques de compression de la correction dans le nouveau protocole de communication CMRx pour optimiser la bande passante. Grâce à CMRx, les données de correction RTK pour tous les satellites et les signaux sont transmises depuis la base au support.

Le système GNSS Trimble R8 peut être joint au nouveau logiciel Trimble Access, permettant le partage des données et la collaboration entre les équipes de terrain et de bureau en toute sécurité dans un environnement Web.

Trimble a également annoncé l'ajout de la tablette Trimble Tablet™ Rugged PC à son portefeuille de produits d'arpentage.

► Pour plus d'informations : www.trimble.com



■ Enquête sur la relance

Patrick Devedjian, ministre chargé du plan de relance, a annoncé le projet du relèvement des seuils de déclenchement des enquêtes publiques "Bouchardeau". Rappelons que la loi Bouchardeau, votée en 1983, avait pour objet la démocratisation des enquêtes publiques et la protection de l'environnement.

Ainsi les aménagements, ouvrages ou travaux susceptibles d'affecter l'environnement, qu'ils soient réalisés par des personnes publiques ou privées, doivent être précédés d'une enquête publique au vu d'un dossier contenant une étude d'impact. L'initiative gouvernementale vise à accélérer le démarrage de chantiers d'infrastructure par la réduction du nombre des enquêtes.

Dans un avis du 7 mai 2009, le président de la Compagnie nationale des commissaires-enquêteurs (CNCE) qui représente 80 % des 4 600 chargés de la conduite des procédures publiques, Jacques Breton, regrette le défaut de consultation de son organisation.

Il donne acte au gouvernement de son pouvoir juridique à cet égard dans la limite de l'application des textes ratifiés par la France, la convention internationale d'Aarhus, la directive européenne du 26 mai 2003 et la charte constitutionnelle du 1^{er} mars 2005. En revanche il souligne l'intérêt de l'information, de la consultation et de la concertation dans lesquelles l'enquête publique s'inscrit dont les vertus aident à la diminution des contentieux et modifications tardives. Il redoute que cette décision gomme une partie des avancées du Grenelle de l'environnement. Enfin il estime la limitation de la participation et de l'influence du public constituer un net et inacceptable recul démocratique.

Dans l'esprit des enquêtes publiques il appelle le gouvernement au dialogue et à la concertation. La CNCE sera-t-elle entendue ?

► Pour plus d'informations : www.cnce.fr

■ Education au développement durable

TERRA PROJECT, l'ADEME, l'UNESCO/MAB et l'IRD présentent le premier portail qui donne accès gratuitement à des milliers de ressources pédagogiques sur le développement durable du primaire à la terminale et à un espace de travail pour les enseignants et leurs élèves.

► Pour plus d'informations : www.education-developpement-durable.fr

■ Des nouveautés chez Leica Geosystems

Le scanner laser Leica HDS6100 à mesure de phase remplace le modèle HDS6000. Les améliorations concernent une plage de température d'utilisation plus étendue (de -10°C à +45°C), une autonomie de batteries plus longue (2,5 heures de batterie interne), le pilotage par liaison sans fil et la réduction du bruit de mesure.



Le scanner HDS6100 permet de scanner jusqu'à 508 000 points par seconde par mesure de phase sur un champ de mesure de 360° x 310.

Les utilisateurs de scanners Leica HDS6000 ont la possibilité de mettre à jour leur scanner en HDS6100.

Ce système complète la famille des scanners Leica Geosystems qui inclut le modèle Leica ScanStation2 et le nouveau scanner très longue portée Leica HDS4400.

Scanner laser 3D Leica HDS6100

La station totale Leica TM30, créée spécifiquement pour les applications d'auscultation, succède aux stations totales reconnues TCA2003 et TCA1800.

La station TM30 offre une précision de 0,5" pour respecter les exigences dans les applications d'auscultation. Les distances peuvent être mesurées avec la technologie Leica PinPoint EDM. Sur les surfaces naturelles, la TS30 offre une précision de 0,6mm+1ppm sur prisme et de 2mm+2ppm en visée sans prisme et ce, jusqu'à 1000 m. Equipée de moteurs piézoélectriques de dernière génération, le système TM30 effectue des mouvements extrêmement rapides permettant des cycles de mesure plus courts.

La technologie SmartEye intègre trois nouvelles fonctionnalités. Les prismes sont automatiquement détectés à une distance maximale de 3000 m avec une précision millimétrique permettant une grande flexibilité sur le positionnement de l'instrument.

La fonction TargetView réduit le champ de vision de l'ATR à la zone d'intérêt et les prismes adéquats sont détectés sans interférence avec les prismes environnants.

La fonction TargetCapture permet d'utiliser la caméra ATR du télescope pour enregistrer l'image du point mesuré.



La station totale Leica TM30 destinée à la surveillance et l'auscultation.

Une nouvelle station totale de haute précision Leica TS30, de précision équivalente au modèle TM30, complète la gamme en combinant précision et suivi automatique. La combinaison des capteurs de Leica avec le logiciel Leica SmartWorx permet aux utilisateurs du modèle TS30 d'ajouter à leur station totale une antenne GNSS pour l'utiliser en SmartStation Leica TS30 : ainsi l'opérateur détient immédiatement les coordonnées de la station. De plus, l'antenne GNSS associée à l'unique prisme à 360° permet une configuration SmartPole.

► Pour plus d'informations : www.leica-geosystems.fr

■ Le réseau de stations permanentes ORPHEON

Le réseau de Stations Permanentes GNSS ORPHEON couvre la France métropolitaine, la Martinique, et la Guadeloupe. Ce réseau est porté par la société GEODATA DIFFUSION.

Le service ORPHEON peut s'appliquer à la plupart des modèles de récepteurs GPS ou GNSS récents de toutes marques (LEICA, MAGELLAN, TOPCON, TRIMBLE). La société propose des kits permettant de connecter des récepteurs d'anciennes générations à ORPHEON, comme par exemple les modèles LEICA 530, TRIMBLE 5700, et TRIMBLE 5800 dans le domaine de la précision centimétrique.

► Pour plus d'informations : acthyd@orange.fr

■ I2G et ses partenaires remportent le projet de thermographie aérienne de la Ville de Paris

Afin de répondre aux exigences techniques croissantes des projets de thermographie aérienne, I2G a mis en place dans le cadre d'un groupement de compétences avec sa filiale Aérodata France et la société ITC, de nouvelles méthodes de production basées sur le traitement d'images spatiales.

En complément de la production de données thermographiques, l'objectif de ce type de projet est aussi d'informer et de sensibiliser les propriétaires privés et institutionnels aux déperditions thermiques de leurs biens immobiliers. C'est dans ce cadre qu'I2G propose la diffusion des résultats des analyses thermiques sur Internet via la plate-forme websig DynMap (voir sur <http://www.sig.fr/annecy>). Exemples pour l'Agglomération de Rouen, du Havre, d'Elbeuf, la Ville d'Albi, le Conseil Général de Charente-Maritime, la Ville d'Annecy.

Sur la même lancée, l'année 2009 s'annonce riche en projets avec un marché grandissant et déjà de nouveaux territoires à thermographier : Ville de Paris, Communauté urbaine de Bordeaux, Agglomération de Colmar, de Périgueux, Communauté Urbaine d'Arras, Agglomération de Châlons-en-Champagne, etc.

► Pour plus d'informations : www.i2g.fr

■ Des nouveautés sur GeoRezo

Bienvenue dans l'annuaire de la géomatique et des SIG

Vous recherchez un lien vers un support de cours pour un logiciel SIG, des sources de données, des groupes d'utilisateurs, vous souhaitez mettre en valeur vos réalisations (webmapping, site de diffusion de données, etc.), Delicious ne répond pas à toutes vos attentes, Google ne prend en compte que les sites "bien" référencés...

Cet annuaire vous permettra de trouver facilement un lien vers une ressource dans le domaine des SIG et de la géomatique. Il est également au service des professionnels du secteur de l'information géographique qui ont la possibilité d'y référencer et d'y valoriser leur savoir-faire.

Cet outil est issu d'une volonté de mettre en commun des ressources toujours plus nombreuses, et jusqu'à aujourd'hui dispersées, se rapportant aux Systèmes d'information géographique, à la géomatique,

au GPS, à la télédétection, aux SGBD, à la cartographie, etc.

L'annuaire de la géomatique et des SIG est un service rendu par la mise en commun des ressources de trois sites francophones partenaires : le Petit Bazar Cartographique, le Forum SIG, et l'association GeoRezo – le portail géomatique.

Cet annuaire est appelé à s'enrichir continuellement à l'aide de vos contributions... Vous pouvez partager vos favoris ou diffuser un lien après une découverte intéressante. N'hésitez pas à enrichir ce site, qui pourrait devenir votre propre répertoire de favoris !

Construisez avec nous cet outil de veille technologique unique : proposez des sites, informez des changements d'adresses, votez pour vos sites préférés. Vos contributions sont les bienvenues. Nous comptons sur vous !

L'annuaire GeoRezo :

<http://georezo.net/annuaire>

Le petit bazar cartographique :

<http://www.petitbazarcarto.net>

Annuaire SIG :

<http://www.annuaresig.org/>

■ GeoFormations – Un nouvel espace sur les formations en géomatique

GeoRezo et Afigéo ont le plaisir de vous annoncer la sortie de GeoFormations, le nouvel espace sur les formations francophones en géomatique.

S'appuyant sur un Wiki, outil de rédaction collective, cette nouvelle ressource du Web remplace l'ancien GéoForm, devenu obsolète.

GeoFormations conserve le même objectif de référencer les formations diplômantes dans les domaines de la géomatique. Le choix du Wiki offre la possibilité à chacun de venir ajouter une formation et renseigner celles existantes (identifiant et mot de passe sont ceux des forums du GeoRezo).

Vous pouvez participer à l'enrichissement de ces ressources !

Un forum spécifique aux échanges sur la formation est également ouvert pour servir d'appui à ce nouvel espace.

GeoFormations :

<http://georezo.net/wiki/formation:start>

Le forum Formations :

<http://georezo.net/forum/viewforum.php?id=50>

www.afigeo.asso.fr

georezo.net

Optech

Nouveau ! IIris HD

Un scanner à deux visages



Deux modes de fonctionnement :

10.000 points par seconde : précision 7mm à 100 mètres

Ou

2.500 points par seconde : précision 3-4 mm à 100 mètres

Portée

850m sur objet à 20% de réflectance ou 1.200m avec l'option ER

Résolution

Espacement minimum entre points : 1,3mm à 100 m

Scan dynamique

Scan depuis un véhicule en mouvement avec l'option MC (interface avec centrale de positionnement dynamique)

Maury Informatique - 13 route de Pontivy - 56890 MEUCON - Tel/Fax : 02 97 44 54 41 - mauryinfo@magic.fr

■ Vu au concours Lépine International 2009

Catégorie 1 – Bâtiment
P'TIT NIVEAU d'Ivan JAGER

Le "P'tit niveau" est un niveau à bulle qui se clippe sur le ruban du Speed Tracer. Le Speed Tracer, ainsi équipé, permet de tracer sur des murs ou parois, des repères précis, soit horizontaux, soit verticaux, et à des distances déterminées. Indispensable pour tous les travaux d'intérieur ou d'extérieur.

PRIX DU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE

Catégorie 3 – Bureautique

EASYMETROS : UN PLAN DE METRO VOCAL de Florence POULET-DAUMAS

De la taille d'un téléphone mobile, EasyMétros vous permet d'obtenir vocalement et sur un écran votre itinéraire et le temps estimé du trajet. EasyMétros est une alternative ludique et pratique aux plans papier des transports en commun.



■ 2^e festival d'Astronomie à Tautavel



La municipalité de Tautavel organise son deuxième festival d'Astronomie du 23 au 26 juillet inclus.

Cette manifestation, gratuite et ouverte à tous les publics, s'insère dans le cadre de l'année mondiale de l'astronomie 2009 et coïncide avec la nuit des étoiles 2009.

La journée, différents ateliers, conférences et séances de planétarium seront organisés. Des médiateurs spécialisés en astronomie animeront les observations du soleil (en journée) et les observations nocturnes avec centaine de lunettes et télescopes.

► Pour plus d'informations : www.astreschevelus.fr

■ La technologie STAR-APIC au service des collectivités

Angers Loire Métropole met à la disposition du grand public, depuis le mois de septembre 2008, une carte interactive des pistes cyclables, accessible directement depuis son site Internet. Cette application en ligne permet de faire une recherche par rue ou par commune, ou de calculer la distance d'un point à un autre. Elle propose outre le réseau cyclable existant dans les 31 communes qui composent l'agglomération, les sens de circulation, ainsi que les secteurs piétons et les loueurs/vendeurs et réparateurs de cycles. A terme, Angers Loire Métropole disposera d'une application SIG généraliste, qui donnera accès aux cadastres des 31 communes, aux plans de ville ainsi qu'aux orthophotographies et qui sera déclinée en version intranet/extranet ainsi qu'en internet.

La Communauté d'Agglomération de Poitiers (CAP) a choisi de diffuser le Plan Local d'Urbanisme (PLU) de son territoire sur Internet. Mise en ligne depuis le mois de mars 2009, cette carte thématique

permet au plus grand nombre de citoyens (près de 140 000 habitants) d'accéder au PLU des communes du territoire. Cette action s'inscrit dans le cadre de la révision du PLU qui aboutira en février 2011.

► Pour plus d'informations : sig.angersloiremetropole.fr/carte_cycle/ sig.agglo-poitiers.fr/caplu/

STAR-APIC lance son SIG nomade Elyx Mobile

Véritable SIG professionnel, Elyx Mobile permet de saisir, de consulter et de mettre à jour vos données cartographiques et alphanumériques directement sur le terrain. Elyx Mobile s'inscrit pleinement dans la gamme des logiciels STAR-APIC pour assurer, à terme, une connexion avec Elyx Office. Ce logiciel est donc particulièrement intéressant pour toute une série de métiers tels que les services publics, les gestionnaires de réseaux, les services de gestion forestière, les scientifiques, les services de police...

► Pour plus d'informations : <http://star-apic.com>

COMITÉ DE LECTURE D'XYZ

BAEHR Hans-Peter, Université de Karlsruhe

BAILLY André, Ingénieur ESTP

BILLEN Roland, Université de Liège

BORDIN Patricia, ENSG

BOTTON Serge, ENSG

BRETAR Frédéric, Laboratoire MATIS, IGN

CHRISMAN Nicholas, Université Laval, Québec

DEBARBAT Suzanne, Astronome Observatoire de Paris

DISSARD Olivier, ENSG

D'HOLLANDER Raymond, Ingénieur Général Géographe, IGN

DONNAY Jean-Paul, Université de Liège

DRAP Pierre, Chargé de recherches CNRS

DUQUENNE Henri, IGN

DUQUENNE Françoise, IGN

DURAND Stéphane, ESGT

FERHAT Gilbert, INSA de Strasbourg

GRUSSENMEYER Pierre, INSA de Strasbourg

HENO Raphaële, ENSG

HOMBROUCK Laurent, Ingénieur ENSAIS, Grenoble

KASSER Michel, Directeur ENSG, IGN

KOEHL Mathieu, INSA de Strasbourg

LANDES Tania, INSA de Strasbourg

MAILLARD Jean-Pierre, Urbaniste, Géomètre-Expert Foncier

MAYOUD Michel, Ingénieur ESGT

MERMINOD Bertrand, Professeur EPFL, Lausanne

MOREL Laurent, ESGT

NATCHITZ Emmanuel, ingénieur ETP

NICOLAS Joëlle, ESGT

PANTAZIS N. Dimos, Technological Education Institution (TEI), Athènes

POLIDORI Laurent, Directeur de l'ESGT

RAVEZ Bertrand, Bouygues TP

REIS Olivier, Ingénieur ENSAIS

RIFFAULT Jacques, Directeur Commercial

ROCHE Stéphane, Université Laval, Québec

RUAS Anne, Chef du Cogit, IGN

VINCENT Robert, Ingénieur ECP

WILLIS Pascal, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées

L'Association paritaire des géomètres topographes photogrammètres (APGTP)



Association du Patrimoine
Géomètre - Topographe - Photogrammètre

L'APGTP a été créée dans le cadre de la convention collective nationale des géomètres-experts, géomètres topographes, photogrammètres et experts fonciers. Cette convention collective est appliquée depuis le 1^{er} septembre 2006 à l'ensemble des cabinets et des entreprises de la branche professionnelle.

L'APGTP, dont la mise en place procède de la promotion du dialogue social, a pour mission de mettre en œuvre les décisions des partenaires sociaux membres de l'association :

- pour le collège employeur, l'UNGE, qui représente les géomètres-experts, le SNEPPIM, qui représente les photogrammètres, et le CSNGT, qui représente les géomètres topographes,
- pour le collège salarié, les organisations syndicales présentes sont la CFDT, la CFTC, la CFE-CGC, la CGT, la CGT-FO.

Cela se concrétise à travers des projets qui doivent bénéficier aux employeurs comme aux salariés. Les sujets retenus sont la résultante d'accords entre les syndicats qui siègent dans deux commissions aux rôles parfaitement définis.

La commission paritaire nationale de la négociation collective (CPNNC) interprète à la demande les textes en vigueur, sur proposition d'une organisation syndicale employeur ou salarié, propose et rédige des avenants à la convention collective et enfin négocie et fixe les salaires minimaux des salariés.

La commission paritaire nationale de l'emploi et de la formation professionnelle (CPNEFP), à titre principal, analyse la situation économique et celle de l'emploi de la profession et définit une politique de formation.

La singularité de l'APGTP vient du fait qu'elle est coprésidée par un représentant de chaque collège. Actuellement, la coprésidence est assurée par des représentants de l'UNGE et de la CFDT étant observé un renouvellement des mandats tous les deux ans.

En relais des commissions nationales, la branche professionnelle a mis en place des commissions paritaires régionales, celles-ci au nombre de 18, chacune composée de cinq membres de chaque collège. Elles suivent l'application de la convention collective, analysent l'emploi et les besoins en formation, concilient les différends collectifs ou individuels, et enregistrent les licenciements économiques.

Depuis le 15 octobre dernier l'ensemble des commissions travaille sur la gestion prévisionnelle des emplois et des compétences, autrement dit on cherche à définir les emplois de demain aux moyens d'un référentiel et d'une grande enquête sociale envoyée dans les cabinets et entreprises. Ces enquêtes sont accessibles à partir du site Internet www.apgtp.fr

Les partenaires sociaux sont convenus d'établir une photographie des besoins en formation, des conditions salariales et des conditions de travail. La connaissance de l'état des lieux servira les différentes négociations, récemment engagées, sur la grille de classification, l'égalité hommes/femmes, l'insertion des travailleurs handicapés, la grille salariale, etc.

A terme, cela facilitera les entretiens professionnels prévus par la convention collective en supposant l'accroissement de l'offre de formation. Cet accroissement passe par la mise en place de certificat de qualification professionnelle (CQP) qui permettra aux employeurs d'augmenter l'employabilité de leurs salariés, et aux salariés d'obtenir une

classification plus élevée, donc une augmentation de leur rémunération. Les partenaires sociaux travaillent avec l'AFPA à la mise en place d'un CQP techniques topographiques et foncières destiné à un public classifié en niveau II pour leur permettre d'obtenir, en fin de formation, un niveau III 1.

En conclusion, l'on peut dire que le souci permanent des partenaires sociaux est de faire évoluer les relations sociales entre employeurs et salariés par des accords "gagnant gagnant" ●

Sébastien CHATAIN

Délégué Général de l'APGTP

► Pour plus d'informations : www.apgtp.fr



Agenda des manifestations

■ Du 29 au 30 juin 2009

4^e rencontres des dynamiques régionales en information géographique

Lille - www.afigeo.asso.fr

■ Du 1^{er} au 2 septembre 2009

Laserscanning 2009 ISPRS Workshop - Paris

www.laserscanning2009.ign.fr

■ Le 3 septembre COSI 2009

Séminaire d'intégration de l'ESTP

Cachan - www.estp.fr

■ Du 16 au 18 septembre 2009

Journées de la Topographie

INSA de Strasbourg

www.insa-strasbourg.fr

■ Du 22 au 24 septembre 2009

INTERGEO Karlsruhe

Allemagne - www.intergeo.de

■ Du 30 septembre au 1^{er} octobre 2009

Journées francophones ESRI

Versailles - www.esrifrance.fr

■ Du 1^{er} au 4 octobre 2009

FIG Saint-Dié-des-Vosges

www.fig-saintdie.com

■ Du 19 au 22 octobre 2009

Conférence régionale de la FIG

Hanoi - Viêt Nam - www.fig.net

■ Les 26 et 27 janvier 2010

5^e Colloque interdisciplinaire en instrumentation "C2I 2010"

Le Mans - www.C2I2010-lemans.org

Journées de la Topographie 2009 sur le thème de l'éthique professionnelle en topographie

La spécialité Topographie de l'INSA de Strasbourg prépare sa 7^e édition des Journées de la Topographie, qui auront lieu dans ses locaux, du mercredi 16 au vendredi 18 septembre 2009.

Les grandes lignes du programme sont :

Mercredi et jeudi : Soutenances de projets de fin d'études des étudiants ingénieurs. Les sujets et planning de passage sont consultables sur le site de l'INSA (cf. ci-dessous).

Vendredi 18 : Tribune des Spécialistes et Salon des Exposants, qui accueillera une vingtaine de stands présentant du matériel, des logiciels et des solutions topographiques.

Tous les ans, les JT se déclinent autour d'un thème fédérateur débattu lors d'un moment fort des Journées, celui de la Tribune des Spécialistes. Le sujet de cette année - l' "**Ethique professionnelle en topographie**" - ne concernera pas uniquement les ingénieurs géomètres topographes, mais toutes les catégories socioprofessionnelles confondues. Ce thème passionnant attirera autour de la table ronde un ensemble d'intervenants issus de divers horizons professionnels (économiste, sociologue, architecte et bien sûr géomètre-expert).

L'éthique professionnelle est un véritable enjeu pour une réussite durable. Ce concept plonge ses racines dans la morale. Il revient finalement à distinguer le bien du mal dans nos comportements professionnels et s'intègre, certainement non sans difficultés, à la culture de nos entreprises. A l'instar de la déontologie, l'éthique professionnelle se construit autour de codes et de règles. Elle doit cependant aller plus loin et dépasser ce qui se réduirait rapidement à un simple carcan sans ambition, sans envergure. Sa vocation est résolument tournée vers l'humain, vers son épanouissement, vers son émancipation en quelque sorte... L'éthique professionnelle est-elle compatible avec la libre concurrence ? Est-elle un frein à l'efficacité ? Quelle place doit-elle avoir au regard de la mondialisation ? Quels moyens doit-on inventer pour garantir sa nécessaire promotion ? L'actualité récente nous montre que son absence fait le terreau de la corruption et du malheur des Hommes. L'Histoire nous a prouvé aussi que le reniement de l'éthique n'est pas l'apanage de tel ou tel clan politique...

L'éthique professionnelle est une nécessité économique. C'est par elle que se moralisera le marché, lui-même garant de la liberté d'entreprendre, source de croissance. Sa construction est continue car elle suit les évolutions de la société, qu'elles soient morales ou technologiques. Elle est une action collective, construite par les Hommes, pour les Hommes. L'une d'entre elles, certainement la plus connue, est le commerce équitable.

L'éthique professionnelle est devenue une composante obligée de l'enseignement. Ses vertus, mais aussi ses fragilités font



parties intégrantes des programmes d'un nombre croissant de grandes écoles et d'universités. L'éthique professionnelle est donc une nécessité pour l'entreprise moderne. Elle s'organise, s'enrichit et se développe autour de valeurs humaines réfléchies et finalement admises par tous.

Les géomètres n'ont-ils pas dans ce domaine des prédispositions particulières ? Qui d'autre qu'eux assure la position exacte des repères d'une propriété ? Quel autre professionnel flirte quotidiennement avec les repères géodésiques ? Alors des prédispositions, oui, nous en avons ! A nous d'inventer, de développer et de maintenir les balises indispensables à l'éthique professionnelle ! Comme nous l'avons été dans d'autres domaines, soyons des précurseurs de cette **éthique attitude** !

Les trois journées seront clôturées par la remise des diplômes d'ingénieur topographe, au cœur du laboratoire de topographie, sous le regard et les applaudissements de tous les professionnels, étudiants et enseignants de la spécialité. Autour du verre de l'amitié, les plus courageux pourront se disputer une partie de Topopoly !

Nous comptons sur votre présence ! ●

► Pour tout renseignement :
www.insa-strasbourg.fr/fr/journees-de-la-topographie/
Contact : Tania LANDES - tania.landes@insa-strasbourg.fr

L'ECS chez les Ch'tis

Le vendredi 5 juin 2009 à Loos-en-Gohelle à côté de Lens, l'Ecole Chez Soi partenaire de l'opération Villavenir a organisé pour soixante élèves une visite pédagogique sur la mise en oeuvre des techniques HQE® avec l'intervention d'experts. La formation à distance n'exclut pas des visites de terrain même si cette fois, les participants qui représentent moins de 1% de l'effectif de l'école font figure de privilégiés. Le n° 114 d'XYZ a fait connaître cette opération "Villavenir" de sensibilisation au développement durable initiée par la fédération française du bâtiment Nord Pas-de-Calais.

Les autres partenaires manifestent leur concours chacun dans son domaine. Le service développement durable d'EDF bleu ciel a présenté des solutions environnementales qui vont de la pompe à chaleur en passant par la production d'eau chaude solaire ou encore le photovoltaïque. Le fabricant mondial Unibéton a démontré l'intérêt des nouveaux bétons dépolluants. Le groupe Aldès a sensibilisé à l'importance des systèmes de ventilation. L'entreprise de charpentes et ossature bois Laurence a souligné les atouts de la filière bois face aux exigences de la basse consommation. L'entreprise Loison, spécialiste de la construction métallique a fait valoir la maison Villavenir en métal, construite aux normes de la RT 2012.

Pour sa part, l'équipe de Villavenir a clos la journée d'études sur les engagements qu'impliquent un tel projet de construction HQE®. Entre-temps, les élèves ont participé à un "pic-nic dating" avec tous les partenaires auxquels l'entreprise de recrute-



ment en intérim ManBTP se joint en proposant à cette occasion ses offres d'emplois et de stages.

L'enseignement virtuel c'est bien, le concret aussi. ●

L'ECS et le diplôme de géomètre expert

En 2008, l'Ecole chez soi a conduit onze de ses élèves au diplôme d'Etat sur douze présentés. La performance doit être soulignée et les compliments de l'AFT mérités.

► Pour tout renseignement : www.ecolechezsoi.net

Nouveauté au lycée Dorian :

la licence professionnelle aménagement et géomatique (LPAG) - voir XYZ n°117 - est ouverte à l'apprentissage dès la rentrée 2009.

► Pour tout renseignement : www.lycee-dorian.org

Marc Renner, nouveau directeur de l'INSA de Strasbourg



Marc Renner est directeur de l'Institut national des sciences appliquées de Strasbourg depuis le 1^{er} mars 2009. Il succède à Marie-Christine Creton qui a dirigé l'établissement depuis 2000.

Marc Renner, professeur des universités, a été directeur de l'Ecole nationale supérieure

des industries textiles de Mulhouse (ENSITM) de 1995 à 2006, jusqu'à la fusion avec l'Ecole nationale des sciences appliquées de Mulhouse (ESSAIM). De cette fusion est née l'Ecole nationale supérieure d'ingénieurs sud Alsace (ENSISA), où il était enseignant-chercheur.

Ingénieur de formation, il a soutenu une thèse de docteur ingénieur en 1984 et une thèse de doctorat ès sciences en 1986. Il est nommé professeur en 60^e section (mécanique, génie mécanique et génie civil) en 1988. Il a exercé cette fonction, respectivement à l'Institut de recherche polytechnique (IRP), à l'ESSAIM, à l'ENSITM puis à l'ENSISA.

L'INSA de Strasbourg est un établissement public à caractère scientifique culturel et professionnel. L'école, dont

les origines remontent à 1875, a rejoint le réseau des INSA en 2003. L'INSA de Strasbourg accueille 1300 étudiants dans ses locaux, sur le campus universitaire de l'Esplanade, à deux pas du centre-ville.

L'INSA de Strasbourg est habilitée par la Commission des titres d'ingénieur à délivrer le diplôme d'ingénieur dans sept spécialités en formation initiale (génie mécanique, plasturgie, mécatronique, génie civil, topographie, génie climatique et énergétique, génie électrique) et dans deux spécialités en alternance (mécanique et le génie climatique et énergétique).

Il est aussi habilité par la Commission culturelle, scientifique et technique du Ministère de la culture à délivrer le diplôme d'architecte INSA de Strasbourg. ●

Les étudiants topographes de l'INSA en voyage d'études à Londres

■ Nathalie VANNES et Rémi GIANNO

Cette année, les élèves-ingénieurs de 4^e année de la section topographie de l'Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg ont choisi d'effectuer leur voyage technique dans la capitale du Royaume-Uni, à Londres. Ce voyage s'est déroulé suite au projet développé et mené de bout en bout par Marine Degrain, du 28 janvier au 1^{er} février 2009.

1^{er} jour : Science Museum

Le voyage Strasbourg-Londres s'est fait en train, avec l'Eurostar, ce qui a pour avantage d'arriver directement en plein centre de Londres. Une fois en gare de Londres, Marine Degrain à notre tête, nous avons rejoint l'auberge *the acacia hostel* situé à Kensington, qui se trouve être un quartier très fréquenté par les Français, avec notamment la présence de l'ambassade, et d'un institut français.

Après avoir posé nos bagages dans nos chambres-dortoirs, nous nous sommes dirigés vers le musée des sciences où nous avons rendez-vous avec Mme Landes et M. Ledig. *The Science Museum* est situé sur *Exhibition Road* à proximité de l'auberge. Marine avait planifié la visite de ce musée, car il possède une exposition dédiée à la topographie. Malheureusement, celle-ci était en travaux pendant notre visite. Nous avons toutefois pu admirer quelques anciens instruments de topographes qui nous étaient familiers, puisque le

second étage consacrait tout un secteur au thème des "mathématiques". Il présentait une multitude d'instruments de dessin (pantographes) et de calculs (règles à calculs), datant du XVII^e ou XVIII^e siècle. Ce musée nous a occupé durant l'après-midi. Il s'est avéré être très intéressant, traitant un nombre considérable de sujets scientifiques tous bien détaillés. Tous les thèmes d'expositions et même quelques instruments bien documentés peuvent être consultés sur le site internet <http://www.sciencemuseum.org.uk/>.

A partir de 18 h, nous étions libres de nous séparer pour visiter chacun à sa manière la capitale anglaise. Des petits groupes se sont formés, et dispersés dans l'immense fourmilière illuminée de toutes parts, avec les plans du métro qui recensaient les divers lieux à visiter.

2^e jour : Greenwich, National Maritime Museum and the Queens house

La visite de Greenwich était un des buts principaux du voyage. En effet, il s'agit d'un lieu emblématique compte tenu de notre cursus, les références à Greenwich étant omniprésentes dans nos cours.

The Royal Observatory se trouve au sommet d'une petite colline qui surplombe Greenwich. Il a été créé en 1675 par le roi Charles II dans le but de trouver une solution au problème du calcul de la longitude pour les navires en mer et hors de portée de vue de la terre. Suite aux percées essentielles dans les méthodes de navigation, grâce notamment aux travaux de John Flamsteed (premier astronome royal), les marins purent utiliser les méthodes de l'astronomie pour résoudre le problème de la longitude en mer. Ainsi, la Grande-Bretagne devint le producteur de cartes nautiques le plus important des XVIII^e et XIX^e siècles.

Jusqu'au XIX^e siècle, chaque pays basait ses propres mesures de longitude sur la pratique et l'usage locaux. La France utilisait le méridien de l'Observatoire de Paris comme point méridien origine, l'Italie utilisait le méridien de Naples, les Suédois celui de Stockholm et les Espagnols celui de Ferro. Dans les années 1850, il devint évident qu'un système d'heure et de longitude international s'imposait. En 1884, la Conférence internationale du Méridien se déroula à Washington dans le but d'examiner cette question. Après un mois de délibérations avec 25 pays réunis, il fut convenu que l'on adopterait le Méridien de Greenwich (longitude 0°) comme méridien d'origine pour le monde entier [extrait de la brochure distribuée par l'observatoire royal].

A l'entrée de l'enceinte de l'observatoire se trouve une plaque d'étalement des unités de mesure britanniques. Devant

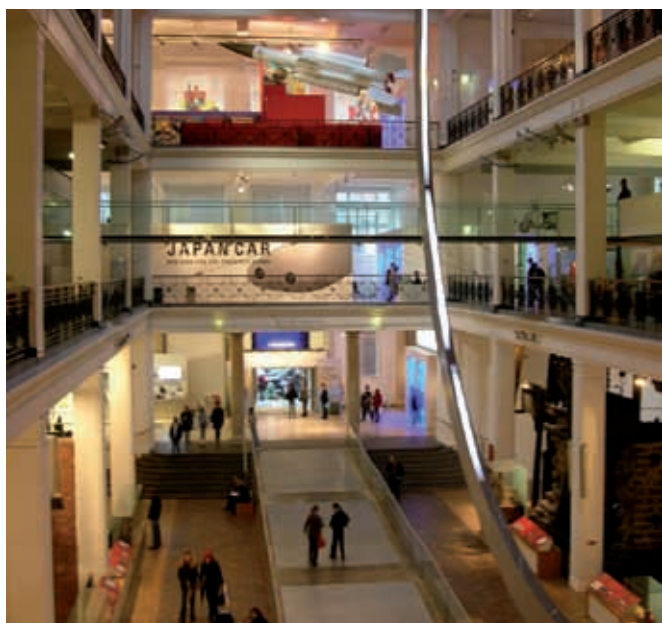


Figure 1. *The Science Museum.*



Figure 2. Photo de groupe autour du méridien origine, devant l'horloge de très haute précision.

l'observatoire se trouve la matérialisation au sol du méridien origine. Le long de cette ligne est inscrit le nom de nombreuses capitales du monde, accompagnées de leurs longitudes respectives. Surplombant la ligne dessinée au sol, une horloge digitale de très haute précision donne l'heure GMT (*Greenwich Mean Time*) (Figure 2).

Un peu à l'écart de l'observatoire et à côté de la maison de Flamsteed, se trouve une maisonnette où l'on peut observer l'effet produit par *the Camera Obscura* : il s'agit d'une image de la rue projetée sur une table blanche dans une pièce complètement obscurcie. L'observatoire abrite aussi un musée d'anciennes horloges astronomiques de haute précision.

L'après-midi, nous avons visité *the National Maritime Museum* dont la collection de sextants et autres instruments de navigation était pour le moins impressionnante. Cependant, il n'y avait malheureusement aucune explication relative à leur utilisation. Près de ce musée, *the Queens House* était ouverte à la visite. On a pu y voir des intérieurs et des décorations magnifiques.

3^e jour : *University of East London*

Au matin du 3^e jour, nous nous sommes un peu éloignés de Londres en nous rendant dans la périphérie, près des anciens docks du long de la Tamise. Dans ce quartier des Docklands a été construit le campus universitaire accueillant *the University of East London*, où nous avons été chaleureusement accueillis.

Après un petit déjeuner, et une présentation en amphithéâtre de la section topographie, nous avons eu la chance de visiter une partie des bâtiments de cette très grande université, en constatant les énormes moyens dont ils disposent. La Figure 3 présente le bâtiment comprenant une bibliothèque et des salles de TP avec un nombre impressionnant d'ordinateurs. Cette université dispense une formation "undergraduate", c'est-à-dire jusqu'au niveau équivalent à Bac+3 (niveau "bachelor") dans le domaine des technologies de l'information et de l'ingénieur, avec notamment des enseignements en génie civil et en topographie. Leurs promotions comptent environ 50 étudiants par classe et par an. Les modules enseignés se rapprochent de ceux suivis à l'INSA, à savoir la géodésie, la photogrammétrie, le droit, la télédétection, les GPS, les systèmes d'information géographique, la cartographie, le DAO, les mé-



Figure 3. Bibliothèque, salles d'info et centre de calcul du Campus.

thodes et techniques de mesures, etc. Nous n'avons malheureusement pas pu rencontrer d'étudiants intégrés à la formation de topographe, du fait de l'inter-semestre. Le site web regorge d'informations pour les étudiants intéressés par un semestre d'études dans cette université : <http://www.uel.ac.uk/> L'après-midi, nous avons eu quartier libre, avant de nous retrouver le soir dans un petit restaurant dans le quartier de Soho. Nous avons partagé un repas tous ensemble, avec les professeurs. Ce moment a été très apprécié de tous.

4^e et 5^e jours

Durant la journée du samedi, la majorité des personnes en a profité pour finir de visiter les lieux incontournables de Londres, faire les boutiques, et goûter au fameux *Fish and Chips* ! Dimanche midi, nous prenions le train pour rentrer à Strasbourg.

Conclusion

De l'avis de tous, ce voyage technique a été un succès. Tout le monde y a trouvé son compte, en visites et en partage de moments particuliers les uns avec les autres. En effet, cela nous a permis de nous côtoyer en dehors des cours. Nous avons eu la chance de profiter d'un temps superbe et ensoleillé à l'exception du premier jour. Les musées étaient tous gratuits, ce qui fut très appréciable, et ce qui montre la volonté de laisser un accès facile à la culture. Nous avons constaté sans surprise que Londres est une ville cosmopolite et très active. Enfin, ce séjour a été bénéfique pour notre anglais ! ●



"Capturez la réalité en 3D"

Lycée Dorian - 30 mars 2009

■ Patrice GAUBERT

Ceux qui connaissent ma passion pour la technique laser 3D couramment nommée scan laser comprennent ma joie de faire de nouveau le compte rendu d'un colloque réussi sur le sujet. Cette journée-là était organisée par la société Leica Geosystems au Lycée Dorian et ouverte à un large public. Les 120 participants se répartissaient en possesseurs de scanner, utilisateurs 2^e niveau (qui louent, ou sous-traitent la saisie), utilisateurs potentiels et même quelques prescripteurs. Comme à l'ESGT, j'ai eu le plaisir de voir plusieurs membres de l'AFT.

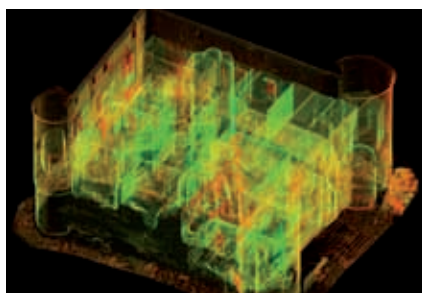
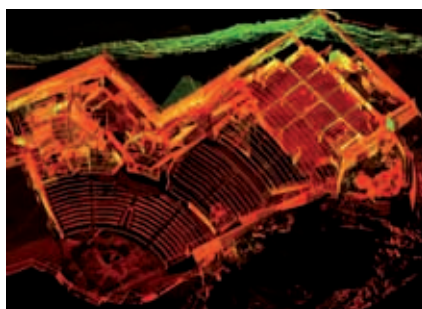
Des premières conférences, qui étaient des présentations générales, je retiendrai d'une part la remarque de Jean-Philippe Picon sur le balayage laser, seule activité en croissance chez Leica dans cette période de crise et d'autre part celle de Jean-François Delarue signalant, mis à part les écoles d'ingénieurs, le Lycée Dorian comme seul établissement d'enseignement de la topographie proposant un cours sur le scan laser 3D.

Nous rentrons dans le vif du sujet par la présentation de la technique par Benjamin Outrey, chef de produit HDS chez Leica. Il nous montre sa gamme de scanner, dont le tout nouveau scanner longue portée HDS 4400. Nous nous répartissons en trois groupes, qui suivront chacun, deux des trois ateliers proposés. Chacun de ces ateliers comporte un exposé, par un ingénieur Leica, des possibilités de la technique dans le domaine, illustré par une courte démonstration, divers exemples, et surtout une présentation approfondie par

un utilisateur de chantier réalisés par son entreprise.

Atelier Architecture

On nous explique que le balayage laser 3D permet l'acquisition rapide de données exhaustives et précises en toute sécurité, en particulier là où le marché demande des relevés de plus en plus détaillés de formes de plus en plus complexes, dans des délais toujours plus courts. Ces données HDS permettent de réaliser des mesures, des plans, des coupes, des orthophotos, des maillages et des modélisations à la demande. Ce discours est corroboré par une présentation d'Alban Cianferani, géomètre-expert associé au Cabinet Sompayrac Cianferani Prieu, de diverses opérations, certaines exploitant la complémentarité de leurs deux scanners "temps de vol" et "phase". Un exemple très complet sur le château de Villarzél, montre non seulement les scans et leur assemblage, mais également des plans, coupes et façades. Un deuxième chantier présenté concernait des relevés de la Chapelle des Réparatrices de Pau,



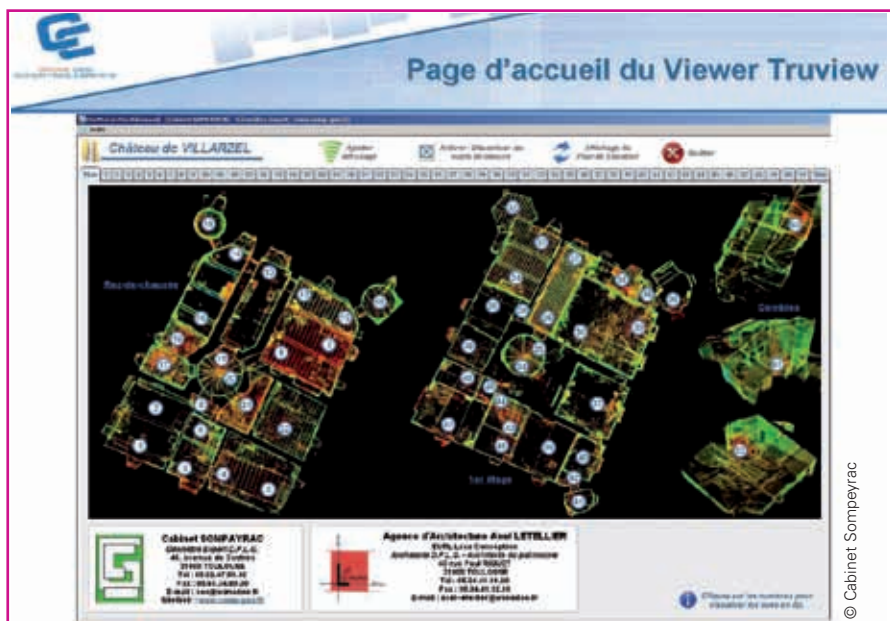
relevés destinés à un bureau d'acousticiens. Nous en retirons une bonne vision de ce que le balayage laser peut apporter dans le domaine.

Atelier Industrie

Nous comprenons d'abord que le milieu industriel bénéficie pour ses bâtiments des avantages exposés en architecture, mais s'y ajoutent des fonctions de relevés de tuyauteries, de détection d'interférence entre un état scanné et un projet, de modélisation spécifique. Ensuite Monsieur Julien Delaby présente des applications réelles de sa société, Consultec : la modélisation 3D d'une cimenterie Premix, et un contrôle 3D de cuves de kérosène pour Total. Conclusion : la technique de scan permet, après un lever rapide et sans contact, tant une aide à la rétroconception qu'un contrôle de déformation ou un socle pour une gestion d'usine numérique.

Atelier B.T.P.

La présentation générale de diverses applications en milieu BTP montre que certaines sont en continuité avec les applications des autres ateliers, alors que d'autres sont plus spécifiques, comme les relevés de tunnels ferroviaires par scanner embarqué sur un chariot, l'étude du respect des gabarits ou les levers routiers et extractions de profils, les levers miniers et les cubatures qui sont des applications de levers topographiques par scanner. M. Eric Rabaud de FIT présente des applications de sa société concernant des travaux en lever de tunnel et d'autoroute, et en particulier une série de 3 relevés effectués dans le tunnel sous la Manche dans la zone sinistrée par l'incendie de septembre 2008 : le premier en relevé de l'état brut, le deuxième après curage des zones affaiblies, le troisième après réparation de la zone.



Lors des ateliers a été présentée une fonctionnalité intéressante pour communiquer de façon simple et efficace autour du projet entre collègues, prestataires et clients. Le logiciel Truview permet en effet à chacun de visualiser à travers Internet les nuages levés, y effectuer des mesures et annoter le nuage tant à titre de commentaire que de demande de prestation sur une zone prédéfinie.

cela ne tiendrait pas dans un simple compte rendu. Aussi, en guise de conclusion, je m'en tiens à une réflexion suscitée par une remarque de l'organisateur : "ceux qui ont vu ce jour un scanner tourner pour la première fois ont été épatés". Mais comment se fait-il, en France, que dix ans après l'introduction d'une technique topographique, si révolutionnaire soit-elle, il y ait encore des topographes qui n'aient pas vu un scanner fonctionner ? C'est pourquoi je salue la société Leica d'avoir organisé une telle journée, et félicite le Lycée Dorian d'inclure cette technique au programme de son enseignement. ●

L'exploitation de ces scans a permis de définir mètre par mètre les qualitatifs et quantitatifs des matériaux de réparation. Après cet exposé détaillé, il ne lui reste plus beaucoup de temps pour développer les autres dossiers, comme ceux du complexe souterrain A14/A86 à Paris la Défense, ou, plus loin sur la A86, du tunnel Socatop. Les applications BTP, qui ne viennent pas aussi vite à l'esprit que

l'architecture ou l'industrie quand on parle de balayage laser scanner paraissent cependant extrêmement variées et prometteuses.

Conclusion

Cette journée aura montré pas mal d'applications du scan laser. On n'insistera pas sur les logiciels mis en œuvre,

Olivier Reis

Ingénieur géomètre-topographe ENSAI Strasbourg
Diplômé de l'Institut de traducteurs et d'interprètes (ITI) de Strasbourg

9, rue des Champs F-57200 SARREGUEMINES
Téléphone : 03 87 98 57 04 Télécopie : 03 87 98 57 04 E-mail : o.reis@infonie.fr

Pour toutes vos traductions d'allemand et d'anglais en français en
topographie - géodésie - photogrammétrie - SIG - cartographie - GPS

Reinhart Stölzel

Ingénieur géomètre-topographe
Interprète diplômé de la Chambre de commerce et d'industrie de Berlin

Heinrich-Heine-Strasse 17, D-10179 BERLIN
Téléphone : 00 49 30 97 00 52 60 Télécopie : 00 49 30 97 00 52 61 E-mail : reinhart.stoelzel@eplus-online.de

Pour toutes vos traductions de français et d'anglais en allemand en
topographie - géodésie - SIG - GPS - chemin de fer - routes

Paul Newby

Membre de la Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS)
Diplômé des universités de Cambridge (géographie) et de Londres (photogrammétrie)

9 Merrytree Close, West Wellow, Romsey, Hants SO51 6RB GB
Téléphone : 00 44 1794 322 993 Télécopie : 00 44 1794 324 354 E-mail : paulnewby@onetel.net.uk

Pour toutes vos traductions de français en anglais en
topographie - géodésie - GPS - SIG - cartographie - photogrammétrie - télédétection

Des topographes traducteurs à votre service

FORUM DE LA TOPOGRAPHIE 2009

5^e FORUM AU LYCÉE DORIAN A PARIS

Le mercredi 18 mars 2009

■ Jean-Pierre MAILLARD

Le lycée Dorian à Paris a fort bien accueilli le Forum de la topographie 2009 et ce faisant a largement contribué à son succès. Qu'il en soit une nouvelle fois remercié. Outre cent vingt adhérents et autres professionnels, la manifestation a intéressé en nombre les étudiants en topographie de Dorian, auxquels se sont joints des élèves d'une classe de l'ESGT du Mans et d'une autre du Lycée Jean-Pierre Timbaud de Brétigny-sur-Orge. Le lycée Dorian toutes classes confondues (BEP, BAC Pro, BTS, LPAG) a en charge 150 géomètres élèves topographes et, bien sûr, la journée du 18 mars 2009, a été banalisée pour permettre la mobilisation des élèves. La présence de ces deux cents étudiants montre tout l'attrait du forum qui n'a malheureusement pas pu être, en raison du nombre de places restreint, ouvert aux soixante élèves du lycée Jean XXIII d'Yvetot. Ils en avaient pourtant fait la demande. En revanche, la présence du président de l'UNGE, Alain Pape, a été remarquée. Celle de Guy Chemla, directeur de l'UFR géographie et aménagement à l'université Paris IV l'aurait été tout autant si les mouvements universitaires d'alors ne l'avaient pas retenu à la Sorbonne.

La salle de conférence, limitée à 120 places étant insuffisante pour recevoir tous les participants. Aussi une visio-conférence a été mise en place à la satisfaction générale. Pour garder trace des interventions dispensées sur le thème du balayage laser, le présent numéro d'XYZ rapporte celle de François Goulette (page 21) et le suivant publiera celle de Thierry Villemin. Les auteurs sont respectivement enseignant à Mines ParisTech



et à l'Université de Savoie. Leur présence indique l'élargissement grandissant des domaines de la profession topographique et son recouvrement avec d'autres disciplines. Pour sa part, Michel Kasser a fait connaître l'état actuel de la réglementation en matière de précision. Le power point qui a servi de support à son exposé est disponible sous forme fichier sur simple demande à l'adresse info@aftopo.org. Enfin l'Association paritaire des géomètres topographes photogrammètres (APGTP) a présenté sa mission et son rôle aux futurs salariés de la profession (page 12).

L'implication de la communauté enseignante du lycée dans l'organisation et l'encadrement du forum est à mettre au crédit de la vie associative proposée par l'AFT qui inscrit son action entre écoles, entreprises, constructeurs, concepteurs et prescripteurs. La confiance des exposants est tout aussi indispensable à la bonne réalisation de ce qui apparaît aussi comme une journée école ouverte sur le monde professionnel et l'association sait gré de leur présence à Covadis,

JSInfo, Leica-Geosystems, Maury informatique et Trimble.

Rendez-vous au Forum de la topographie 2010. ●



Accueil des participants par (de gauche à droite) Jean-François Delarue, professeur, Christine Le Guern proviseur et Michel Kasser président de l'AFT.



Photos : © Roger Serre

Relevés laser urbains par Systèmes Mobiles de Cartographie

■ François GOULETTE

Les Systèmes Mobiles de Cartographie sont apparus pour répondre au besoin grandissant de collecte

d'informations géographiques.

Ils sont constitués d'un dispositif

mobile équipé de capteurs de

localisation et de perception.

Parmi eux, les systèmes terrestres à laser permettent d'effectuer des relevés laser mobiles en environnement urbain, à une vitesse beaucoup plus importante que les systèmes fixes. Dans cet article, nous en présentons les principes et quelques systèmes existants puis discutons de leur intérêt comparé.

MOTS-CLÉS

Relevé laser, numérisation 3D, système mobile, environnement urbain, prototype, localisation, GPS-INS.

SIG et Systèmes Mobiles de Cartographie

On observe depuis quelques années un fort développement des "Systèmes d'Information Géographique" (SIG), popularisés auprès du grand public par les bases de données routières embarquées ou la navigation virtuelle dans des villes en 3D, mais aussi tirés par d'autres usages. Rappelons qu'une base de données cartographiques collecte des informations structurées de façon géographique, et qu'un SIG est un système informatique permettant de gérer ces informations : interrogation, visualisation, renseignement de la base, etc. De fait, ce type de bases de données apporte des avantages pour de nombreuses applications [DEN04].

Le relief et la troisième dimension ont fait leur apparition dans les SIG depuis plusieurs années : modèles ajoutant l'information d'altitude, dits "2D et demi", comme les Modèles Numériques de Terrain (MNT), de Surface (MNS) ou d'Élévation (MNE) ; modèles 3D avec surfaces et volumes. Le développement très rapide et grand public du rendu virtuel de villes en 3D, avec par exemple Virtual Earth (Microsoft) [Web VirtualEarth], le Géoportail (IGN) [Web Géoportail] ou Google Earth (Figure 1) [Web GoogleEarth], en a démontré l'intérêt. On peut également citer d'autres applications des SIG, trouvant un avantage à l'information 3D : aménagement urbain, architecture et planification urbaine, voirie, génie civil ; choix de tracés routiers ou ferroviaires, transport ; protection civile ; protection environnementale, gestion de ressources naturelles (les forêts par exemple), géologie ; guidage et localisation par systèmes de navigation personnels (automobilistes) ou directement sur téléphone mobile (piétons) ; applications militaires ; simulation, jeux virtuels ; tourisme virtuel.



Figure 1. Musée du Louvre en 3D

Pour répondre à la demande de développement des SIG, il est nécessaire d'être en mesure de collecter de grandes quantités d'informations géo-référencées et d'avoir accès aux informations pertinentes aux nouveaux usages. Actuellement, le procédé le plus couramment employé utilise des images aéroportées. Ce procédé permet un relevé à grand rendement d'une zone terrestre étendue, et la génération de Modèles Numériques d'Élévation par des méthodes de stéréoscopie. Il est également possible d'utiliser des clichés d'origine satellitaire. Enfin, l'utilisation de scanners laser (LIDAR) embarqués sur les avions se développe pour la réalisation de MNE. Ces différentes méthodes sont exploitées pour générer des modèles 3D de zones. La réalisation de modèles de grande précision de bâtiments peut être faite par des procédés de photogrammétrie ou de relevé laser au sol (fixe). Ces méthodes sont employées par les géomètres et topographes, ainsi que par les architectes.

Les systèmes de relevés de données terrestres mobiles, appelés "Systèmes Mobiles de Cartographie" (*Mobile Mapping Systems*), ont fait leur apparition depuis une dizaine d'années. Ils présentent l'avantage d'assurer des couvertures de larges zones en un temps court, avec une précision plus grande et plus près du détail souhaité que les systèmes aéroportés. Développés à l'origine comme prototypes dans des laboratoires universitaires, certains systèmes commerciaux ont fait leur apparition sur le marché des fournisseurs de données géographiques. Intermédiaires entre les dispositifs aéroportés et les relevés terrestres fixes, ils ont initialement concerné la prise de photographies embarquée, et cette application est

encore très demandée : par exemple, informations collectées pour Google StreetView [Web StreetView], ou relevé de données routières comme les panneaux et marquages. Plus récemment, en ajoutant des scanners laser sur ces systèmes, ils ont permis de répondre à de nouveaux usages de relevés laser mobiles. Par rapport aux relevés laser fixes, les relevés mobiles permettent une plus grande vitesse d'acquisition et rendent techniquement et économiquement accessibles des chantiers qui ne l'étaient pas auparavant.

Dans la suite de cet article, nous présentons tout d'abord le principe des relevés laser par Système Mobile de Cartographie, et quelques systèmes existants. Ensuite, nous proposons une discussion sur l'intérêt de ces systèmes. Enfin nous concluons et présentons des perspectives.

Relevés laser fixes et mobiles

Le principe des scanners laser pour le relevé d'informations tridimensionnelles est connu depuis plusieurs années et de nombreux systèmes commerciaux sont disponibles. Un rayon laser, projeté en direction d'une surface, va mesurer la distance entre sa source lumineuse et la surface. Plusieurs solutions techniques sont utilisées pour cela, dont principalement la triangulation, la mesure du temps de vol impulsional, et la mesure du temps de vol modulé (mesure de phase) [GOU02]. Connaissant la direction d'émission du rayon laser

et la distance, il est possible de calculer les coordonnées tridimensionnelles du point ainsi relevé. Un balayage (scan) du laser suivant différentes directions permet de mesurer un ensemble important de points 3D dans l'espace environnant. Cet ensemble de points 3D, généralement appelé "nuage de points", constitue le scan laser ou relevé laser.

De façon classique, le balayage se fait selon deux directions perpendiculaires de rotation et l'ensemble du système est placé en un point donné d'observation. C'est le principe des relevés laser fixes. Le procédé est maintenant bien connu et maîtrisé. Il permet de numériser une zone observable d'un point particulier, de façon simple, rapide et précise. Les distances couvertes, résolutions entre points, précisions et vitesses d'acquisition, sont variables selon les systèmes. En ordres de grandeur, les distances couvertes sont de l'ordre de la centaine de mètres, les résolutions entre points de l'ordre de la dizaine de centimètres, les précisions de l'ordre du centimètre, les vitesses d'acquisition entre la dizaine et la centaine de milliers de points par seconde. Lorsqu'on souhaite numériser une zone importante, il est nécessaire de faire plusieurs acquisitions à des points d'observation différents, puis de mettre dans un référentiel commun (recaler / consolider) les différents relevés. L'opération de recalage se fait de plusieurs façons possibles, par des mires de recalage positionnées dans la scène, ou par l'identification précise des différents points de prise de vue (relative ou absolue, avec théodolites ou GPS par exemple).

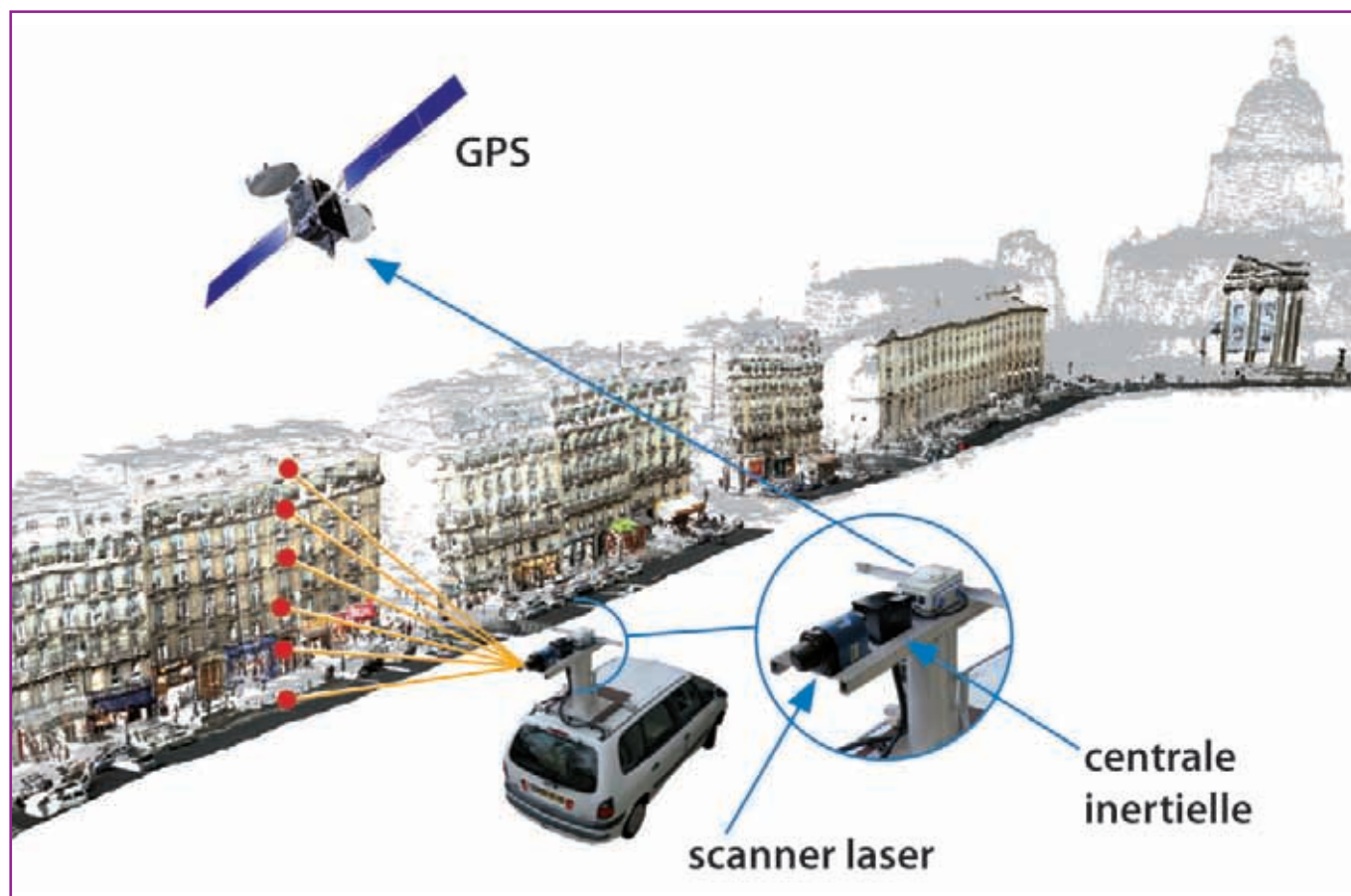


Figure 2. Cartographie 3D de la rue Soufflot (Paris) et principe de relevé laser mobile



De façon différente, les relevés laser mobiles utilisent des véhicules porteurs pour se déplacer plus rapidement. Deux approches existent, appelées "Stop-and-Go" et "On-Drive". L'approche "Stop-and-Go" est assez similaire à l'approche décrite ci-dessus pour les relevés fixes, la différence étant que le scanner laser est monté sur un véhicule et qu'il se déplace plus rapidement de point d'observation en point d'observation. L'approche "On-Drive" est en revanche différente, puisque l'acquisition se fait au cours du déplacement du véhicule, et que ce déplacement constitue lui-même l'une des directions de scanning.

Nous développons depuis 2002 une plate-forme expérimentale de Système Mobile de Cartographie appelée LARA-3D [GOU06]. Il s'agit d'une plate-forme d'étude et d'appui aux travaux scientifiques, ayant déjà connu plusieurs versions, et qui effectue notamment des relevés laser du type "On-Drive". La Figure 2 présente une illustration du principe de relevé laser par système mobile, avec le prototype LARA-3D (version 2008). Les points 3D couleur sont des points relevés par le scanner laser, et colorisés par des caméras [DES09]. Ces données sont ici superposées à un Modèle Numérique de Surface (MNS) obtenu par des prises de vues aériennes, fourni par l'IGN (points gris). L'approche choisie pour notre plate-forme, qui en fait son originalité et son intérêt, repose sur les points suivants : il s'agit d'une part d'un système intégré d'acquisition et de traitement de données "temps réel" ; d'autre part, d'un système générique par rapport aux applications, à la fois urbaines et routières et déclinées avec différentes variantes ; enfin, nous cherchons à avoir un système "bas coût", ayant choisi d'une part de conserver des capteurs de localisation de moyenne gamme, et d'autre part compte tenu de l'approche intégrée et temps réel.

Bien que le principe des systèmes mobiles de cartographie soit apparu il y a moins d'une dizaine d'années, de nombreux prototypes existent déjà de par le monde ainsi que des premiers systèmes commerciaux. Parmi les prototypes, nous pouvons par exemple citer VLMS (Univ.Tokyo), Stereopolis-2 de l'IGN. Parmi les systèmes commerciaux, StreetMapper (3DLM) (Figure 3), Optech, DAVIDE (GIOVE) [BAR08, ELL02].

Structure technique des Systèmes Mobiles

Pour un système mobile "On-Drive", les fonctions techniques principales à assurer sont : un relevé laser embarqué selon une première direction de balayage ; le déplacement du véhicule ; l'identification précise de la position et de l'orientation du scanner au moment du relevé ; la combinaison de toutes ces informations provenant de différents capteurs. Ceci implique la structuration que l'on trouve actuellement dans tous les systèmes existants, en quatre sous-systèmes : scanner laser ; véhicule ; Système de Position et d'Orientation (*Position and Orientation System*, POS) ; informatique embarquée.

En effet, deux grandes fonctions sont essentielles à la production d'un relevé laser : (1) le relevé d'une distance à une surface le long du rayon laser ; (2) le balayage de l'espace par le laser en même temps que la mesure de la position et de l'orientation de balayage. La première fonction est réalisée,

selon les différents procédés mentionnés ci-dessus, par un EDM (*Electronic Distance Meter*). La combinaison de cette fonction avec la fonction de balayage et de mesure, permet d'avoir un "Scanner". Dans le cas des systèmes fixes, il est nécessaire d'avoir un double balayage. Pour les systèmes mobiles, un balayage selon une seule direction peut suffire, le deuxième balayage étant assuré par le déplacement du véhicule. En revanche, il est nécessaire d'identifier précisément la position et l'orientation du scanner (géo-référencement) au moment du relevé, sans quoi la mesure effectuée est incomplète pour calculer des points 3D.

Le POS (*Système de Position et d'Orientation*) permet de connaître la position et l'orientation du véhicule en tout point de sa trajectoire. Pour cela, il utilise généralement plusieurs capteurs de localisation dont les informations sont combinées (fusionnées), et en particulier un GPS et une Centrale Inertielle. Le GPS permet de mesurer la position sur la Terre du véhicule mais n'est pas suffisant pour connaître l'orientation. C'est la Centrale Inertielle (*Inertial Measurement Unit*, IMU) qui permet d'obtenir cette information. Une Centrale Inertielle est un capteur constitué de trois accéléromètres et trois gyromètres. Seule, elle ne permet que d'avoir des informations dérivées de la position et de l'orientation. Ces informations doivent être intégrées (*Inertial Navigation System*, INS), et combinées par une fusion d'information du type "filtrage de Kalman", dans un système couplé de type GPS-INS dont le principe est désormais bien connu. On peut compléter ces informations par d'autres capteurs, comme par exemple des odomètres, qui mesurent la position ou la vitesse des roues du véhicule. Il existe plusieurs POS commerciaux adaptés aux Systèmes Mobiles de Cartographie, par exemple Applanix POS-LV (qui équipe de nombreux systèmes), ou IGI (qui semble équiper de façon exclusive StreetMapper).

Le POS est un élément critique pour un Système Mobile de Cartographie. En effet, la production de points 3D précis exige un géo-référencement également précis du véhicule. Idéalement, pour que les systèmes mobiles puissent concurrencer la précision fournie par les systèmes fixes, les ordres de grandeur attendus en termes de précision du POS sont de l'ordre du centimètre en position et du degré en orientation. Or les informations INS sont soumises à dérive au cours du



Figure 3. StreetMapper (3DLM) – exemple de système commercial

► temps (intégration de données dérivées), ce qui est normalement compensé par l'information GPS mais pas toujours de façon correcte : cette information peut être manquante (tunnels, masquages par les arbres, corridors urbains) ou altérée, particulièrement en milieu urbain (multi-trajets à cause des réflexions sur les façades). Ainsi, les POS ont actuellement du mal à garantir en toute situation la qualité de service attendue par les utilisateurs.

Les scanners laser utilisés sont également des pièces importantes, dont les caractéristiques demandent à être adaptées à celles de l'ensemble du système. Ces caractéristiques sont notamment la vitesse d'acquisition et la résolution de balayage, la précision de mesure, la portée. En réponse à une demande croissante et aux besoins techniques spécifiques sur ce segment, plusieurs constructeurs ont commencé à proposer des scanners dédiés aux applications de relevé mobile, avec par exemple : Lynx (Optech), VQ-250 (Riegl), Photon (Faro).

Comparaison et discussion

Les systèmes mobiles suscitent actuellement un engouement important pour les relevés laser. Pour autant, vont-ils remplacer les systèmes fixes ou simplement offrir une nouvelle modalité d'acquisition ? Pour éclairer cette question, nous reprenons une comparaison réalisée sur la base de deux tests de relevés laser, effectués sur une même portion urbaine avec

des systèmes fixe et mobile (Rue Soufflot, Paris 5^e ; largeur : 140 m, hauteur : 30 m) [YOO09]. Le scanner fixe est un système commercial (VXTrimble). Le relevé a demandé 6 stations (points d'acquisition) et un recalage des scans entre eux. Le scanner mobile est la plate-forme LARA-3D. La Figure 4 présente les relevés obtenus selon les deux procédés : fixe, en haut (les fausses couleurs correspondent aux scans successifs ensuite consolidés) ; mobile, en bas (relevé représenté d'un seul côté).

Si l'on compare les temps de calcul, on observe sur cette portion de rue un gain de temps considérable, d'environ un facteur 10. En effet, le relevé par scanner fixe (VXTrimble) a demandé un temps total d'acquisition et de génération du nuage de points consolidé d'environ 6 heures. Le relevé par système mobile (scanner IBEO LD monté sur LARA-3D), avec une vitesse de véhicule d'environ 9 km/h, a demandé un temps total d'acquisition et de génération du nuage de points d'environ 40 minutes. De plus, le système mobile a numérisé les deux côtés de la rue (contre un seul côté avec le système fixe), et enfin les temps de génération du nuage de points sont appelés, à terme, à être réduits voire intégrés au moment du parcours. Il est toutefois à noter que les conditions opératoires n'ont pas été optimisées et que le test effectué n'a qu'une valeur indicative.

Un deuxième critère de comparaison est la qualité du relevé laser. Plusieurs éléments sont à prendre en considération que l'on peut catégoriser ainsi : précision, résolution et homo-



Scanner fixe - VX Trimble



Scanner mobile - LARA-3D



Figure 4. Rue Soufflot, Paris 5^e – relevés par scanner fixe et mobile

généité, complétude. La précision des points 3D est une question qui se pose de façon spécifique dans les systèmes mobiles par rapport aux systèmes fixes car elle dépend du système de localisation (POS). Actuellement les POS ne garantissent pas la qualité de service en termes de précision. Par ailleurs, la caractérisation de la précision de données issues des systèmes mobiles est un domaine sur lequel peu de travaux existent actuellement [BAR08]. La résolution, latérale et horizontale, est un paramètre adaptable à configurer en fonction des besoins. Lorsque le balayage est angulaire, la résolution des points mesurés dépend de la distance d'observation, ce qui peut amener des résolutions non homogènes. Ceci présente plusieurs inconvénients, que ce soit de sous-densité ou inversement de sur-densité. Ce problème n'est pas spécifique aux systèmes mobiles mais se pose différemment des systèmes fixes. La complétude concerne le problème des zones occultées, produites par les "ombres" d'objets indésirables au moment du relevé, comme les véhicules, piétons, arbres, etc. Ce problème n'est pas non plus spécifique aux relevés mobiles mais ils offrent probablement moins de liberté qu'avec les stations fixes pour choisir un point de vue adapté. En conclusion, les systèmes mobiles ne répondent actuellement que partiellement aux besoins sur la qualité des relevés, en particulier sur la précision des données. L'analyse des critères de qualité permet toutefois de travailler sur la conception de ces systèmes pour mieux répondre aux besoins [YOO09].

Conclusion

Les systèmes mobiles de cartographie à scanner laser ouvrent de nouvelles possibilités aux relevés laser en environnement urbain. Cet article en a présenté le contexte de développement, les principes, quelques prototypes et systèmes commerciaux, et une comparaison entre relevés fixe et mobile. En conclusion les systèmes mobiles vont probablement concurrencer sur certains domaines les systèmes fixes. En offrant une plus grande vitesse d'acquisition, les relevés mobiles rendent techniquement et économiquement accessibles des chantiers qui ne l'étaient pas auparavant. Des améliorations sont toutefois attendues sur la garantie de précision des points 3D mesurés. De plus, les spécificités des systèmes fixes leur conserveront un intérêt pour certains besoins. Il semble plus probable d'imaginer que les systèmes mobiles complèteront l'offre technique de collecte d'informations géographiques, avec les systèmes fixes mais aussi les systèmes aériens, comme l'illustre la Figure 2 (combinaison de relevé laser mobile et de Modèle Numérique de Surface obtenu à partir de prises de vues aériennes). ●

Contact

François GOULETTE

Centre de Robotique - CAOR, Mathématiques et Systèmes
Mines ParisTech, 60 boulevard Saint Michel, 75272 PARIS Cedex 06
francois.goulette@mines-paristech.fr

Remerciements

Les travaux réalisés à Mines ParisTech mentionnés dans ce document ont été partiellement financés par le projet TerraNumerica du pôle de compétitivité Cap Digital.

Retranscription pour la revue XYZ de la conférence prononcée le 18 mars 2009 à l'occasion du "Forum de la Topographie 2009" (Association Française de Topographie).

Références

- [BAR08] Barber D., Mills J. and Smith-Voisey S. (2008). *Geometric validation of a ground-based mobile laser scanning system*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing n. 63, pp.128-141.
- [DEN04] Denègre J. et Salgé F. (2004). *Les Systèmes d'Information Géographique*. Série "Que sais-je ?", Presses Universitaires de France.
- [DES09] Deschaud J.-E., Brun X., Goulette F. (2009). *Colorisation et texturation d'environnements urbains par système mobile avec scanner laser et caméra*. Revue Française de Photogrammétrie et Télédétection, à paraître.
- [ELLO2] Ellum, C., El-Sheimy, N. (2002). *Land-based mobile mapping systems*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 68 (1), 13-17 (and 28).
- [GOU02] Goulette F. et Laurgeau C. (2002). *Capteurs et Numérisation 3D*, chapitre 1 du livre "Images de Profondeur", sous la direction de Jean Gallice, Editions Hermès.
- [GOU06] Goulette F., Nashashibi F., Abuhadrous I., Ammoun S., Laurgeau C. (2006). *An Integrated On-Board Laser Range Sensing System for On-The-Way City and Road Modelling*. Proc. ISPRS - Commission I (Sensors), Marne-la-Vallée (France), July 2006. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34, Part A.
- [YOO09] Yoo H.-J., Goulette F., Senpauroca J., Lepère G. et Gruyer D. (2009). *Aide à la conception par simulation de systèmes de cartographie mobiles à scanner laser*. Revue Française de Photogrammétrie et Télédétection, à paraître.
- [Web GoogleEarth] <http://earth.google.com/>
- [Web Géoportail] <http://www.geoportail.fr/>
- [Web VirtualEarth] <http://www.microsoft.com/virtualearth/>
- [Web StreetView] <http://maps.google.fr/help/maps/streetview/>

ABSTRACT

Keywords: Laser survey, 3D digitizing, Mobile System, urban environment, prototype, localisation, GPS-INS.

Mobile Mapping Systems address the current growing demand for geographical information acquisition. They consist of a mobile apparatus equipped with localisation and perception sensors. Among them, laser terrestrial systems permit to produce laser surveys in urban environments, at a faster speed than fixed systems. In this paper, we present their paradigms and some existing systems, and then we discuss and compare their interests.

L'AFT organise la 7^e édition du concours ouvert aux Jeunes Ingénieurs Diplômés en Topographie

Les étudiants des Ecoles d'ingénieurs sont invités à soumettre au Comité de rédaction de la revue XYZ un article portant sur leur travail de fin d'études d'ingénieur géomètre-topographe. Les meilleurs articles seront récompensés et publiés dans la revue XYZ. Un montant global de 1500 € est prévu en 2009.

Conditions de participation :

- ▶ être âgé(e) de moins de 26 ans ;
- ▶ joindre l'attestation du diplôme d'ingénieur ;
- ▶ proposer au comité de rédaction de la revue XYZ un article de 6 pages au moins en français (environ 4000 mots, avec un résumé en anglais), en vue d'une publication dans la revue avec une présentation de l'ingénieur (résumé du curriculum vitae) ; les consignes aux auteurs sont téléchargeables sur le site Internet de l'AFT : <http://www.aftopo.org>
- ▶ certifier que l'article n'a pas été soumis ou publié dans une autre revue ;
- ▶ date limite pour la proposition des articles : le 30 septembre 2009 (pour les projets présentés dans les Ecoles en 2009 et avant).

Comité d'attribution :

Le Comité de rédaction de la revue XYZ, assisté du conseil de l'association, est chargé de désigner le jury d'attribution du Prix de l'AFT. Ce comité pourra associer un ou plusieurs représentants d'Ecoles Françaises. La qualité du contenu scientifique et de la rédaction de l'article sont les critères essentiels retenus.

Publication des résultats :

- ▶ les candidat(e)s seront informé(e)s individuellement des résultats au plus tard le 31 décembre 2009 ;
- ▶ les résultats du concours seront publiés dans la revue XYZ dans l'année suivant la publication des résultats ;
- ▶ le Président de l'AFT remettra les prix à l'occasion d'une manifestation organisée par l'AFT.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE

(association régie par la loi du 1^{er} juillet 1901 - N° SIRET 31876201000029 - CCP 16300 03Y PARIS)
Bureau : 107, rue La Boétie - 75008 Paris - Tél. : 01 43 98 84 80 – Fax : 01 42 25 41 07
Courriel : info@aftopo.org • Site Internet : <http://www.aftopo.org>

Suivis topométriques et géodésiques liés au projet de liaison ferroviaire entre Lyon et Turin

■ Michel BOISSENOT - Fabrice COL - Piero NURISSO - Ilario PREVITALI

Franco Gallara - Stefano LIONE

MOTS-CLÉS

Suivi de mouvements de terrain, Incidence en surface de travaux de percement souterrains
Mesures GPS, Nivellement



Figure 1. Pilier PAT2 – Barrage de Plan d'Aval.

Il constitue le maillon manquant qui va permettre la mise en réseau de 5 000 km de lignes nouvelles et relier ainsi 250 millions d'Européens.

La nouvelle liaison ferroviaire Lyon - Turin se compose (Figure 2) :

- d'une section nationale en France, entre l'agglomération lyonnaise et Saint-Jean-de-Maurienne, sous maîtrise d'ouvrage de Réseau Ferré de France (RFF),

Dans le cadre des études menées pour le projet de liaison ferroviaire entre Lyon et Turin, par LTF, des travaux topométriques et géodésiques de grande ampleur ont été entrepris. Les investigations menées ont pour objectifs principaux le suivi des mouvements de terrains et d'infrastructures relatifs au percement des trois descenderies, côté français, de la section franco-italienne commune. Elles sont également destinées à caractériser les déformations tectoniques existant avant travaux. Ce deuxième objectif est novateur dans ce contexte de grand projet de génie civil.

Les programmes de suivi font appel à différents types de mesures tels que le positionnement GPS, le nivellement direct ou indirect et la tachéométrie. Dans le cas d'un grand projet de traversée alpine tel que celui de Lyon-Turin, les mesures doivent démarrer plusieurs années avant le début des travaux, selon un programme d'investissement cohérent, afin de permettre, à terme, la localisation des accidents éventuellement actifs et l'évaluation des déformations "naturelles" dans le temps.

Présentation du projet Lyon-Turin

Par le traité du 29 janvier 2001, les gouvernements italiens et français ont décidé d'engager la réalisation d'une ligne ferroviaire nouvelle entre Lyon et Turin, à haute performance et à grande capacité. Celle-ci doit permettre de limiter la croissance des trafics routiers dans cette partie de l'arc alpin en favorisant un report vers le rail.

Le projet est conçu pour un trafic mixte voyageurs et marchandises y compris pour celui des services d'Autoroute Ferroviaire.

Le projet s'inscrit dans le cadre des orientations de la Convention Alpine. Son objectif principal est de contribuer au rééquilibrage du transport de marchandises entre la route et le rail.

Le projet permettra la croissance du trafic ferroviaire grâce à la réalisation d'une ligne aux caractéristiques "de plaine" (rampes limitées à 1,2%), auto-

risant la circulation de trains plus longs et plus lourds, améliorant la qualité et la fiabilité du service et les conditions économiques de l'exploitation.

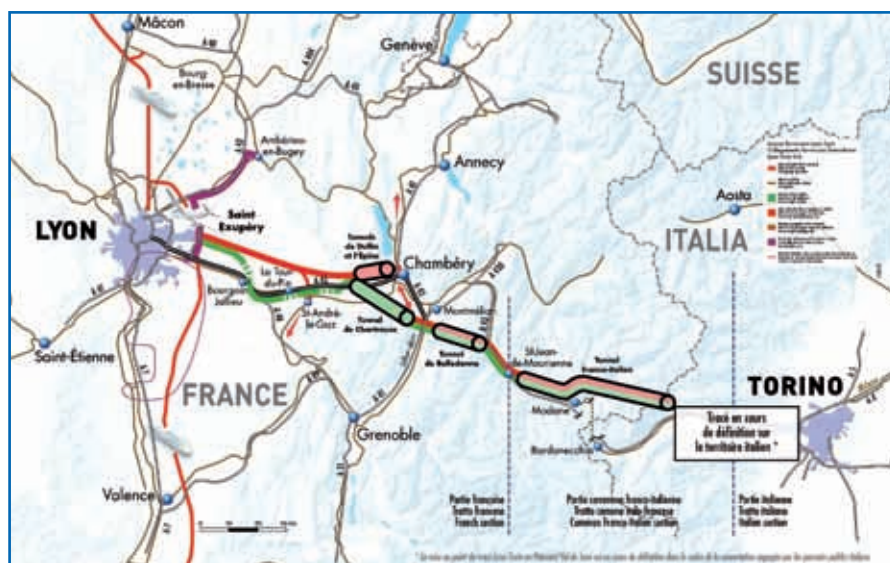


Figure 2. Tracé du projet de liaison ferroviaire entre Lyon et Turin.



- d'une partie commune franco-italienne de Saint-Jean-de-Maurienne et la basse vallée de Suse, sous maîtrise d'ouvrage de Lyon Turin Ferroviaire (LTF),
- d'une section commune en Italie, entre la basse vallée de Suse et l'agglomération de Turin, sous maîtrise d'ouvrage de Réseau Ferré Italien (RFI).

La partie la plus complexe est constituée par le tunnel de base, à deux tubes, de 53 km environ, entre la France (Saint-Jean-de-Maurienne) et la Vallée de Suse en Italie.

■ Contexte géologique

Les grands découpages des Alpes occidentales sont classiquement subdivisés en deux entités géologiques majeures, les Alpes externes à l'Ouest et les Alpes internes à l'Est séparées par le Front Pennique.

Ces zones correspondent à un découpage tectonique et sont donc limitées par des chevauchements majeurs qui se rapportent à des zones de contact souvent tectoniques.

Les contextes géologique, thermique et hydrogéologique sont complexes et, sur ces sujets, plusieurs études ont été confiées aux Universités de Chambéry, Grenoble et Turin.

La connaissance de la géologie structurale et de la tectonique des formations rocheuses concernant le projet sont à la base de l'interprétation de l'évolution de la dynamique quaternaire des versants : cette connaissance est indispensable à la compréhension des évolutions de la dynamique actuelle et des mesures de contrôle de surface.

Cette évolution doit être prise en compte dans le projet plusieurs années

avant le début de travaux, selon un programme d'investissement précis et cohérent, et portant sur les mesures de suivi et de contrôle de stabilité des terrains et des infrastructures préexistantes.

La connaissance du régime et de l'évolution des déformations locales, dues à des phénomènes liés soit à la gravité, soit à la tectonique active, constitue donc un des objectifs des mesures à long terme entreprises par LTF. Celles-ci doivent permettre, à terme, de localiser les accidents éventuellement actifs et d'évaluer les déformations "naturelles" dans le temps.

■ Programme des travaux préliminaires

Le programme des travaux préliminaires comprend l'excavation de trois galeries de reconnaissance (descenderies de Saint Martin la Porte, de La Praz et de Modane) ainsi qu'une galerie en Italie (Figure 3).

Ces travaux ont pour but principal d'appréhender les conditions d'exécution des ouvrages prévus, aussi bien du point de vue géologique, hydrogéologique que géotechnique. Ils vont également permettre de préciser les temps et les coûts de réalisation de l'ouvrage.

■ Objectifs des mesures topométriques et géodésiques entreprises dans le cadre du projet LTF

Deux raisons principales motivent les investigations topométriques et géodésiques :

1. La volonté de caractériser les déformations tectoniques avant les travaux. Cet objectif est le plus novateur

et le plus original dans ce contexte de grand projet de génie civil.

2. Le besoin de suivre ces déformations durant les travaux (demande effectuée par EDF dans le cadre de la descenderie de Modane, du fait de la présence du barrage de Plan d'Aval et de conduites forcées à faible distance du projet) et éventuellement après les travaux (suivi de l'ouvrage).

Ces deux points se complètent. Le but est en effet de pouvoir distinguer, en cas de mouvements observés durant les travaux, la part des déformations naturelles de celle induite par les travaux.

Un troisième cas de figure est toutefois envisageable : il s'agit de déformations naturelles modifiées par les travaux (par le drainage du massif rocheux principalement).

Les raisons qui ont poussé la société LTF à adopter une stratégie de contrôle à long terme du projet sont, d'une part, la complexité de l'évolution géologique et tectonique des Alpes du point de vue historique et d'autre part, la volonté de mieux connaître les plus récents phénomènes liés à l'érosion et à la gravité dans les vallées concernées.

LTF a entrepris des campagnes de mesures topométriques et géodésiques régulières durant la phase précédant les travaux afin d'accroître la connaissance des régimes de déformation aussi bien au niveau local qu'au niveau transalpin.

Un des objectifs des mesures est donc de détecter, à l'avance, la présence de phénomènes actifs, caractérisés par des déformations naturelles, et ensuite, en phase de réalisation des ouvrages, de contrôler les éventuelles déformations pouvant se déclarer lors des travaux souterrains.

■ Présentation des dispositifs de suivi topométriques

Dès 1997, le maître d'œuvre, Alpetunnel (GIE), puis LTF Sas, ont fait réaliser des mesures destinées à mettre en évidence et à quantifier les mouvements de terrain naturel et les ouvrages situés dans des zones jugées sensibles.

Ces mesures, périodiques, discontinues, sont de différents types.

Elles portent sur les terrains et les ouvrages EDF situés dans le secteur de

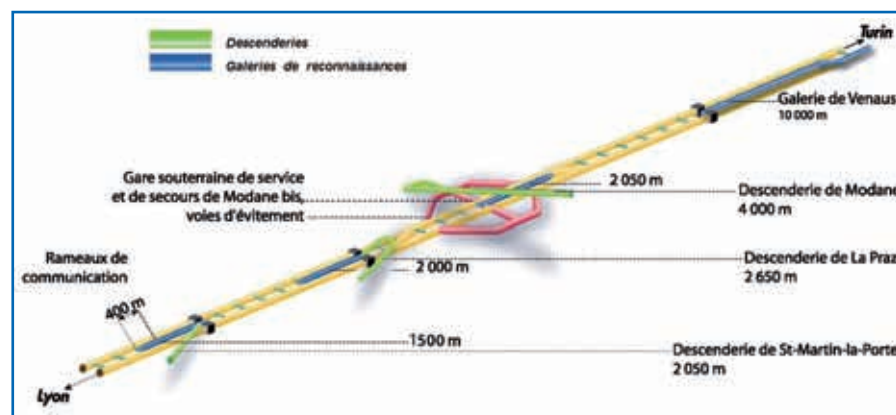


Figure 3. Descenderies de Modane, La Praz et St Martin La Porte.



Mesures	Données fournies	Applications LTF
Nivellement direct	dZ	Suivi terrain naturel Suivi ouvrages (barrage / conduites forcées)
GPS	XYZ	Suivi terrain naturel Suivi ouvrages (barrage / conduites forcées)
Nivellement indirect Mesures dites Zénithales	Z	Suivi ouvrages (barrage / conduites forcées)
Triangulation	XY	Suivi ouvrages (barrage / conduites forcées)

chacune des trois descenderies citées ci-dessus.

- Entre 1997 et 2005, trois réseaux locaux ont été créés et complétés au fur et à mesure des besoins.
- Ils font l'objet d'un suivi courant adaptable en fonction de l'avancement des travaux, ainsi que d'un suivi spécifique conditionné par la cinématique des sols, pouvant mener à un suivi intensif.

Elles concernent également d'autres réseaux globaux couvrant l'ensemble du projet de tunnel de base.

- Réseau GPS franco-italien connecté aux réseaux Alpes/Regal et IGM95,
- Réseau de nivellement direct reliant la France à l'Italie via le col du Mont Cenis,
- Réseau de nivellement direct et indirect reliant la France à l'Italie via le col de Clapier,

LE RÉFÉRENTIEL GÉODÉSIQUE PROPRE À L'OUVRAGE

La nécessité de disposer de référentiels géodésiques X, Y et Z, précis, uniques, homogènes et pérennes, couvrant la section internationale franco-italienne de l'ouvrage, a conduit LTF à définir et matérialiser les deux nouveaux systèmes suivants :

- **LTF2004G** : Référentiel géographique tridimensionnel, réalisation du système européen ETRS69,
- **LTF2004(N)** : Référentiel altimétrique de type Normal, calé sur le réseau de référence italien.

Une grille de conversion altimétrique locale a été créée (RALT2004), afin de permettre la conversion de hauteurs ellipsoïdales en altitudes LTF2004(N)

Ces deux nouveaux systèmes ont été définis conjointement par l'Institut Géographique National - France (IGN) et l'Institut Géographique Militaire - Italie (IGM).

- Réseau de nivellement direct reliant la France à l'Italie via les tunnels du Fréjus (routier et ferroviaire),
 - Réseau de nivellement St-Jean-de-Maurienne-Modane
- A titre d'exemple, il est proposé la présentation du réseau de la descenderie de Modane-Villarodin-Bourget, qui sera dénommé "dispositif de Modane".

■ Dispositif de Modane

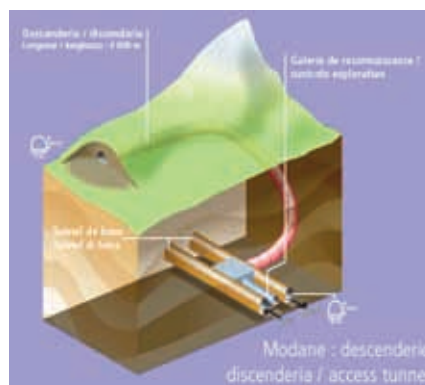


Figure 4. Descenderie de Modane.

Travaux : Ils concernent la réalisation (à l'explosif) de la descenderie de Modane d'une longueur de 4036 m, présentant une section libre d'environ 56 m². Les travaux d'excavation se sont terminés en novembre 2007.

Contexte géologique local : Les terrains traversés par la descenderie sont pour leur plus grande part des quartzites et micaschistes. Dans cette unité globale, des zones de cisaillement ont provoqué des intercalations des micaschistes du socle et des séquences carbonatées.

Le suivi topométrique : Il porte sur 5 réseaux :

- Réseau de 11 points suivi par mesures GPS X,Y, Z,
- Réseau de 6 références et 11 repères placés, en extérieur, sur les deux conduites forcées de EDF, suivi par mesures tachéométriques X,Y et Z,



Figure 5. Mesures de nivellement - Aussois.

- Réseau de 28 points placés, en intérieur, sur les massifs d'ancrage de la conduite forcée ouest couverte d'EDF, suivi par mesures de nivellement indirect tachéométrique Z,
- Réseau de 10 références et 5 repères placés sur le barrage EDF de plan d'Aval, suivi par mesures tachéométriques X,Y et Z,
- Réseau de 429 repères couvrant toutes les communes concernées (75 km environ), suivi par mesures de nivellement direct.

Matérialisation

Réseau	Matérialisation
GPS	Plaque de centrage sur pilier en béton Boulon de centrage 14b
Nivellement direct	Repère métallique scellé sur structure ou roche
Nivellement indirect Conduite forcée > Intérieur	Potence Baechler
Nivellement indirect Conduite forcée > Extérieur	Refs : Plaque de centrage sur pilier en béton Boulon de centrage 14b
Tachéométrie barrage	Refs : Plaque de centrage sur pilier en béton Cocardes EDF DTG

Périodicité des mesures de suivi topométrique

Les réseaux sont observés complètement une fois par an, depuis 1997.

Ils sont également observés partiellement, selon l'avancement du front de taille de la galerie de reconnaissance (quatre fois par an en moyenne).



Précisions requises

Mesures	Planimétrie Ecart-type	Altimétrie Ecart-type
GPS	± 5 mm	± 8 mm
Nivellement direct		± 0.5 mm $\times \sqrt{n}$
Nivellement indirect Conduite forcée > Intérieur		± 1 mm en relatif
Nivellement indirect Conduite forcée > Extérieur		± 8 mm
Tachéométrie barrage	± 1 mm	± 2 mm

Mesures : modes opératoires et moyens mis en œuvre

Mesures	Moyens mis en œuvre	Modes opératoires
GPS	Récepteurs bifrédence (Leica SR530) avec antennes choke ring (Leica AT503) > jusqu'à 11 récepteurs en simultané	Sessions de 72h Pour triple détermination de 24h de chaque point Enregistrement à 30 sec
Nivellement direct	Niveau électronique (Leica DNA10) avec mire invar à code barres	Cheminements simples en boucle et antennes en aller/retour
Nivellement indirect Conduite forcée > Intérieur	Tachéomètre électronique Leica TCA2003	± 1 mm en relatif
Nivellement indirect Conduite forcée > Extérieur	Tachéomètre électronique Leica TCA2003	Centrage forcé 2 cercles / 4 pointés Relevé météo Protection / soleil
Tachéométrie barrage	Tachéomètre électronique Leica TCA2003	Centrage forcé 2 cercles / 4 pointés Relevé météo Protection / soleil

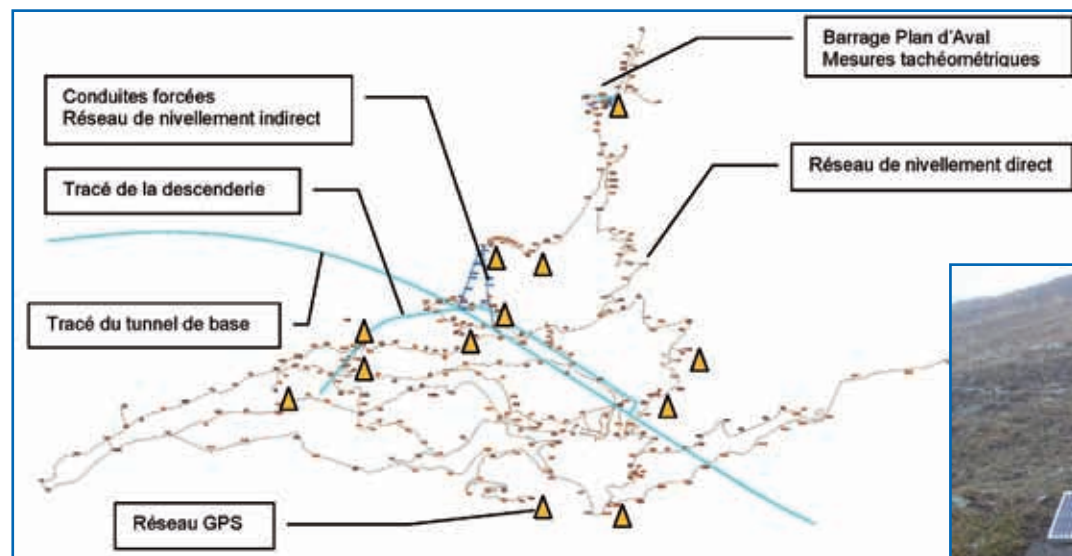


Figure 6. Réseau de Modane-Villarodin-Bourget et Avrieux.



Post traitements

Pour chaque campagne de mesures, le post traitement inclut les phases suivantes :

- Calcul des coordonnées X,Y et/ou Z de l'OPN
- Détermination des mouvements OPN / OPN-1 et OPN / OP0
- Etablissement des graphes d'ensemble et point par point
- Analyse et rapport technique détaillé (rapport de mise en œuvre et rapport d'interprétation)

La détermination des mouvements passe par une phase destinée à analyser les valeurs dX-dY-dZ obtenues entre opérations successives.

Ces valeurs sont jugées significatives, ou non, d'un mouvement en fonction du dépassement, ou non-dépassement, du seuil de confiance retenu.

- Pour chaque opération, le bruit de mesure est appréhendé sous forme d'écarts-types
- Pour chaque opération, un seuil de confiance équivalent à deux fois cet



Figure 7. Repère GPS équipé d'une antenne Choke Ring.

écart-type est alors appliqué : il permet de se rapprocher d'un niveau de probabilité plus réaliste (95.4 % dans une dimension, au lieu de 68.3 % et 86.5 % en deux dimensions, au lieu de 39.4 %)

- Pour la comparaison entre chaque opération : un facteur de $\sqrt{2}$ est introduit.

PROCESSUS DE CALCUL PAR OPÉRATION

Le réseau GPS

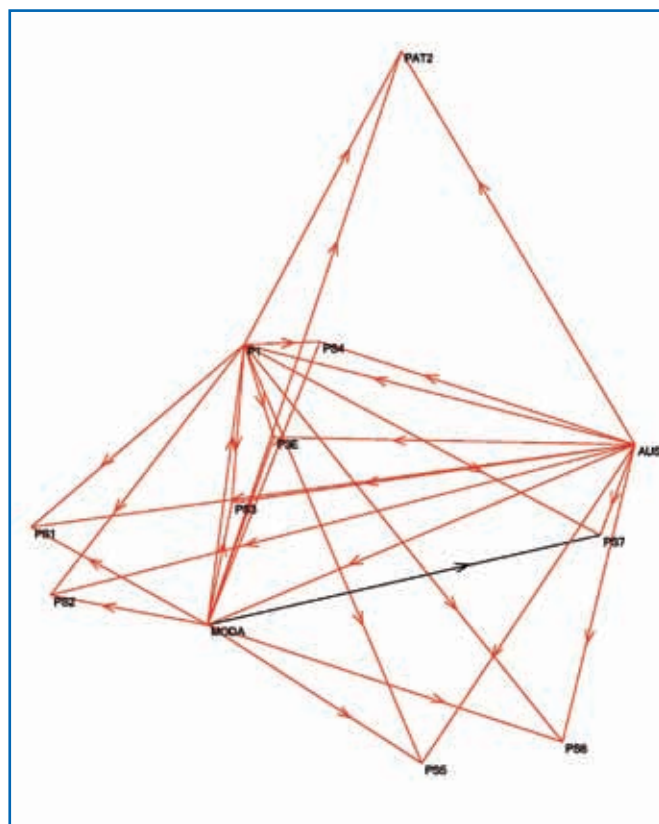


Figure 8. Figure d'ajustement du réseau GPS.

- Les lignes de base sont calculées avec le logiciel Bernese par sessions de 24 h (avec éphémérides précises IGS).
- L'analyse qualitative est basée sur l'examen de la répétabilité sur les 3 sessions de 24 heures.
- Un premier ajustement du réseau en libre est calculé.
- Le rattachement en absolu est ensuite effectué par l'intermédiaire de stations permanentes.
- La détermination des mouvements significatifs est basée sur l'analyse des dépassements de seuils de confiance retenus.

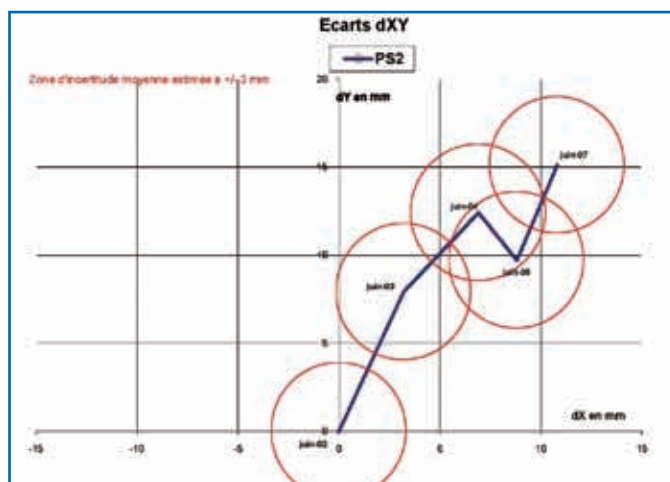


Figure 9. Exemple de graphe de déplacement en planimétrie avec report de cercles moyens d'incertitude ramenés à 3 mm.

Le réseau de nivellement direct

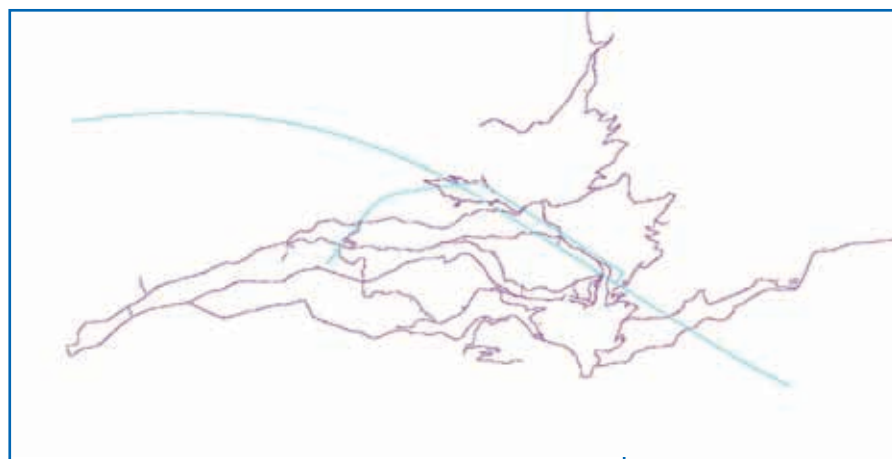


Figure 10. Figure du réseau de nivellement direct.

- Dans un premier temps les dénivelées relatives sont calculées
- Ensuite une compensation par la méthode des moindres carrés du réseau est effectuée (à l'aide du logiciel spécifique de l'Institut polytechnique de Turin)
- La détermination des mouvements altimétriques significatifs prend en compte les seuils de confiance retenus

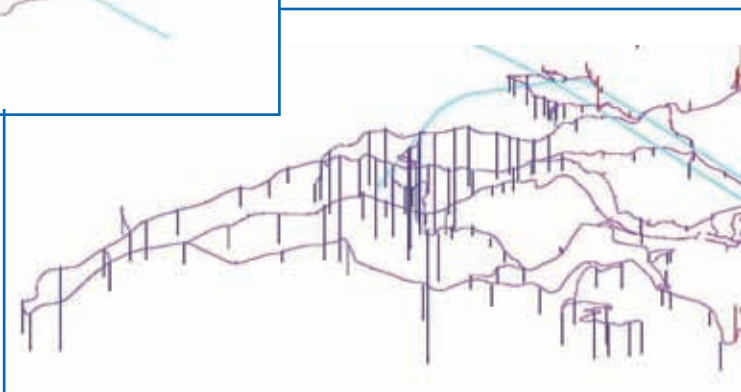


Figure 11. Exemple de graphe de déplacement en altimétrie - Secteur du Bourget.

Le réseau des conduites



Figure 12. Le réseau des conduites forcées EDF extérieures et intérieures.

Mesures extérieures

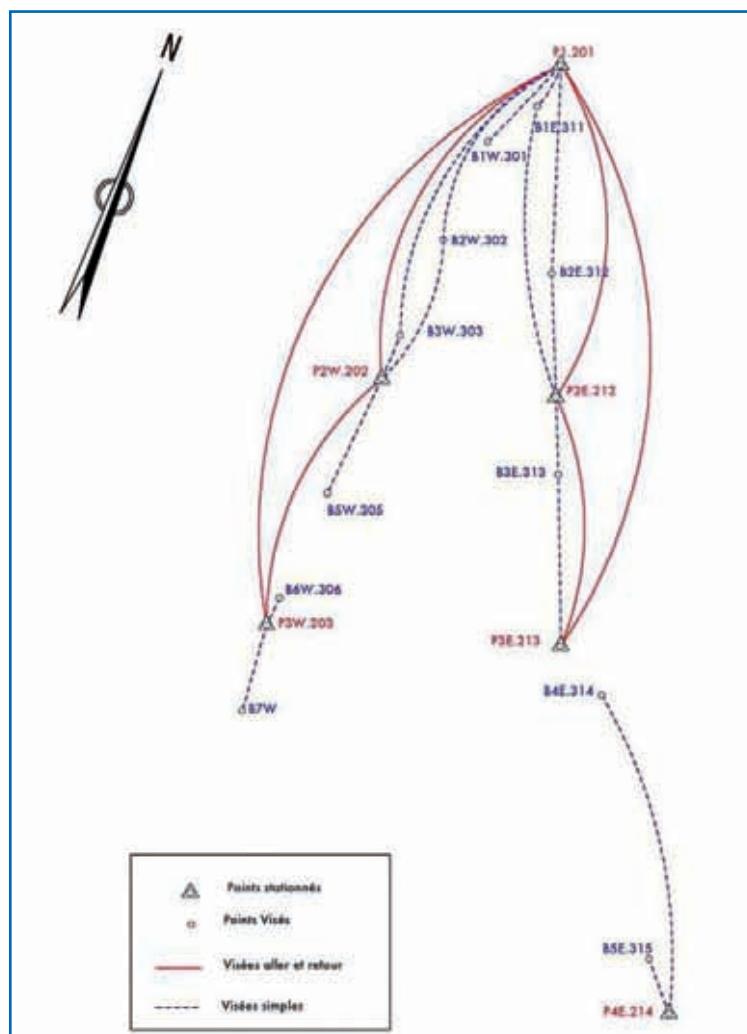


Figure 13. Figure du réseau de nivellement indirect des conduites extérieures.

- Dans un premier temps, les mesures sont réduites
- Ensuite, les dénivelées relatives sont calculées
- Les coordonnées finales sont obtenues par un ajustement en bloc du réseau avec utilisation d'altitudes de référence issues du nivellement direct
- La détermination des mouvements Z prend en compte les seuils de confiance retenus

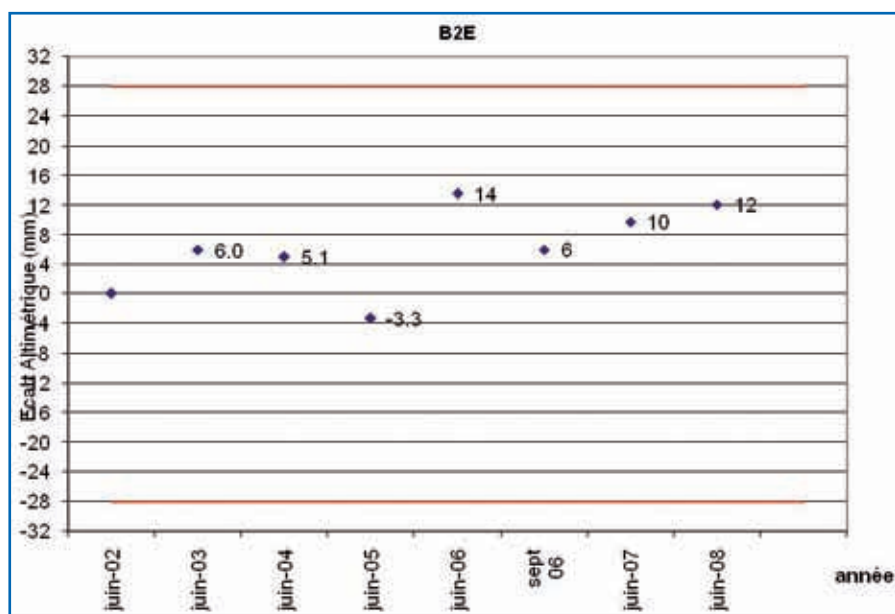
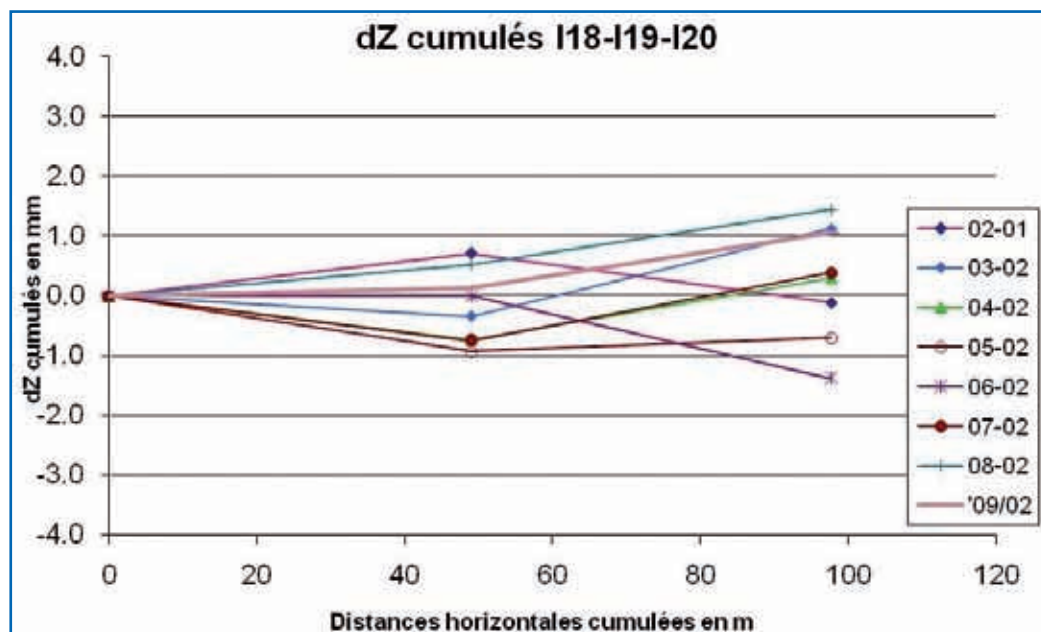


Figure 14. Exemple de graphe de mouvements altimétriques avec report de l'intervalle de confiance retenu de 2.8 mm.

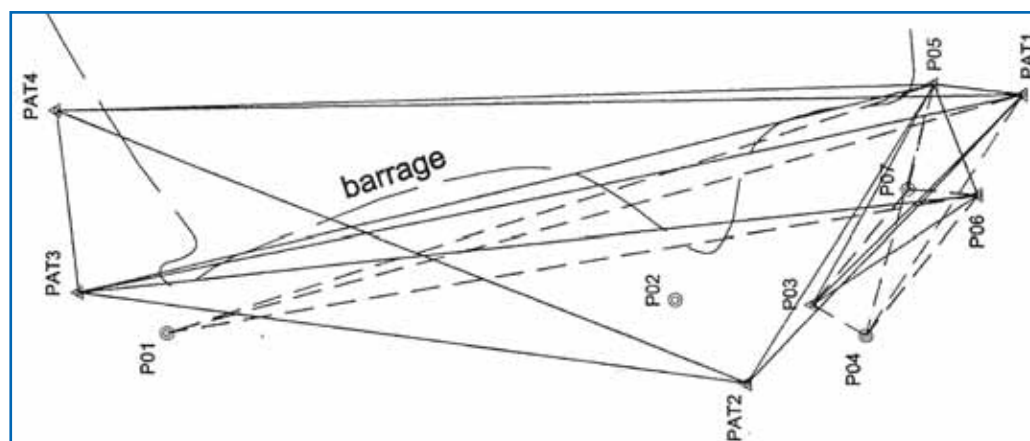
Mesures intérieures



- Dans un premier temps, les mesures sont réduites
- Ensuite, les dénivelées relatives sont calculées (moyennes AR)
- La détermination des mouvements relatifs Z (par tronçon, entre 2 culées) prend en compte les seuils de confiance retenus.

Figure 15. Exemple de graphe de mouvements altimétriques cumulés – par tronçon

Le réseau du barrage de Plan d'aval



- Dans un premier temps, les mesures sont réduites
- Les coordonnées finales XYZ sont obtenues par un ajustement en bloc du réseau, avec utilisation d'altitudes de référence issues du nivellement direct et des coordonnées de référence en XY des 2 points EDF fixés en local (PAT2 et PAT3)
- La détermination des mouvements prend en compte les seuils de confiance retenus.

Figure 16. Figure du réseau du barrage de Plan d'Aval.

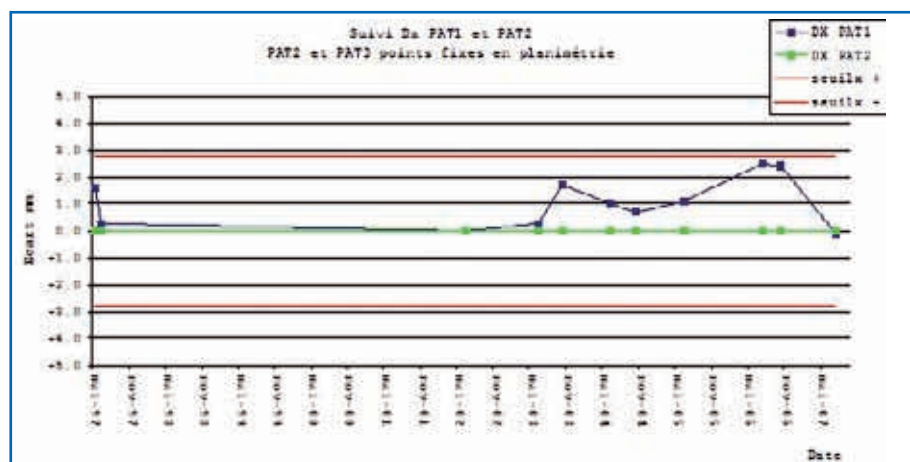


Figure 17. Exemple de graphe de mouvements dX – PAT1 et PAT2 (fixe) avec report d'un intervalle de confiance retenu de 2.8 mm.



Figure 18. Tachéomètre sur pilier P1.

DATA BASE ARCHIVAGE DES DONNÉES

Une base centralisant toutes les données provenant des études, reconnaissances et investigations géodésiques a été mise en place.

Elle comprend :

- Etudes et suivis géologiques, hydro-géologiques : plans / mesures chimiques et physiques...
- Etudes et suivis environnementaux : plans et cartes thématiques
- Travaux : Sondages / relevés de front / convergences
- Suivi topométrique et géologiques : mesures et rapports avec cartes de déplacements

Conclusion

Cette volonté de la part de LTF consistant à mener, préalablement à la réalisation du futur tunnel de base, des investigations topométriques et géodésiques destinées à mettre en évidence et à quantifier les mouvements de terrains et d'infrastructures, constitue une approche novatrice et résolument responsable.

Ces investigations entreprises, à grande échelle et à long terme, répondent à un objectif à la fois local et global de contrôle de stabilité, concernant aussi bien les interférences des travaux de percement pouvant survenir vis-à-vis des ouvrages existants que l'évolution des couches de terrains alpins traversés par un long tunnel souterrain, de direction Est-Ouest, croisant plusieurs structures géologiques et tectoniques.

Les éventuelles déformations en surface causées directement par les travaux souterrains seront ainsi identifiées et suivies. L'évolution récente, de type naturelle, des ouvrages et des terrains, sera, quant à elle, mieux connue. ●

Contact

Franco GALLARA – LTF
franco.gallara@lft-sas.com

Stefano LIONE – LTF
stefano.lione@lft-sas.com

Michel BOISSENOT – Géode
bourg@geode.cc

Fabrice COL – GGC
f.col@wanadoo.fr

Piero NURISSO – Geoworks
info@geoworks.it

Ilario PREVITALI – Sintegra
ilario.previtali@sintegra.fr

ABSTRACT

Within the studies undertaken for the project of railway between Lyon and Turin, by Lyon Turin Ferroviaria (LTF), various topometric and geodetic survey works were undertaken. The carried out investigations have as main aims the follow-up of the movements of grounds and infrastructures relating to the boring of the three French scouting galleries. They are also intended to characterize the tectonic deformations existing before the construction of the main tunnel. This second objective is innovator in this context of a great civil engineering project. Various types of measurements such as positioning GPS, direct or indirect levelling and tachymetry were required. LTF decided to carry out, before the realization of the future main tunnel, topometric and geodetic investigations. Their goals were to quantify the movements of the soils and of the infrastructures. This decision constitutes an innovative approach.

These investigations undertaken, large scales and long-term, meet an at the same time local and total aim of control of stability, relating to as well the interferences of work of boring which can occur with respect to the existing works as the evolution of the layers of alpine grounds crossed by a long underground tunnel, of East-West direction, crossing several geological and tectonic structures. The possible deformations on the surface caused directly by underground work will be thus identified and followed. The recent evolution, of natural type, the works and the grounds, will be, as for it, better known.



Figure 19. Village de Saint Martin La Porte.

Utilisation d'un SIG nomade couplé à un GPS pour cartographier les paysages du Sud-Ouest toulousain

■ Yves AUDA - Jean-François DEJOUX - Danielle DUCROT - Pierrette GOUAUX - Olivier HAGOLLE

Michel LEPAGE - Christophe SUERE - Gérard DEDIEU

Une expérience de cartographie des paysages du Sud-Ouest toulousain à l'aide d'un SIG nomade est décrite très précisément dans ses aspects techniques en vue d'une réutilisation aisée de ce système dans un autre contexte. Le matériel employé se compose d'un ordinateur de poche (HP Ipaq), d'un GPS (Tomtom) et d'un SIG nomade ArcPad (ESRI TM). L'objectif est de suivre le développement des cultures à l'aide de relevés de terrain réalisés au cours de l'année et d'une série d'images satellites. L'utilisateur dispose d'un ensemble d'informations qui lui permettent de se repérer aisément sur le terrain, d'identifier les caractères de l'occupation du sol puis de les saisir dans une base de données. Au cours de la mission terrain, aidé du GPS qui indique la position du véhicule, il suit un itinéraire enregistré dans une couche vecteur superposée à une couverture GoogleEarth ou à une image satellite. L'enregistrement des données géographiques s'effectue par pointage sur l'écran ce qui déclenche la saisie dans une base de données. Ce système allie précision de localisation, consultation de l'ensemble des données thématiques et saisie des observations. Pour l'utilisateur, les avantages sont multiples. Le système le libère de toute contrainte liée à son repérage dans l'espace. L'interprétation est facilitée par l'accès immédiat à toutes les données associées à la localisation géographique. La double saisie liée à la recopie des notes de terrain est également évitée. Par sa facilité d'emploi, ce système devrait renouveler l'interprétation des données satellitaires. Par exemple, l'implémentation des procédures d'analyse de données dans l'ordinateur de poche permettra d'adapter de manière très interactive la réalité terrain aux objectifs de l'étude.

MOTS-CLÉS

SIG nomade, GPS, occupation du sol, Sud-Ouest toulousain

L'engouement pour les systèmes embarqués de navigation automobile qui nécessite le couplage de la localisation par Global positioning system (GPS) et la lecture de cartes routières dans des matériels miniaturisés a bénéficié aux Systèmes d'information géographique nomades. Les applications les plus répandues concernent la randonnée. Le promeneur peut définir un parcours puis le suivre guidé par un ordinateur de poche affichant sur une carte topographique sa localisation donnée par le GPS. Les utilisations scientifiques sont moins nombreuses bien que les quelques expériences réalisées soient un succès [2]. Tous les systèmes utilisés sont composés d'un ordinateur de poche et d'un SIG nomade interfacé à un GPS [3] [5]. C'est le cas de la cartographie de la végétation naturelle de l'île de la Réunion réalisée avec un système composé d'un ordinateur HP Ipaq et du logiciel ArcPad [6]. Pour plus de commodité [4] complète ce dispositif par une tablette PC possédant un large écran tactile de 10/12. Cet ensemble lui permet de réaliser un relevé flo-ro-faunistique sur fond de BD ortho IGN d'un site Natura 2000 localisé sur la pointe de Bretagne.

Notre équipe utilise un HP Ipaq et le SIG nomade Arcpad 7.0 (ESRI TM) communiquant à un GPS Tomtom par liaison



Figure 1. Un paysage typique du Sud-Ouest Toulousain.

Bluetooth. La zone d'étude est située dans la région Midi-Pyrénées, au sud de Toulouse (figure 1). Elle couvre un carré d'environ 30 km de côté centré sur le point de coordonnées géographiques (43°33N, 1°06E).



classes	nombre relevés
feuillus	29
résineux	20
eucalyptus	12
peupliers	7
blé	266
colza	98
orge	7
maïs	127
tournesol	36
sorgho	2
soja	3
pois	3
jachère	127
friche	23
prairie	228
eau libre	19
lac	19
gravière	20
bâti dense	47
bâti industriel	22
bâti diffus	15
total	1 130

Tableau 1. Nombre de relevés effectués pour chacune des classes d'occupation du sol en 2007 pour le site d'étude Sud-Ouest toulousain.



Figure 2. Illustration de la saisie à l'aide d'un système composé de l'ordinateur de poche HP Ipaq, du GPS Tomtom et du SIG nomade ArcPad, ESRI.

Un outil efficace de collecte de données terrain

Le suivi du développement des cultures à partir de séries multi-temporelles FORMOSAT 2 acquises tous les quinze jours, nécessite des acquisitions de données terrain régulières par plusieurs équipes. Lors de chaque sortie terrain, le système doit assurer avec une grande fiabilité, un passage dans des zones définies avant la mission, une localisation géographique précise et une interprétation aisée des types d'occupation du sol.

La préparation des données s'effectue sous ArcGIS 9.2 (ESRI TM) installé sur un ordinateur de bureau. Avant chaque mission, l'itinéraire du véhicule est numérisé dans une couche vecteur à partir d'une carte topographique. Comme fond de carte, peuvent être affichées une couverture GoogleEarth importée grâce à un script écrit par nos soins et les images FORMOSAT acquises quelques jours avant la sortie terrain. Pour la saisie des données terrain, une base de données associée à une couche vecteur est créée. La définition des champs de cette base dépend des objectifs de l'étude. Dans notre exemple, la base de données contient cinq champs : un identifiant de la parcelle, le type d'occupation du sol, l'état de la parcelle (labouré, en culture, récolté...), un commentaire libre, la date d'observation.

Toutes les couches doivent impérativement être projetées dans le même repère. Travaillant habituellement en Lambert II étendu (Lambert IIe), le GPS transformant des coordonnées en degré, WGS84, deux possibilités sont offertes par le SIG ArcPad :

- Projeter l'ensemble des couches en WGS84 (unité degré)
- Transformer à la volée les coordonnées WGS84 retournées par le GPS en Lambert IIe (unité mètre).

Cette dernière solution demande la création, dans le dossier System d'ArcPad, d'un fichier "DefaultTransforms.dbf" au format Dbase III contenant les paramètres du changement de projection selon la procédure complète décrite par [1].

Dans l'exemple, la deuxième solution évite de reprojecter les images FORMOSAT acquises avant chaque sortie terrain en WGS84 mais cette transformation dégrade le texte inscrit sur la couverture GoogleEarth.

L'ensemble des informations utiles à la mission (couche itinéraire, image FORMOSAT, base de données) est transféré dans l'ordinateur de poche par simple copie des dossiers. Le protocole ActiveSync assure la liaison entre l'ordinateur de poche et l'ordinateur de bureau.

Rendu sur la zone d'étude, l'expérimentateur visualise sur des plans superposés, le pointeur GPS localisant la position, l'itinéraire à suivre, la couverture GoogleEarth affichée en mode transparent, l'image FORMOSAT. La saisie des informations se résume, avec le stylet, au pointage du centre de la parcelle ce qui déclenche la saisie dans la base de données. La localisation du point est automatiquement enregistrée. La figure 2 illustre la simplicité du dispositif de saisie.

De retour au laboratoire, le transfert de la base de données sur l'ordinateur de bureau est la seule opération nécessaire. Toute double saisie est ainsi évitée. Le gain de temps est appréciable. Les erreurs de relecture sont également éliminées.

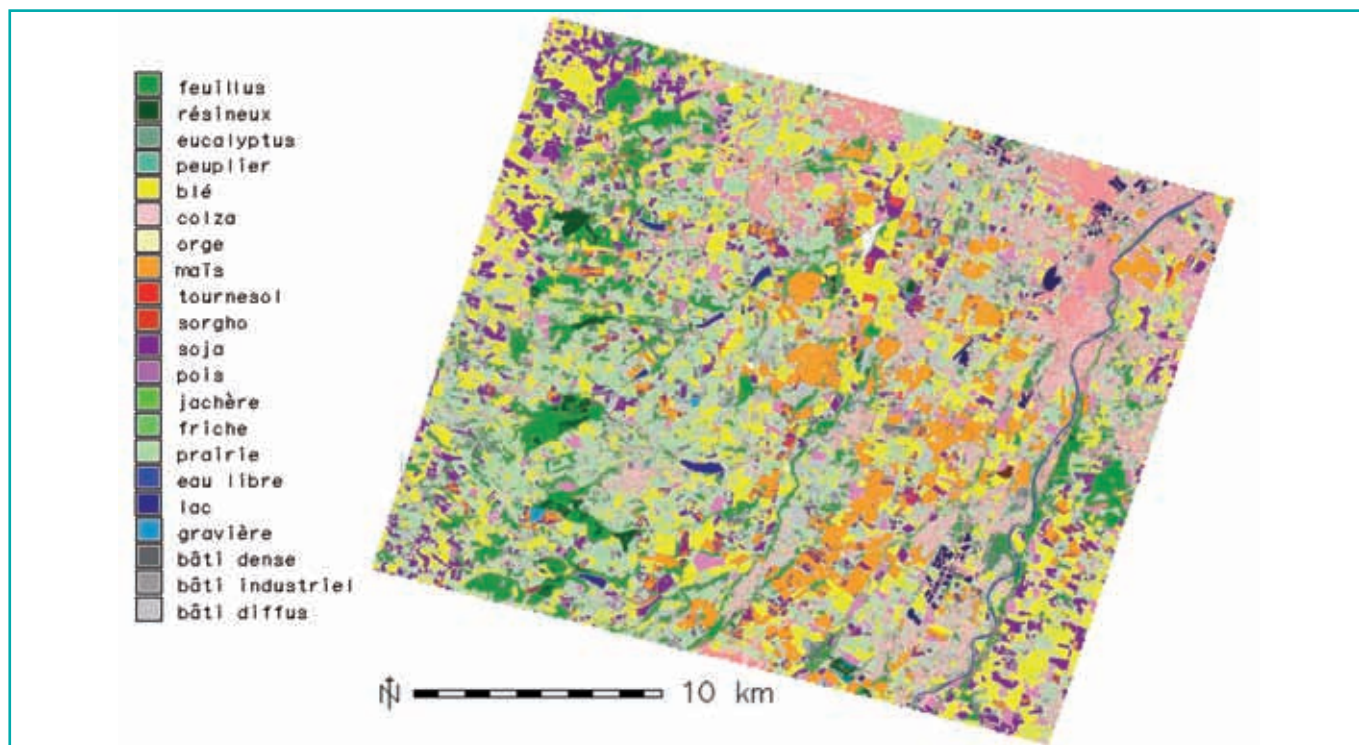


Figure 3. Classification de l'occupation du sol du site Sud-Ouest toulousain.

Ce protocole a permis d'enregistrer au cours de l'année 2007, l'occupation du sol de 1130 parcelles selon une typologie de 21 classes d'utilisation du sol.

Cinq sorties terrain réalisées les 19 février, 27 février, 9 mai, 20 juin et 7 septembre 2007 ont suffi à enregistrer directement ces vérités terrain dans un système d'information géographique. Parallèlement, 9 images FORMOSAT exploitables ont été acquises entre le 23 février et le 15 septembre 2007. Le satellite FORMOSAT permet l'acquisition d'images de résolution spatiale de 10 m dans les canaux Rouge, Vert, Bleu et Proche Infra-Rouge selon un angle de visée constant et selon une possibilité de revisite des sites quotidienne.

Une chaîne de traitement développée en interne au laboratoire aboutit à la construction de la figure 3. Le pourcentage de pixels bien classés calculés sur la moitié des échantillons réservés à cet usage est de 80%.

Le prochain objectif sera d'intégrer cette chaîne de traitement sur l'ordinateur de poche (HP Ipaq) afin de réaliser les classifications lors des sorties terrain et de pouvoir ainsi adapter notre effort d'échantillonnage. Cette fonctionnalité assurera un meilleur contrôle de la qualité des vérités terrain. Les raisons qui conduisent à la mauvaise classification d'une parcelle ne nécessiteront plus une nouvelle sortie. Elles pourront être déterminées très rapidement pendant que l'expérimentateur est encore sur le site d'étude.

Conclusion

La fiabilité de l'outil "SIG nomade couplé à un GPS" permet à plusieurs équipes de collaborer efficacement. Les données sont saisies selon un même format et une même logique

définie par concertation au tout début lors de la détermination des objectifs du projet.

Ce système présente les avantages d'éviter une double saisie (note de terrain, saisie au laboratoire), de limiter ainsi les risques d'erreurs, de faciliter le repérage sur le terrain, d'augmenter la précision du positionnement des relevés. Il permet aussi de mieux planifier les missions en guidant le cheminement de l'expérimentateur le long d'un itinéraire défini au laboratoire.

Un autre avantage est de disposer des données immédiatement à l'issue des missions terrain ce qui permet d'obtenir des résultats dans un temps le plus proche possible de la mise à disposition des données FORMOSAT. C'est un élément essentiel à la coordination des équipes de terrain et une nécessité dans la recherche d'une opérationnalité de la télédétection dans le domaine de l'agriculture. Le contrôle du développement des cultures, leur fertilisation ou le traitement des agents pathogènes, la lutte contre les adventices sont des domaines qui demandent des réponses immédiates pour être efficaces.

Dans l'avenir, implémenter les opérations de traitement de données sur l'ordinateur de poche diminuera encore le temps séparant l'acquisition de données terrain des résultats finaux. Ces développements modifieront également les pratiques d'acquisition de données terrain. L'expérimentateur sera conseillé sur le terrain sur le choix des thèmes qu'il devra caractériser au fur et à mesure que la base de données terrain s'enrichit. Il aura une connaissance immédiate des thèmes les plus mal classés sur lesquels son effort d'échantillonnage devra porter. Ces outils renouvelleront à terme les applications de la télédétection en offrant de nouveaux produits répondant en temps réel aux besoins des utilisateurs. ●



Bibliographie

[1] **Beyerhelm C. (2006)** Projections, Datums, And Transformations In ArcPad 7 – Getting It Straight.

<http://www.fs.fed.us/pub/gps/arcpad7/index.htm>
(accédé le 29 octobre 2007)

[2] **De Blomac F. (2001)** *SIG Nomades : Les utilisateurs se mettent doucement en marche.*

SIG LA LETTRE, n° 31, 3-6

[3] **Durand H. (2001)** *Apport d'un SIG nomade pour cartographier la végétation naturelle de l'île de la Réunion.*

Revue XYZ, n° 89, 43-46

[4] **Durand H. (2007)** *Production de BD d'occupation du sol ou de BD Natura 2000. La révolution des outils nomades (PocketPC, TabletPC).*

Géomatique Expert, n° 58, 15-21

[5] **Laugier O. (2000)** *Un SIG nomade.* Revue XYZ, n° 83, 33-41

[6] **Vignal L.X. (2002)** *Etude et développement d'une solution cartographique nomade. Mémoire de maîtrise spécialisé de la conférence des grandes écoles en architecture des systèmes d'information géographique (modèles et applications).* Marne-la-Vallée : ENSG, 2002

Contacts

Yves AUDA - CESBIO, CNRS, Université Paul Sabatier
yves.auda@cict.fr

Gérard DEDIEU - CESBIO, CNES, Université Paul Sabatier
gerard.dedieu@cesbio.cnes.fr

ABSTRACT

A system composed of a GPS (Tomtom), a pocket computer (HP Ipaq) and a mobile GIS ArcPad (ESRI TM) helped to record ground truth data. An experiment carried out in the South of Toulouse (France) described how to map landcover with this system and analyse crop development using satellite images. On the ground, thanks to the GPS, the user followed a path road previously recorded in a vector layer superposed on a GoogleEarth map or a satellite image. With this tool, the user easily recorded ground location and categorical data in the GIS. This system renew data acquisition on the ground because the control between visual observations and SIG data, satellite images are instantly possible. In the near future, adding data analyse methods to the pocket computer will open new interactive applications for environmental issues.

PUBLICATIONS DE L'AFT

Retourner ce bulletin accompagné du règlement à l'Association Française de Topographie
107, rue La Boétie - 75008 Paris - Tél. : 01 43 98 84 80 – Fax : 01 42 25 41 07 - Courriel : info@aftopo.org

Titre	Auteur	Qté	PU (ttc)	total
Sciences géographiques dans l'Antiquité	Raymond d'Hollander		55,10 €	
Mesurer la Terre 300 ans de géodésie	Jean-Jacques Levallois		41,10 €	
Lexique topographique			15,20 €	
Total				

Frais de port inclus

M./Mme/Mlle Nom : _____ Prénom : _____

Société ou organisme : _____

Secteur d'activité : _____

Adresse : _____

Code postal : [] [] [] [] [] [] Ville : _____

Tél. : [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] Fax : [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []

Courriel : _____

Règlement par chèque joint, à l'ordre de l'Association Française de Topographie

☐ Je désire recevoir une facture

Entretien du réseau de nivellement par les triplets

■ Alain COULOMB

L'entretien du réseau français de nivellement par l'Institut Géographique National est maintenant effectué grâce à un processus baptisé ERNIT (Entretien du Réseau de Nivellement par les Triplets), faisant intervenir la notion de "triplet". A terme, l'accès à la référence verticale nationale devra se faire en priorité par l'intermédiaire des triplets. Cet article définit le triplet, explique les raisons de la récente mise en œuvre du processus ERNIT et les nouvelles possibilités offertes à l'utilisateur (réseau de nivellement mis à jour plus fréquemment et répondant mieux aux besoins et aux technologies actuelles).

Selon le décret n° 2004-1246 du 22 novembre 2004 modifiant le décret n° 81-505 du 12 mai 1981, "l'Institut Géographique National a pour vocation de décrire, d'un point de vue géométrique et physique, la surface du territoire national et l'occupation de son sol, d'en faire toutes les représentations appropriées et de diffuser les informations correspondantes". Dans ce cadre, l'institut est notamment chargé de la mission d'intérêt général suivante : "implanter et entretenir les réseaux géodésiques et de nivellement relatifs au système national de référence de coordonnées géographiques, planimétriques et altimétriques, et diffuser les informations correspondantes".

Pour des raisons historiques et techniques, le réseau de nivellement national, fréquemment appelé Nivellement Général de la France (NGF), est constitué de lignes de nivellement formant un maillage superposable au réseau de voies de communication. L'entretien de ce réseau s'est effectué jusqu'en 2000, en réfectionnant des lignes de nivellement en partie détériorées (remplacement des repères détruits ; densification dans les agglomérations ; nouvelles mesures, par la méthode du cheminement, des dénivelées entre repères de nivellement ; calcul des nouvelles altitudes de tous les repères remesurés). Depuis 2000, l'IGN a adopté une nouvelle politique d'entretien du réseau de nivellement métropolitain.

MOTS-CLÉS

Nivellement, triplets, NGF, GPS, RAF98.

La politique actuelle de l'IGN

Cette politique fait suite à une enquête menée en 1998 auprès des utilisateurs, qui a mis en évidence le besoin d'un accès millimétrique à la référence altimétrique par l'intermédiaire d'un

réseau mieux réparti et plus fréquemment entretenu.

Elle prend en compte les évolutions technologiques permettant l'utilisation de techniques GNSS (Global Navigation Satellite Systems) pour des opérations de nivellement :

- Depuis 1998, la grille de conversion RAF98, issue du calcul du quasi-géoïde (QGF98) adapté sur des points GPS nivelés, et préconisée par le CNIG, permet de déterminer des altitudes par observations GNSS avec une précision centimétrique (3 cm à 95 %) à condition d'utiliser des méthodes GNSS précises et de se rattacher précisément à la référence géodésique RGF93. [1]



Figure 1. Repère de nivellement de type M (médaille) - L'altitude d'un repère de nivellement est susceptible d'évoluer au cours du temps. Pour éviter de changer la plaquette altitudinale à chaque opération de nivellement et inciter à utiliser l'altitude la plus à jour, disponible gratuitement sur le site www.ign.fr, l'altitude marquée sur le repère est arrondie au mètre.



- Le réseau GPS permanent RGP, mis en place depuis 1998, facilite cet accès au RGF93. [2]

Les principes ayant présidé à la mise en place de la nouvelle politique sont les suivants :

- La carte des besoins en repères NGF est superposable à la carte de densité de population. Là où il n'y a pas d'habitant, les repères NGF sont moins utiles. Autrement dit, dans les zones non habitées, les besoins d'altimétrie sont suffisamment rares pour admettre que le rattachement aux repères existants reste à la charge de l'utilisateur, d'autant que dans la plupart des cas le besoin réel de précision est faible, et que, dans ce cas, un simple rattachement par GNSS est possible et peut être moins coûteux qu'un cheminement classique de nivellement.
- Les discordances d'altitude dues aux erreurs de mesure, aux tassements des supports des repères, etc. sont certainement tolérables au niveau d'un écart-type de 1 à 2 cm, si les repères concernés sont distants les uns des autres de plusieurs kilomètres.

La politique actuelle est d'offrir à l'utilisateur du réseau de nivellement national la possibilité de déterminer l'altitude d'un point (point bleu sur la figure 2) à partir d'un autre point rattaché au réseau de nivellement (points jaunes sur la même figure), en mesurant, à l'aide de deux récepteurs GNSS, la dif-

férence de hauteur au-dessus de l'ellipsoïde entre les deux sites. Pour obtenir rapidement (en quelques dizaines de minutes) une précision centimétrique avec une telle méthode, il faut notamment que les deux récepteurs ne soient pas trop éloignés (typiquement que la distance entre les deux points soit inférieure à 5 km). Le rattachement au réseau de nivellement nécessite d'effectuer, au moyen d'outils de nivellement traditionnels (mire et niveau), un contrôle de l'altitude du repère de rattachement par remesure des dénivelées avec les repères les plus proches (opération dite "contrôle de stabilité").

L'équipement des professionnels par des récepteurs GNSS étant de plus en plus systématique, on peut s'attendre à ce que cette méthode soit privilégiée par rapport aux techniques de nivellement classique. Il convient cependant de noter que, pour de nombreuses applications, le procédé explicité ci-dessus n'est pas encore capable de remplacer l'accès à la référence altimétrique par des opérations de nivellement direct, seule méthode assurant une précision suffisante entre repères proches.

La notion de triplet

La nouvelle façon d'entretenir le réseau de nivellement de précision fait donc intervenir la notion de "triplet". Un triplet est un groupe d'au moins trois

repères de nivellement (tous ordres confondus) répondant aux spécifications suivantes :

- La distance entre deux repères du triplet doit être inférieure à 1 km.
- La dénivelée entre deux repères du triplet doit être inférieure à 30 mètres.
- La zone d'influence d'un triplet est de 5 kilomètres (un triplet dessert une portion circulaire de territoire dont le rayon est égal à 5 km).
- Le recouvrement des zones d'influence des triplets doit être le plus faible possible.

Un triplet permet un contrôle de stabilité rapide et facile, et par conséquent peu coûteux.

Sauf cas particulier (configuration locale du réseau, implantation de l'habitat...), les triplets sont situés dans des agglomérations de plus de 200 habitants. La localisation des triplets dans les agglomérations permet une meilleure conservation des repères de nivellement passant par une sensibilisation des municipalités à la conservation des repères des triplets.

On considère que tout point habité du territoire doit être dans la zone d'influence d'au moins un triplet.

Sauf cas particulier, les repères de nivellement ne faisant pas partie d'un triplet ne font plus l'objet de nouvelles mesures. Ces repères ne sont pas pour autant abandonnés. Entre 2000 et 2006, l'ensemble du Réseau Français de

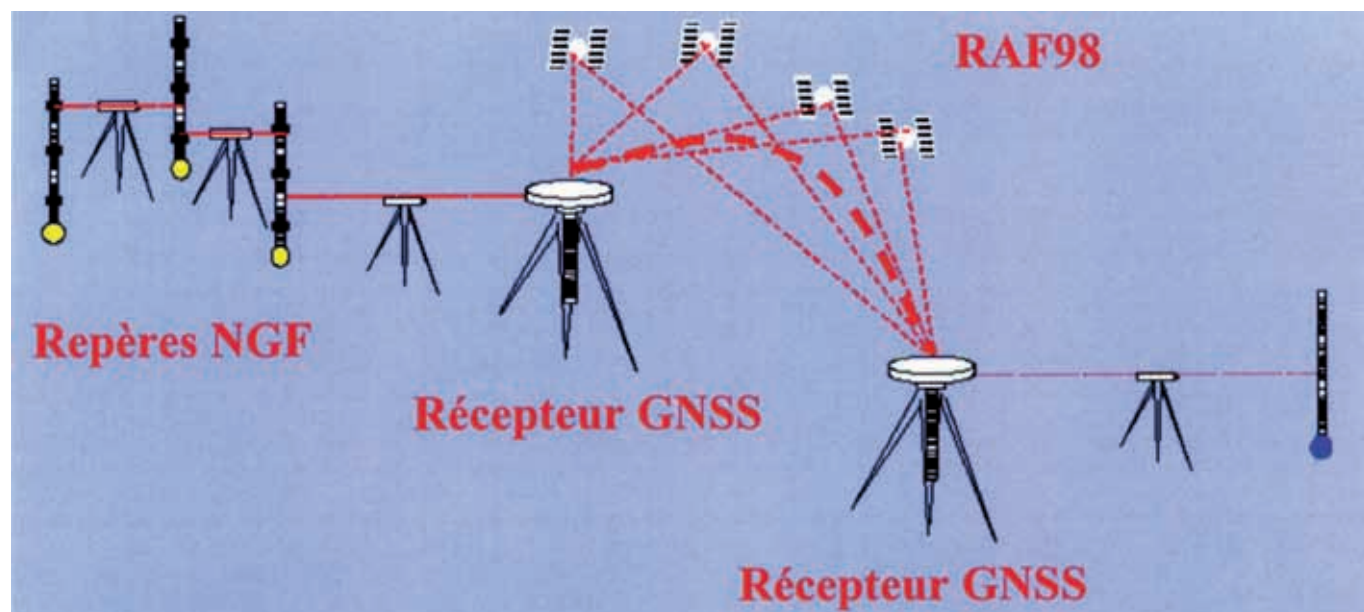


Figure 2. Schéma d'observation.



Figure 3 : Triplets dans la région d'Issoudun (Indre) - Sur l'extrait de carte ci-dessus, les repères de nivellement sont figurés par de petits disques bleus. A l'issue du contrôle réalisé en 2000, l'IGN a constaté que le nombre de repères était insuffisant dans le bourg de Saint-Ambroix (Cher) et que la petite ville de Civray, dont la population est supérieure à 1000 habitants, se trouvait en limite de zone d'influence d'un triplet. Deux nouveaux triplets ont donc été créés dans ces agglomérations.

Nivellement de Précision a fait l'objet d'un contrôle systématique et sélectif, destiné à mettre à jour les données descriptives des repères de nivellement (pas de mesures de nivellement réalisées lors de ce contrôle). Cette mise à jour s'est accompagnée de l'ajout de données nouvelles (photographie du repère et coordonnées géographiques décimétriques prises avec un récepteur GPS de navigation). Ponctuellement, l'IGN continue aussi à mettre à jour sa base de données en intégrant les informations issues de diverses sources ("dépose-repose" réalisées par des géomètres, propriétaires de bâtiments supportant des repères, utilisateurs du réseau...) En cas de nécessité, la refectation de certaines lignes de nivellement très dégradées peut être envisagée.

Une première phase d'entretien, aujourd'hui terminée

L'identification des triplets existants s'est faite en exploitant les résultats de ce contrôle (les triplets ont été composés de repères de nivellement répondant aux spécifications précisées ci-dessus et constatés en bon état lors du contrôle). On a alors constaté que l'ensemble du territoire n'était pas couvert. En d'autres

termes, il existait des lieux habités de plus de 200 habitants situés à plus de 5 km des triplets environnants. Une première phase d'entretien du réseau a donc consisté à créer de nouveaux triplets là où la densification du réseau était insuffisante. Pour cette phase, l'IGN a mis en place une méthode innovante de nivellement assisté par GPS qui a permis de rattacher par GPS les nouveaux triplets au réseau de nivelle-

ment à des distances inférieures à 15 km. Dans cette phase, la grille RAF98 a été utilisée en relatif pour transformer une différence de hauteur ellipsoïdale en une différence d'altitude.

Cette première phase, commencée en 2001, a pris fin en 2008. L'ensemble du territoire métropolitain est maintenant équipé d'environ 13 200 triplets, dont 2 800 triplets créés lors de la première phase. Si l'on définit l'ancienneté d'un triplet en prenant la moyenne des anciennetés des repères qui le constituent et l'ancienneté d'un repère de nivellement comme la différence entre l'année en cours et l'année de sa dernière observation (c'est-à-dire l'année où il a fait l'objet pour la dernière fois de mesures de nivellement), l'ancienneté moyenne des triplets est, à l'issue de cette première phase, de 28 ans.

Le processus ERNIT

L'objectif est aujourd'hui d'améliorer encore le service proposé à l'utilisateur du réseau de nivellement en lui donnant de bonnes garanties sur l'actualité de l'altitude et des données descriptives des repères constituant les triplets. Une autre phase d'entretien vient donc de débuter, qui concerne l'ensemble des 13 200 triplets identifiés sur le territoire métropolitain (nouvelles mesures, nouveaux calculs, mise à jour des données



Figure 4. Matériel utilisé dans le cadre des travaux ERNIT, antenne GNSS équipée d'une mire de nivellement à codes-barres.



descriptives...). Le processus opératoire utilisé est baptisé ERNIT (Entretien du Réseau de Nivellement par les Triplets).

L'objectif fixé est de réaliser la réfection totale du réseau des triplets sur une période de 12 ans et donc qu'à la fin du premier cycle ERNIT (dans 12 ans), l'ancienneté moyenne des triplets soit environ de 6 ans.

Afin de pouvoir mettre en évidence, après plusieurs cycles de mesure, des mouvements de terrain, le contrôle de stabilité réalisé par nivellement direct dans chaque village équipé d'un triplet est systématiquement associé à des mesures GNSS et on attribue, en s'appuyant sur le RGP, une hauteur au-dessus de l'ellipsoïde aux repères de nivellement constituant le triplet.

A très court terme, ces nouveaux éléments (appartenance des repères à un triplet, hauteurs sur l'ellipsoïde) apparaîtront sur les nouvelles fiches signalétiques des repères de nivellement, accessibles gratuitement sur le site Internet www.ign.fr (voir ci-dessous les statistiques de consultation des fiches descriptives des repères de nivellement depuis juin 2006).

Conclusion

A terme, l'utilisateur, qui pourra choisir d'utiliser le réseau de nivellement soit par techniques classiques de nivellement direct, soit par technique GNSS, devra accéder à la référence verticale nationale en priorité par l'intermédiaire des triplets. Il disposera ainsi d'un réseau répondant mieux aux besoins et aux technologies actuelles et mis à jour plus fréquemment. ●

Références

- [1] Dossier GPS et nivellement – Géomètre n°6, juin 1998.
- [2] XYZ n° 101 – 4^e trimestre 2004 – *Le Réseau GPS Permanent* – Thierry Duquesnoy

Contact

Alain COULOMB

Institut Géographique National
Service de Géodésie et Nivellement
Chef du Département Réseaux de référence matérialisés
alain.coulomb@ign.fr

ABSTRACT

Keywords: Spirit levelling, "triplets", NGF, GPS, RAF98.

The maintenance of the French levelling network by the French national mapping agency ("Institut Géographique National") is now carried out using a process involving "triplets" (sets of at least three points meeting distance and height difference criteria, to allow easy stability control). This process is called ERNIT: Entretien du Réseau de Nivellement par les Triplets (Maintenance of the levelling network using triplets). Eventually, the national vertical reference should be accessed first and foremost through the triplets.

This paper defines the triplet, explains the reasons for the recent implementation of the ERNIT process and the new advantages offered to users

(e.g. a levelling network that is more up to date and better adapted to current needs and technologies).

Nombre mensuel de consultation de fiches signalétiques de repères de nivellement en France métropolitaine

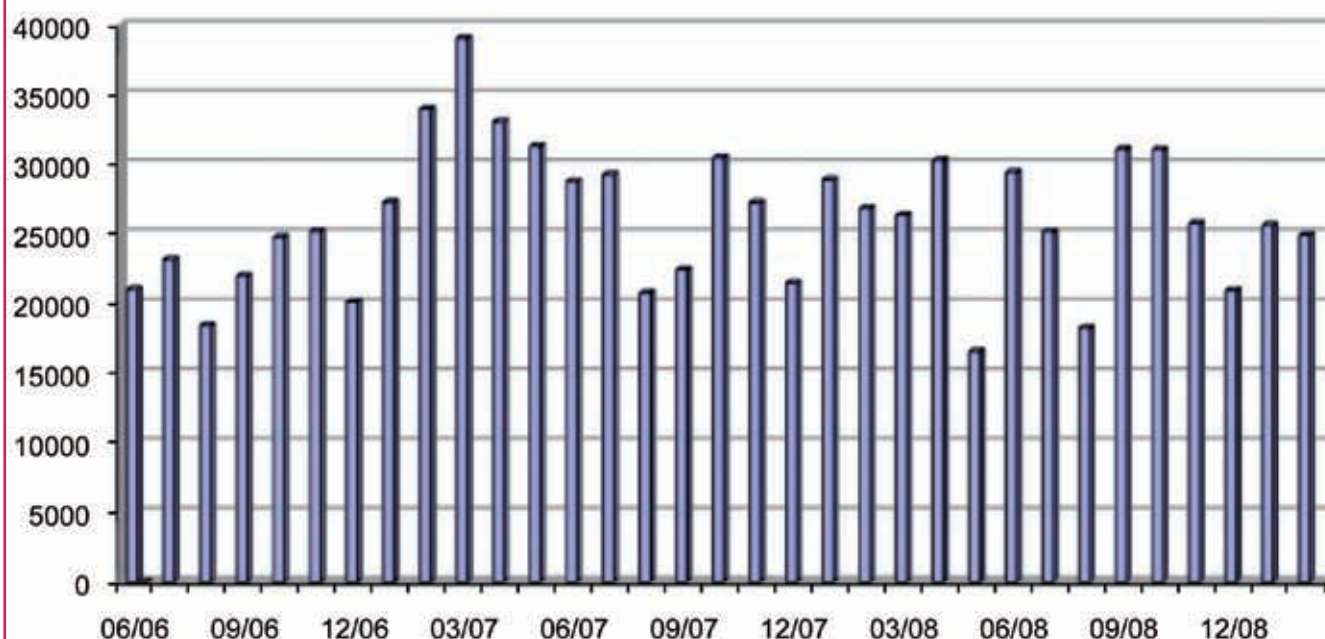


Figure 5. Un site Internet largement visité - Le pic de mars 2007 correspond au lancement du Geoportail. En dehors de ce pic, le graphique montre une utilisation professionnelle, avec des baisses de fréquentation pendant les périodes de vacances.

Du naufrage de l'*Amoco Cadiz* à Litto3D®

■ Gilles BESSERO

A l'occasion du trentième anniversaire du naufrage de l'Amoco Cadiz sur la côte nord de Bretagne, cet article rappelle que la méconnaissance de l'hydrographie dans la zone "mal pavée" du naufrage n'a pas permis d'envisager la récupération du pétrole contenu dans les soutes, avant que l'épave ne soit disloquée par les éléments. Si la situation de l'hydrographie de cette zone n'a guère évolué depuis 1978, le projet Litto3D® de constitution d'un référentiel géographique du littoral mené conjointement par le SHOM et l'IGN a l'ambition de répondre, entre autres, à ce type de besoin.



Figure 1. Le naufrage de l'*Amoco Cadiz*.

Revenant trente ans après sur le naufrage du pétrolier libérien *Amoco Cadiz* survenu en mars 1978 sur la côte nord de Bretagne, la presse s'est surtout intéressée aux éventuels résidus de la pollution qui a durement frappé plus de 400 kilomètres de côtes. Ce type de catastrophe est aussi source d'autres leçons qu'il convient de ne pas oublier.

L'une d'entre elles concerne l'impact de l'état de la cartographie marine dans la zone du naufrage, qui par définition est rarement une zone navigable. Si les progrès techniques, notamment en bathymétrie par laser aéroporté, permettent aujourd'hui de réaliser dans des conditions économiques acceptables une cartographie précise de la bande littorale, il y a encore beaucoup à faire pour disposer d'une telle cartographie tout le long des côtes de France.

Retour sur le naufrage de l'*Amoco Cadiz*

Aux termes d'une dérive de près de 12 heures et après de vaines tentatives de prise en remorque, l'*Amoco Cadiz* s'échoue dans la soirée du 16 mars 1978 sur les roches de Portsall (Figure 1). La récupération par des pétroliers allègers du pétrole contenu dans les soutes de l'*Amoco Cadiz* est immédiatement envisagée. Outre des questions d'ordre pratique par exemple sur les moyens de pompage, les autorités sont confrontées à la question de la sécurité nautique de l'accès au pétrolier échoué.

La zone est peu propice à la navigation en raison des fonds rocheux accidentés (Figure 2). Les levés hydrographiques les plus récents de la zone datent de 1927 (Figure 3). Ils ont été réalisés avec les moyens et selon les normes de

l'époque, c'est-à-dire avec un plomb poisson selon des profils espacés de 100 m environ. Il apparaît clairement que les informations disponibles sont insuffisantes pour déterminer a priori une voie d'accès sûre. Ce constat conduit à mobiliser le 20 mars l'un des bâtiments hydrographiques mis en œuvre par la marine au profit du SHOM. Il s'agit de l'*Astrolabe*, petit bâtiment de 450 tonnes (Figure 4) affecté à la mission hydrographique de l'Atlantique (MHA) et présent à Brest. La mission confiée à la MHA est de délimiter à l'intérieur d'une zone de 1,5 mille sur 1 mille environ une voie d'accès avec une profondeur minimum de 12 mètres. Pour détecter toutes les obstructions éventuelles, l'*Astrolabe* doit mettre en œuvre, outre son sondeur vertical, un sondeur latéral remorqué (Figure 5). L'espacement initial des profils à suivre est fixé à 50 m, ce

© Marine nationale

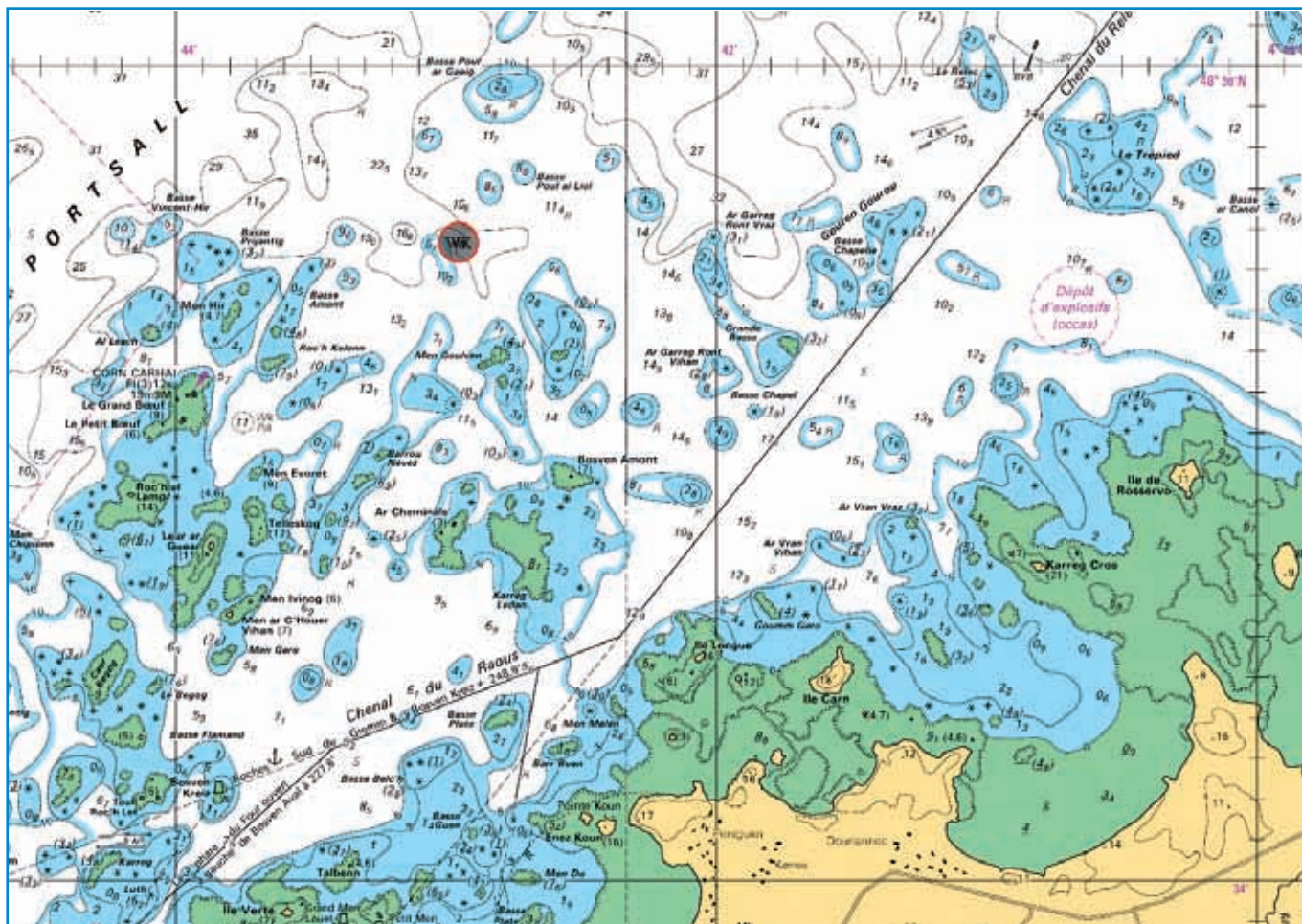


Figure 2. La bathymétrie de la zone du naufrage de l'*Amoco Cadiz* (extrait de la carte FR 7094, édition n°3 - 2007).

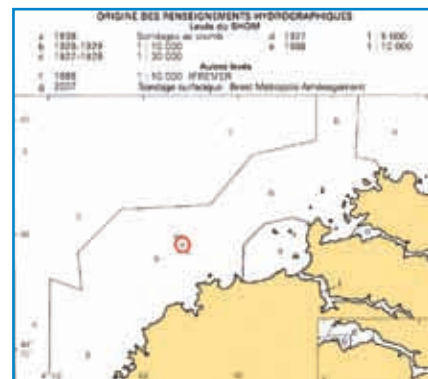


Figure 3. Index des levés de la carte 7094.



Figure 4. L'Astrolabe.



Figure 5. Le sondeur latéral Edgerton Mark 1B mis en œuvre par l'Astrolabe.



qui représente en théorie quinze à vingt heures de sondage effectif. La localisation est assurée en combinant du radioguidage par théodolite et des mesures de distance sur deux balises Trident installées sur des châteaux d'eau.

Malheureusement, les conditions météorologiques sont médiocres : le vent ne descend guère au-dessous de 25 nœuds et l'état de mer est générale-

ment supérieur à 4. Entre le 20 et le 26 mars, l'Astrolabe ne bénéficie que d'une journée moins défavorable, le 24 mars, au cours de laquelle elle réalise, dans des conditions difficiles et aggravées par la présence d'hydrocarbure en surface, seulement un cinquième du travail à réaliser.

A cette date, l'épave battue par les vagues a déjà perdu plus de 90% de sa

cargaison. Force est de constater que le projet d'allègement est désormais sans objet et le levé hydrographique est abandonné.

L'Astrolabe reste mobilisée, mais cette fois pour participer jusqu'au 6 avril

aux opérations de traitement des nappes d'hydrocarbure dérivant en surface, l'épave ayant été pétardée le 29 mars pour éviter que le suintement ne se prolonge pendant des semaines.

Les progrès depuis 1978

Les moyens des hydrographes ont bénéficié de deux avancées technologiques majeures depuis 1978. La première concerne la mesure des profondeurs avec la généralisation des sondeurs acoustiques multifaisceaux : ces sondeurs permettent de décrire en un seul passage (fauchée) la bathymétrie d'une bande dont la largeur peut atteindre 7 à 8 fois la profondeur (Figure 6). La seconde concerne la localisation des mesures avec l'emploi maintenant banalisé des systèmes de localisation par satellites (GPS puis GNSS) qui offrent en temps réel un positionnement précis à quelques mètres près, voire mieux, en tout point du globe.

Pour autant, l'état de l'hydrographie dans la zone du naufrage de l'*Amoco Cadiz* n'a guère progressé depuis 1978, les moyens du SHOM ayant été déployés dans d'autres zones jugées

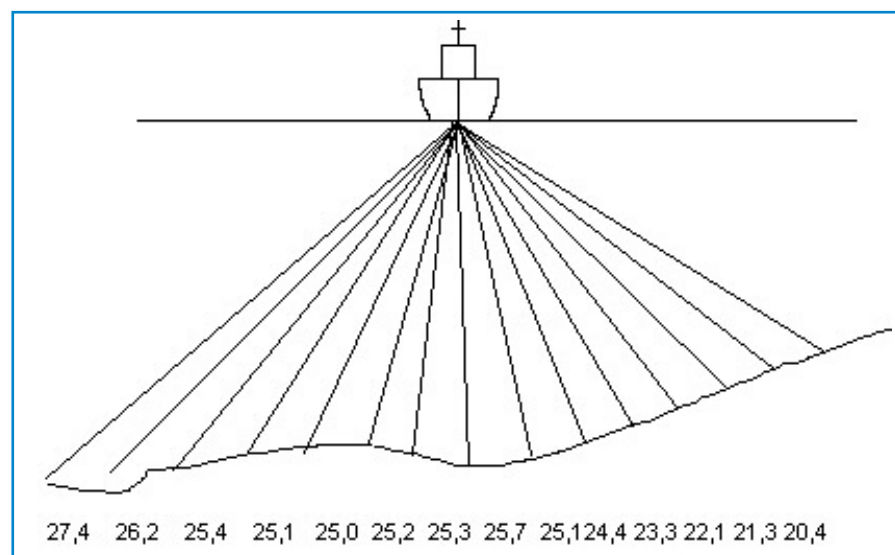


Figure 6. Principe du sondeur multifaisceaux.

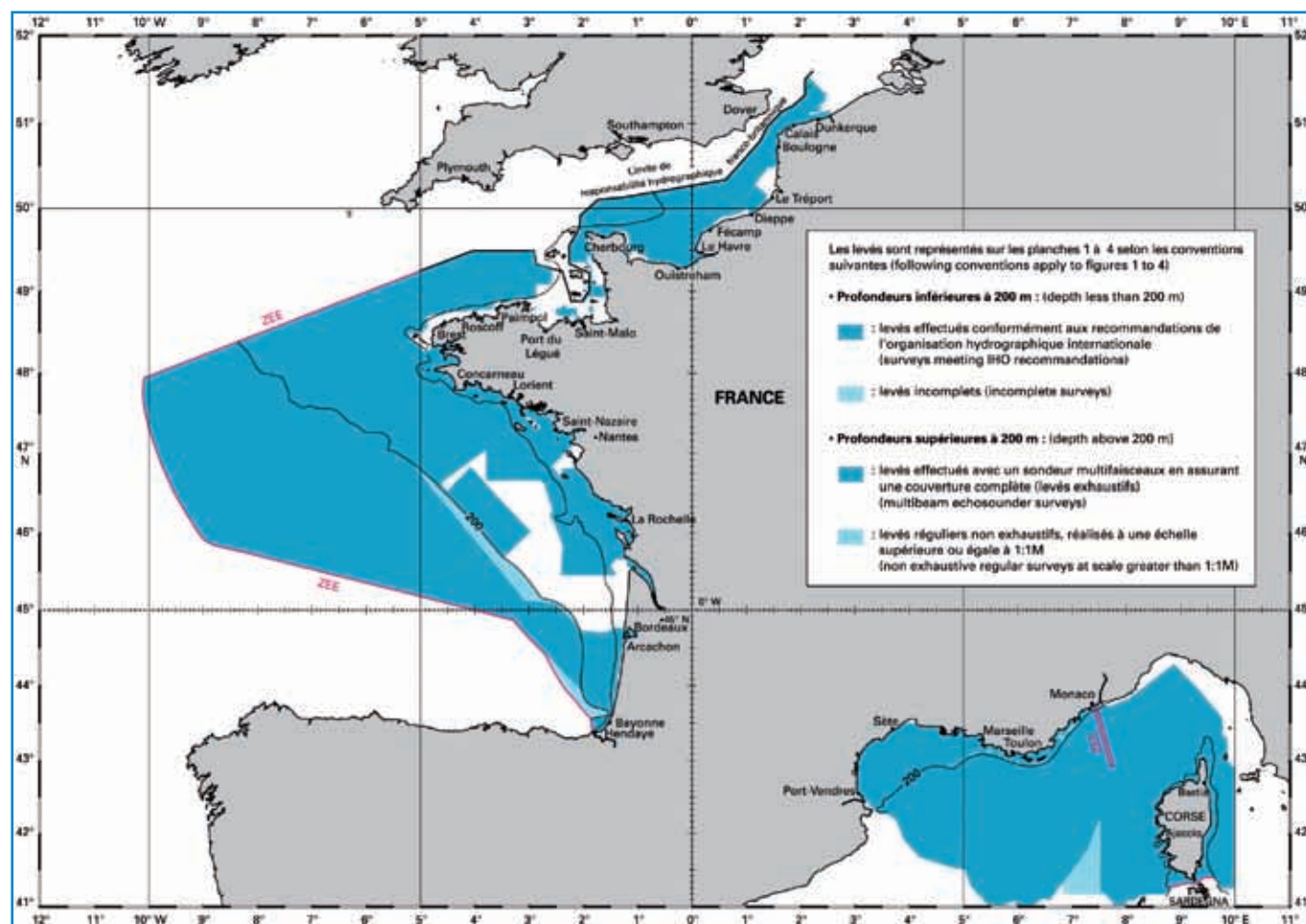


Figure 7. Etat des levés hydrographiques en France métropolitaine.

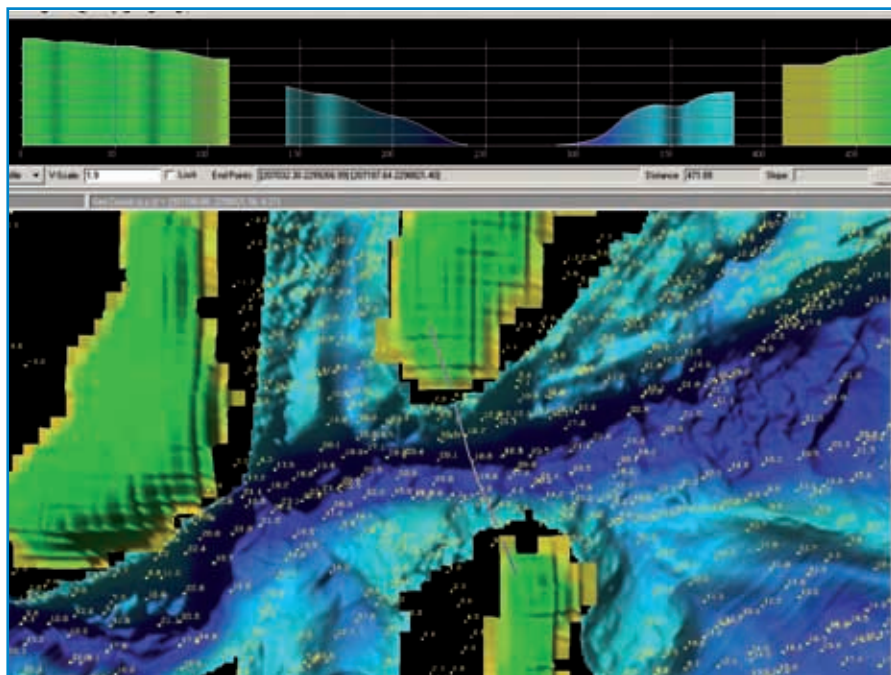


Figure 8. Combinaison de données de l'IGN (couleur verte) et de données du SHOM (sondages multifaisceaux en bleu et sondages ponctuels plus anciens en jaune) dans le golfe du Morbihan. La coupe (trait gris) montre en noir la zone non cartographiée (50 m environ de part et d'autre du chenal).



plus prioritaires. C'est ainsi que le levé de la zone entre Lannion et le Raz Blanchard entrepris en 2000 vise à renouveler une hydrographie qui remonte au XIX^e siècle. Au total, il reste ainsi près de 20 % des fonds de moins de 200 m qui n'ont pas encore été convenablement hydrographiés le long des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique oriental (Figure 7).

La problématique de la connaissance insuffisante de la zone côtière n'a donc pas été perdue de vue et d'ailleurs d'autres catastrophes, comme celles de l'Erika (décembre 1999) et du Prestige (novembre 2002) en ont malheureusement rappelé les enjeux. Non seulement la connaissance est souvent insuffisante pour approcher sans danger un navire échoué accidentellement mais elle ne permet pas non plus de modéliser ni de prévoir précisément les dérives des polluants. Plus généralement, ce sont toutes les problématiques relevant de la maîtrise des risques naturels ou accidentels et de la gestion intégrée des zones côtières qui sont tributaires d'un référentiel cartographique continu et précis. Ce besoin est à l'origine d'une recommandation du Parlement européen et de la

décision du comité interministériel de la mer qui, lors de sa réunion du 29 avril 2003, a prescrit au SHOM et à l'IGN de *"s'associer afin d'étudier la manière de produire le référentiel géographique du littoral (RGL)"*.

Si les données bathymétriques recueillies en mer avec les moyens nautiques sont généralement précises, elles sont rarement continues jusqu'au trait de côte, la priorité étant accordée aux zones navigables et les très petits fonds étant difficilement accessibles. Il en



Figure 9. Principe du laser bathymétrique aéroporté.

résulte une discontinuité plus ou moins large entre les données bathymétriques issues des levés hydrographiques et les données cartographiques terrestres (Figure 8).

Grâce au développement de la technique du laser bathymétrique aéroporté dont l'emploi opérationnel en hydrographie a débuté principalement en Australie à la fin des années 1980, il est possible aujourd'hui de réaliser une cartographie précise et continue de toute la bande côtière. Cette technique est donc à la base du volet maritime du projet Litto 3D[®] conçu par l'IGN et le SHOM en réponse à la prescription du comité interministériel de la mer.

Le principe du levé par laser bathymétrique aéroporté est de recueillir les impulsions émises par un laser bi-fréquence embarqué dans un avion et positionné de manière absolue par un récepteur GPS combiné à une centrale inertielle. Le laser émet simultanément une impulsion dans le proche infrarouge (1064 nm) et une autre dans la couleur verte (532 nm). La première se réfléchit à la surface de l'eau tandis que la seconde pénètre dans l'eau et, si la profondeur n'est pas trop grande, se réfléchit sur le fond. La différence entre les temps d'aller et retour des deux impulsions permet de mesurer la profondeur (Figure 9). Un dispositif de balayage perpendiculaire à l'axe de l'avion permet d'explorer une zone assez large sous l'avion. Typiquement, pour une fréquence d'émission de 1 kHz et une altitude de vol de 300 m, la fauchée est de 170 m ce qui permet, avec une vitesse de 180 nœuds, un rendement pouvant atteindre 50 km²/heure pour une densité minimale de 5 x 5 m.

Si le laser aéroporté permet de couvrir rapidement de vastes zones, son emploi est néanmoins limité, notamment par la transparence de l'eau. En dehors des eaux très claires où la portée peut atteindre exceptionnellement 70 mètres, le laser ne peut pas, du fait de la turbidité, pénétrer au-delà d'un seuil de profondeur compris entre 10 et

Figure 10. Levé laser du golfe du Morbihan ci-contre

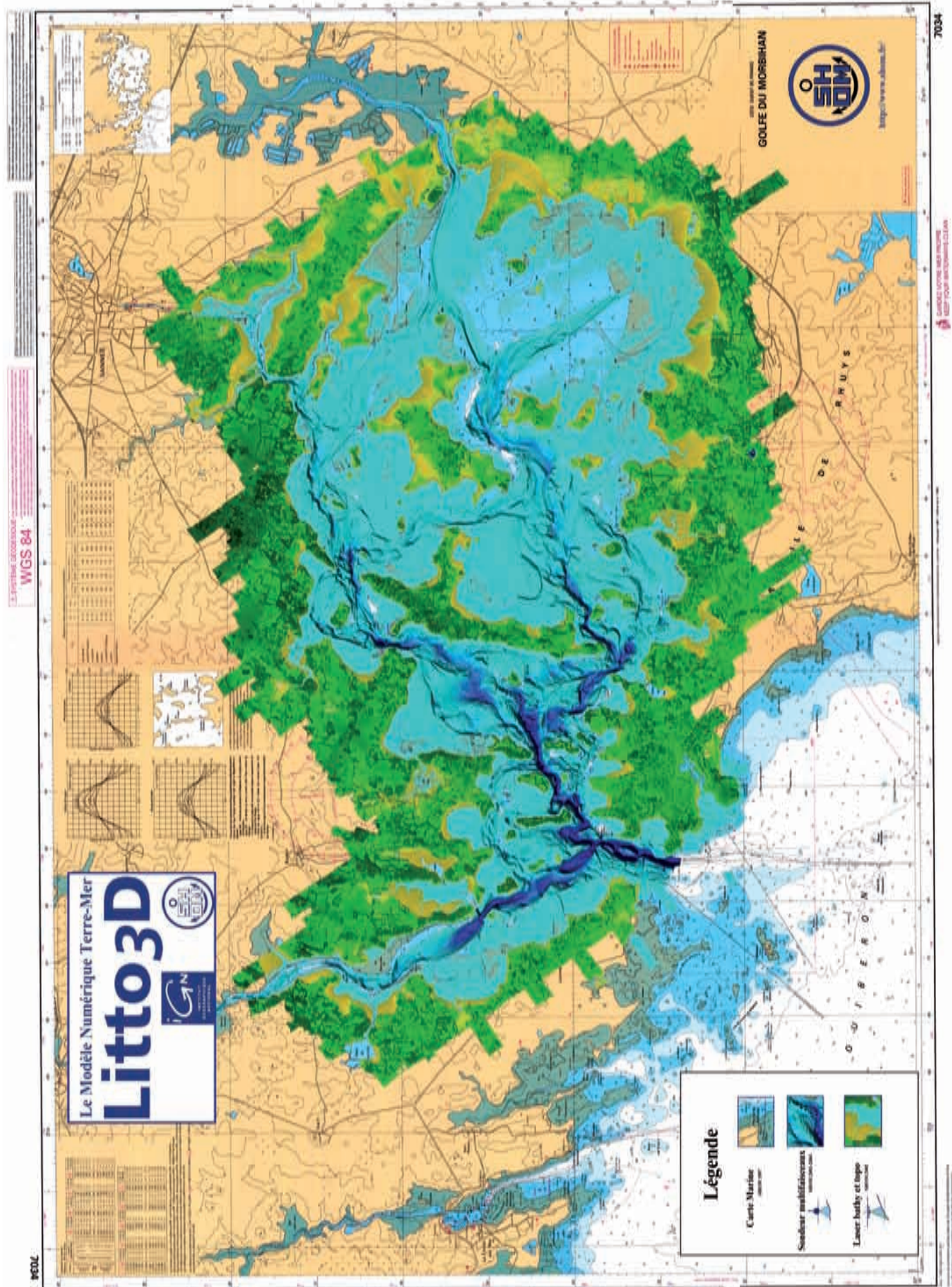




Figure 11. Levé laser aux abords de Toulon.



25 mètres en Manche ou en Atlantique et entre 30 et 50 mètres en Méditerranée. Le laser est également mis en défaut dans les zones de courants forts ou dans les zones à déferlement. Enfin, la résolution et le pouvoir discriminatoire relativement limités du laser bathymétrique ne permettent pas de bien décrire certaines singularités. A ces endroits, il est donc nécessaire de compléter les mesures laser par des mesures in situ au sondeur multifaisceau. Le sondeur multifaisceau est également utilisé pour cartographier les zones de contrôle du laser.

Une première démonstration a été réalisée par le SHOM sur le golfe du Morbihan en juin 2005, dans une zone (Figure 10) qui concentre, par la grande variété de ses caractéristiques (relief, turbidité, marée et courants, etc.), la plupart des difficultés que le projet Litto3D® aura à résoudre sur l'ensemble du littoral français. Une seconde expérience a été organisée conjointement par le SHOM et l'IGN, en septembre 2007, sur le littoral de la région toulonnaise (Figure 11). Réalisée avec le soutien de l'Etat (direction générale de la mer et des transports et fonds national d'aménagement et de développement du territoire), du conseil général du Var et de la communauté d'agglomération Toulon-Provence-Méditerranée cette deuxième opération a permis de prendre en compte les problématiques particulières à cette zone (marée de

très faible amplitude, falaises, zones peu profondes, variations de la turbidité, herbiers, etc.) et mettre en oeuvre deux lasers aéroportés, l'un bathymétrique, l'autre topographique.

Les perspectives

Le produit du projet Litto3D® sera un modèle numérique altimétrique continu de la mer et de la terre de précision décimétrique, de résolution métrique, au format compatible des systèmes d'information géographique. Une centaine de thèmes contribuant à une gestion intégrée des zones côtières sont identifiés comme utilisateurs potentiels de ce produit. Un comité des utilisateurs a été mis en place en 2008 afin notamment de valider les spécifications du produit.

Les modalités de couverture de l'ensemble des côtes de France et des départements d'outre-mer restent à déterminer en fonction des priorités et des moyens financiers qui pourront être consacrés au projet tant par l'Etat que par les collectivités territoriales du littoral.

Les données seront directement accessibles aux utilisateurs et aux industriels via le Géoportail, portail internet français de l'information géographique. Sans attendre, le SHOM et l'IGN ont d'ailleurs entrepris à travers le produit "HistoLitt®" (pour Historique et Littoral) de mettre en ligne toutes les données issues des levés antérieurs. ●

Pour en savoir plus :

<http://www.shom.fr/litto3d.htm>

<http://www.geoportail.fr/5061756/actu/5121311/fonds-sous-marins-en-3d.htm>

Contact

Gilles BESSERO

Ingénieur général de l'armement (hydrographe)
directeur général du SHOM

SHOM - CS92803 - 29228 Brest Cedex 2

XYZ remercie l'Institut français de navigation (IFN) d'avoir bien voulu autoriser la reprise de l'article paru en janvier 2009 dans le n° 225 de sa revue.

ABSTRACT

On the occasion of the thirtieth anniversary of the Amoco Cadiz grounding on the northern coast of Brittany, this article recalls how the incomplete hydrography of the treacherous area of the grounding prevented from trying to recover the oil contained in the tanks before the wreck was broken up by the elements. Although the survey status in this area has not improved much since 1978, the Litto3D® project for constituting a coastal geographic database which is run jointly by SHOM and IGN aims at meeting this type of requirement among others.

Du cadastre napoléonien au cadastre en ligne sur Internet

Textes issus d'une conférence "à deux voix" donnée au CNAM à Paris le 11 Décembre 2008, par M. Gilles Berteau et Pierre Clergeot

1^{ère} partie

■ Pierre CLERGEOT

Le cadastre Napoléonien ou "ancien cadastre" est l'expression sur le plan de la cartographie et de l'arpentage d'un savoir faire acquis au XVIII^e siècle et transposé au XIX^e siècle. L'établissement de ces plans cadastraux ne répondait plus au début du XIX^e siècle aux exigences liées à l'état des connaissances des sciences géographiques de l'époque. En effet l'objectif poursuivi n'était pas de faire une carte à grande échelle du territoire mais de confectionner pour chaque commune et relativement rapidement des plans pour les utiliser de façon temporaire afin de mieux répartir l'impôt entre les contribuables dans un souci de justice fiscale. D'ailleurs pour Gaudin, père fondateur du cadastre napoléonien et ministre des Finances (du 18 Brumaire an VIII – 1799 jusqu'à 1815) l'impôt de répartition devait être remplacé une fois le cadastre achevé pour l'ensemble des communes par un impôt de quotité. Cet achèvement était initialement prévu pour 1815 pour le territoire de "l'ancienne France". Pendant cette courte période (1807-1815), les plans, dans l'esprit du Ministre, n'avaient pas besoin d'être conservés. Pour des raisons diverses que nous évoquerons ensuite, le délai de sept ans initialement prévu fut largement dépassé. L'ensemble du territoire ne sera fini d'être cadastré qu'à la fin des années 1840 (à l'exception de la Savoie, du Comté de Nice et de la Corse). Cette absence de conservation des plans va progressivement devenir une source de difficultés majeures pour le bon fonctionnement du système cadastral et va donner naissance à de nombreuses propositions et à plusieurs lois pour améliorer la situation.

Par ailleurs, l'absence pendant tout le XIX^e siècle et le début du XX^e, d'une carte à grande échelle reposant sur une triangulation adaptée sera ressentie par la société civile et par les militaires à partir de la 1^{re} guerre mondiale comme un manque important. L'histoire nous montre qu'il aurait été possible d'associer à la logique cadastrale, la logique cartographique. C'est ce que voulait de Prony pendant la Révolution mais ce choix n'ayant pas été retenu malgré les recommandations de Delambre en 1807 et de Laplace en 1820, il a été ensuite très difficile de rapprocher ces deux logiques.

Cependant, contrairement à une idée reçue, les échanges ont toujours été nombreux au XIX^e et au XX^e siècle entre le service de la carte et celui du cadastre. L'utilisation de la photographie aérienne à partir de 1933 puis celle de la photogrammétrie dans l'après-guerre vont accélérer le processus de collaboration entre ces deux services.

Les sources du cadastre napoléonien

Le cadastre napoléonien, dont on a fêté le bicentenaire en 2007, est directement issu des expériences et décisions ayant trait aux différents systèmes cadastraux français de la période 1780-1807. Par cette filiation il plonge ses racines au cœur du XVIII^e siècle. Une réalisation est décisive pour son histoire : celle du cadastre savoyard et piémontais. En janvier 1728, Victor Amédée II, duc de Savoie et roi de Piémont Sardaigne, décide de mettre en place dans le duché de Savoie un cadastre parcellaire levé par arpentage, pour servir de base à une meilleure répartition de l'impôt. Il fait appel à des géomètres qui se sont formés dans la région milanaise où une expérience a eu lieu. 600 paroisses sont cadastrées en 10 ans. Les géomètres et estimateurs acquièrent un savoir-faire qu'ils vont améliorer quelques années plus tard en cadastrant, sous la même autorité royale, les paroisses de la région du Piémont au nord de l'Italie. C'est alors qu'apparaît un Français, Jean-François Henri de Richeprey qui joue un rôle important pour la suite de notre récit. De Richeprey est ingénieur géographe. Il débute sa carrière en participant de 1771 à 1775 à la réalisation du cadastre de la Corse et à l'élaboration de différents projets d'aménagement. En 1775, il est appelé à Versailles où il devient commis des finances pour le bureau de la Corse. En 1778, il se rend en Italie où il prend connaissance des travaux cadastraux du duché de Milan et de ceux du royaume de Piémont-Sardaigne. Les connaissances qu'il a acquises en Corse tant dans le domaine de l'arpentage que de l'expertise, lui permettent de faire une analyse pertinente des deux systèmes cadastraux du nord de l'Italie. De retour en France, il a l'idée de transposer ces expériences et rédige pour son administration un mémoire où il relate ses observations.

Quelques mois plus tard, en 1779, le gouvernement établit l'assemblée provinciale de Haute Guyenne, qui, selon Pascal Clapier, auteur d'une étude remarquable sur cette expérience cadastrale, s'empresse dès sa création de dénoncer l'injuste répartition de l'impôt et de solliciter du ministère l'envoi d'un homme capable de diriger la réforme fiscale. Ce sera de Richeprey. Fort de sa pratique en Corse et en Italie, il



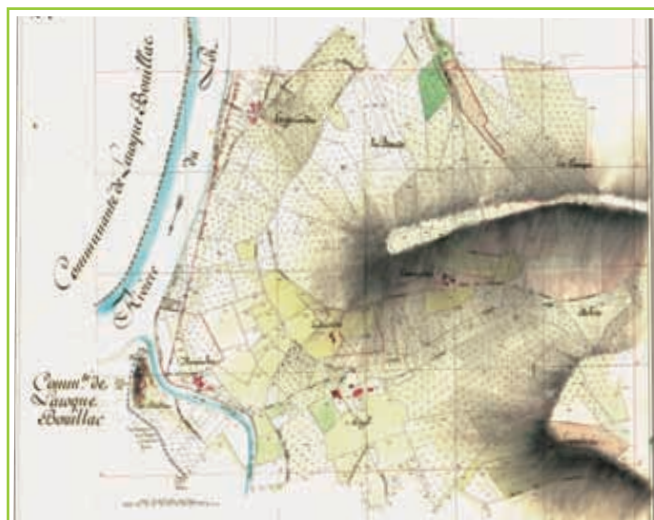
© D. BAUD

Mappe de Pinerolo - 1772 - Royaume de Piémont-Sardaigne.

▶ entreprend dès son arrivée des expériences. Il crée en 1781 une école à Cahors pour former des géomètres. Il parcourt toute la province pour connaître l'état des paroisses et des cadastres existants. Il découvre et étudie les éléments du milieu naturel, principalement les sols, pour déterminer leur potentiel agricole et classe ainsi les terres en les évaluant. Il organise le bureau du cadastre de Haute Guyenne. Il rédige, en 1784, le résultat de ses travaux et deux règlements qui codifient les travaux des ingénieurs géomètres et des abornateurs. Ses règlements sont entérinés par le roi en 1786 et dès lors les travaux de cadastration parcellaire commencent pour les paroisses considérées comme étant les plus allivrées. D'autres provinces (le Berry, le Languedoc) lui demandent d'intervenir, mais en 1786, avec l'accord du Roi et de La Fayette, il se rend en Guyane pour gérer un domaine agricole dans la perspective d'une libéralisation des esclaves qui y travaillent. Les débuts sont un succès mais il meurt quelques mois plus tard emporté par une fièvre.

Par contre, l'œuvre qu'il a entreprise en Haute Guyenne se poursuit. En 1789, la révolution met fin à l'assemblée de Haute Guyenne et à la production cadastrale en cours. Deux hommes vont cependant établir le lien entre le savoir-faire acquis en Haute Guyenne et le cadastre napoléonien et ce au plus haut niveau de l'administration.

- Laprade, qui de 1785 à 1789 est ingénieur géomètre en Haute Guyenne. Il devient ensuite directeur du bureau topographique du cadastre au début du XIX^e siècle et participe activement à la commission présidée par Delambre en novembre 1807. Cette commission doit définir le mode d'exécution du cadastre parcellaire napoléonien.



Archives départementales de l'Aveyron.

Cadastre de Boisse - 1789 - Haute Guyenne.

- Antoine Calmès de la Bessière. C'est à partir de 1786 un des directeurs du bureau du cadastre de Haute Guyenne. En 1790 il devient administrateur du département du Tarn puis il reprend au début du XIX^e siècle des fonctions importantes au cadastre. Nommé inspecteur général, il participe à ce titre à l'élaboration du Recueil méthodique de 1811 qui s'inspire de nombreux articles du règlement établi par de Richeprey en 1784.

Ainsi, grâce aux travaux de Pascal Clapier, actuellement inspecteur du cadastre à Tulle, et à ceux d'historiens du cadastre sarde et milanais, la filiation du système cadastral français a pu être établie.

Par ailleurs, mais sans s'inscrire dans une ascendance de cadastres parcellaires, les travaux cadastraux réalisés de 1776 à 1791 sous l'autorité de l'Intendant de Paris, Louis Benigne de Bertier de Sauvigny furent techniquement parlant une réussite même si politiquement cette opération "engendra" des effets pervers liés à l'injustice de la fiscalité de l'ancien Régime (voir les articles de Mireille Touzery, XYZ, n° 74-75-76). Ils permirent aux géomètres d'acquérir un savoir-faire pour la réalisation des plans par masses de culture et la détermination des limites des paroisses.

La période révolutionnaire

Après avoir supprimé les anciens impôts, l'Assemblée Constituante établit un nouvel impôt pour couvrir les dépenses générales de l'Etat. Dans sa forme, ce nouvel impôt reste un impôt de répartition qui s'appuie sur les nouvelles divisions administratives du territoire. Il s'agit d'une taxe foncière répartie par égalité proportionnelle sur toutes les propriétés bâties et non bâties.

Le législateur vote la répartition du contingent entre les départements, le Conseil général répartit le contingent départemental entre les arrondissements, le conseil "particulier" répartit le contingent d'arrondissement entre les communes et à l'intérieur de chaque commune les répartiteurs désignés par la municipalité communale répartissent le contingent communal entre chaque propriétaire.

Mais la méconnaissance des ressources économiques de chaque unité administrative va entraîner des injustices à tous les niveaux de la répartition. Le législateur et l'administration vont considérer que leur devoir premier est de fournir rapidement des éléments objectifs pour améliorer de la façon la plus juste possible mais aussi la moins coûteuse, la répartition des contingents entre départements, arrondissements et communes mais en laissant aux communes, et ce jusqu'en 1807, le soin de répartir l'impôt entre les propriétaires en s'appuyant sur un système déclaratif. Compte tenu des expériences récentes de Haute Guyenne, il est admis en Août 1791, que les communes en accord avec leur département peuvent lever à leurs frais un cadastre parcellaire de leur territoire pour mieux répartir l'impôt.

Cette décision est lourde de conséquences. C'est elle qui a fortement contribué, pour plusieurs siècles, à créer une logique cadastrale où chaque commune forme une unité de base sans continuité avec les communes voisines et qui se différencie de la logique géographique où la carte couvre un territoire sans discontinuité spatiale. Dans ce contexte, la logique cadastrale relève de la décision d'une commune et donc de ses habitants ; la logique géographique de celle de l'Etat et de son administration.

Par contre l'expérience en matière cadastrale du XVIII^e siècle qui s'achève, conduit l'administration révolutionnaire à préconiser un début de normalisation en matière d'arpentage et d'expertise afin d'unifier les procédures permettant de comparer les résultats entre les communes. C'est l'origine du décret du 16-23 Septembre 1791 qui fixe les règles à suivre pour établir les plans.

"Lorsqu'il sera procédé à la levée du territoire d'une communauté en vertu de l'ordonnance du directoire du département, l'ingénieur (géomètre) chargé de l'opération fera d'abord un plan de masse qui présentera la circonscription de la communauté et sa division en sections et fournira ensuite les plans de détail qui composent le parcellaire de propriété."
Quelques jours plus tard, l'Assemblée constituante décide la création d'une administration cadastrale qui sera mise en place sous la forme "d'un bureau du cadastre" par l'Assemblée législative le 5 octobre 1791.

Sa fonction est d'ordonner la mise en place du cadastre parcellaire mais surtout de fournir des données économiques et cartographiques au législateur et à l'administration, pour permettre une meilleure répartition du contingent de l'impôt entre départements, arrondissements et communes. Gaspar François de Prony, Ingénieur des Ponts et Chaussées, prend la direction du bureau du cadastre qui est rattaché en 1792 au ministère de l'Intérieur. Pour ce scientifique en lien avec l'Académie des sciences, les levés cadastraux doivent être intégrés à la cartographie et les plans cadastraux doivent former les plans à grande échelle d'un système qui intègre grande, moyenne et petite échelles. La connaissance géographique du territoire et la fourniture de données économiques sont intimement liées. Dans cet esprit, de Prony regroupe, au sein du bureau du cadastre, géodésie, levés cadastraux, établissements de cartes à différentes échelles et

inventaires socio-économiques. La carte de Cassini qui n'a pas encore fini d'être publiée, est une carte de géodésiens. Elle accorde peu d'importance à l'utilisation du sol. De plus, elle est entachée d'un certain nombre d'erreurs. De Prony estime donc souhaitable d'établir une deuxième carte de France à l'échelle du 1/10 000^e reposant sur une nouvelle triangulation et qui pourra servir de support à un nouveau cadastre.

Mais de Prony va se heurter à quatre difficultés :

- Le choix d'une unité de mesure commune à l'ensemble du territoire : le mètre. L'établissement du mètre est pour de Prony une condition indispensable à la réalisation des nouveaux travaux cartographiques. Il devra attendre la fin des années 1790 pour pouvoir commencer ! Ce retard condamnera son projet.
- Le problème de la formation des hommes. Pour faire face aux besoins nouveaux en matière de géodésie et de topographie, il crée une école de géographie rattachée au bureau du cadastre (1793). Mais faute de travaux cadastraux, ses élèves – au chômage – se tournent, à partir de 1797, vers l'armée dont les besoins en matière de cartographie ne font qu'augmenter avec les victoires de Bonaparte.
- Le manque de matériel, l'instabilité économique et politique de la France (suppression de l'Académie des Sciences en 1793, condamnation de certains de ses membres) retardent le lancement des grands projets cadastraux et cartographiques. De Prony produit alors de nombreux documents scientifiques (tables de logarithmes, tables trigonométriques) qui serviront, mais plus tardivement, aux travaux topographiques.
- La non-satisfaction des besoins du ministère des Finances en matière d'amélioration de la répartition de l'impôt malgré la mise en place d'une administration départementale des contributions directes en 1797.

L'expérience du bureau du cadastre va s'éteindre avec l'arrivée de Bonaparte au pouvoir (coup d'état du 18 Brumaire - 9 novembre 1799). Il considère que les travaux cartographiques relèvent de la stricte compétence des militaires et ceux du cadastre appartiennent au domaine civil.

L'Ecole de géographie du bureau du cadastre est fermée et le bureau lui-même est supprimé en 1802. Le service du cadastre est alors de nouveau rattaché au ministère des Finances. Seule la délimitation des communes restera une compétence du ministère de l'Intérieur (de Prony quitte le cadastre et devient directeur de l'Ecole des Ponts et Chaussées - poste qu'il occupera jusqu'à sa mort en 1838).

L'expérience "révolutionnaire" du cadastre était terminée et l'administration fiscale se trouvait toujours confrontée à l'urgence d'une meilleure répartition de l'impôt...

La période 1801-1807

Le 22 janvier 1801, le ministre des Finances Gaudin ordonne une refonte des matrices des rôles ce qui, selon les dires du ministre revenait à faire un cadastre sans l'arpentage général des terres. Les résultats escomptés ne sont pas au rendez-vous et les plaintes restent aussi nombreuses.



Cadastre de Boisse – 1789 – Haute Guyenne.
Archives départementales de l'Aveyron.

► Les Consuls de la République arrêtent le 12 Brumaire an XI (3 Novembre 1802) une série de mesures qui autorisent la création du cadastre par masse de culture pour 1800 communes qui seront tirées au sort par le ministre et réparties dans chaque département. Ces plans par masses de culture sont également appelés plans géométriques. Ils doivent reposer sur trois règles principales.

L'orientation plein nord – L'uniformité d'échelle (1/5000) – Leur rattachement à des points pris en dehors de la partie du territoire décrite – Les communes doivent être préalablement délimitées et les géomètres doivent diviser le territoire en section en s'appuyant sur des éléments si possible immuables. Dans chaque section, le plan doit représenter par masses, les différentes natures de culture : terres labourables, prés, vignes, bois, etc. La surface de chacune d'elles y sera distinguée par une couleur qui lui sera attribuée. Leur contenance par section sera déterminée dans un procès-verbal que l'arpenteur est tenu de rédiger. Les problèmes soulevés par la réalisation de ces plans par masses de culture sont nombreux. Problème de délimitation des communes, manque de personnel – il est difficile de trouver un géomètre arpenteur qualifié par département – manque de matériel qu'il faut faire construire : alidade, cercle de visée, etc. Le problème de l'étalonnage est partout présent car les étalons manquent... Dans ce contexte, le rôle des géomètres qui ont participé aux cadastres de Haute Guyenne (Lagarde) est très important pour toute cette période. Il en est de même pour ceux qui ont participé aux levés des cadastres de Bertier de Sauvigny en Ile de France.

Peu à peu, des difficultés sont cependant surmontées et il est décidé par un arrêté du 27 vendémiaire an XII (20 octobre 1803) d'étendre ce type de cadastre à l'ensemble des communes des départements. Gaudin, ministre des Finances, avance prudemment, il sait que les cadastres par masses de culture permettront d'améliorer la situation de la répartition entre départements, arrondissements, communes et de mieux connaître le revenu total de la masse imposable pour pouvoir à terme "déterminer avec certitude le produit total qui en résultera." Mais pour améliorer la répartition entre les contribuables à l'intérieur des communes et déterminer la quotité du revenu

à payer par chacun, il faut "aller au parcellaire", ce que la loi de 1791 l'autorise à faire. A partir de la fin de 1805, le ministre se lance dans la réalisation du cadastre parcellaire par système déclaratif et même s'il rencontre beaucoup de difficultés, les résultats sont probants. Il est dès lors convaincu que seul un cadastre parcellaire permet d'établir une véritable justice fiscale entre les propriétaires. Il démontre par ailleurs que le parcellaire par arpentage est préférable au parcellaire déclaratif. De plus, l'idée de remplacer l'impôt de répartition par un impôt de quotité fait son chemin. La mise en place d'un allivrement fixe et immuable devient l'objectif prioritaire du ministre : *"Chaque propriétaire, chaque commune, chaque arrondissement, chaque département aura à la fin de l'opération son allivrement, c'est-à-dire la somme à laquelle le revenu net imposable est fixé par le cadastre"* et l'Empire français aura son allivrement général.

Au début de l'année 1807, le ministre demande à ses services de séparer les propriétés bâties des autres biens fonds car les propriétés bâties ne peuvent pas profiter d'un allivrement fixe immuable. Par ailleurs, il est très attentif aux conséquences d'une intervention de plus en plus grande de l'administration fiscale dans la répartition de l'impôt qui prive les municipalités d'une compétence qu'elles détenaient jusqu'à présent. La loi du 15 septembre 1807 ne fera qu'entériner et officialiser ces mesures. Pour ses contemporains, le ministre des Finances assume l'entière paternité du cadastre dit "napoléonien".

Le cadastre napoléonien

Conforté dans ses choix, Gaudin réunit du 7 au 17 Novembre sous la présidence de Delambre membre de l'Institut, conseiller scientifique de longue date du ministre des finances, une commission qui doit définir le mode d'exécution du cadastre parcellaire. Cette réunion est importante car elle nous éclaire sur la nature des questions qui se posent alors. Elle comprend outre Oyon et Hennet, trois géomètres en chef, deux directeurs des contributions, deux directeurs du bureau topographique du cadastre, dont Laprade. Parmi les membres présents, certains défendent encore le parcellaire déclaratif mais c'est le parcellaire par arpentage qui est définitivement retenu. Au cours des échanges qui vont suivre, trois visions se confrontent concernant le mode d'établissement du plan parcellaire :

Celle de Delambre qui, d'un point de vue scientifique considère qu'il faut partir de la grande triangulation (1^{er} ordre) pour arriver au plan des communes, puis des sections, puis des parcelles. C'est le seul moyen de procéder si l'on veut établir entre les communes une solution de continuité. Celle de Laprade, qui considère qu'il faut traiter chaque section comme une commune et que, si les sections sont levées avec soin, leur raccordement sera aussi exact que le plan général de la commune. Une troisième solution est présentée par Hautier, géomètre en chef, ancien professeur du cours de géométrie pratique du cadastre. Elle consiste *"à faire d'abord la triangulation calculée de la commune, à lever le périmètre de cette commune, à lever en outre les chemins et ruisseaux, à calculer les*

contenances des masses ou polygones formés par ces divisions et subdivisions et à mesurer ensuite les parcelles de propriétés contenues dans ces grandes masses.

Ce mode permettait de tirer parti des divers degrés de talents des arpenteurs en ce qu'il chargeait les plus instruits de lever le plan routier ou périmétral et les simples arpenteurs de lever sous la direction des premiers le détail des propriétés."

Pour Delambre, le mode proposé par Laprade est acceptable "si on n'a pour objet que de connaître la contenance de chaque propriété et son revenu pour y proportionner l'impôt." Mais ce que propose Hautier lui semble préférable car ce mode "se rapprochait davantage des principes... s'il n'occasionnait pas plus de dépenses."

Les délibérations de cette commission donnent naissance à la rédaction d'une instruction sur la mise en place du cadastre parcellaire (1^{er} décembre 1807). Le choix retenu s'apparente à la solution d'Hautier.

Mais la grande nouveauté sera la décision en janvier 1808 prise par l'Empereur sur proposition de Gaudin que l'Etat finance entièrement le nouveau cadastre.

L'année 1808 commence donc pour Gaudin dans l'euphorie. Il est persuadé que la réalisation des cadastres parcellaires se fera rapidement et qu'en 1815 la couverture cadastrale de l'Empire sera en grande partie réalisée. Dès le début de l'année, il demande aux directeurs départementaux des contributions de lui fournir rapidement la liste des communes à cadastrer. "L'Etat, écrit-il, a prévu suffisamment d'argent pour couvrir tous les besoins de 1808 [...]. " Nous sommes encore dans l'après-Tilsit et l'espoir d'une paix durable... La seule contrainte semble être celle du personnel qualifié disponible, même si l'arrêt des cadastres par masses de culture libère les géomètres. Le ministre est par ailleurs assuré que l'expertise et l'évaluation se feront beaucoup plus rapidement que par le passé et demanderont, par commune, deux à trois mois après la fin de l'arpentage parcellaire.

L'avenir va malheureusement lui donner tort. Sur le plan financier, le début de la guerre d'Espagne (printemps 1808) provoque d'importantes restrictions et les crédits alloués au service du cadastre s'en ressentent. Le lancement des opérations cadastrales est retardé et leur nombre revu à la baisse malgré les efforts du ministre qui craint le départ des géomètres réduits au chômage. En 1809, la situation se stabilise mais le nombre de cadastres mis en chantier est inférieur à celui initialement prévu. Par ailleurs, Gaudin, devenu duc de Gaëte, s'aperçoit que l'expertise et l'évaluation continuent à poser des problèmes qui se révèlent être souvent plus importants que ceux, techniques, liés à l'arpentage. De même, beaucoup de directeurs départementaux des contributions sont restés dans la logique de la période expérimentale des plans par masses de culture. La mise en place des parcellaires par arpentage ne fait, pour eux, que prolonger cette expérience. Pour le ministre des Finances, cette attitude risque de retarder l'avancée de la production. Il décide d'y mettre fin en promouvant la nécessité d'un travail rapide et de qualité et de "refondre en un seul volume et dans un ordre méthodique" les instructions sur le cadastre contenues dans une collection en cinq volumes, publiés depuis 1804, par



© O. ROCHARD

Le plan Napoléonien – Recueil méthodique – Modèles.

J.B. Oyon, alors chef des bureaux du Commissariat pour la répartition de la contribution foncière. L'ouvrage doit être allégé "des instructions concernant le cadastre par masses de culture et des articles de règlements modifiés ou révoqués". Ce travail est confié aux douze inspecteurs généraux du cadastre qui sont chargés, dans "chaque inspection" de surveiller la réalisation des travaux cadastraux. Le Recueil méthodique des lois, décrets, règlements, instructions et décisions sur le cadastre de France paraît en 1811.

Le Recueil méthodique

Ce document de 1144 articles comprend une partie arpentage où sont décrites les procédures à suivre. Avant de procéder à l'arpentage de la commune, le géomètre de première classe doit d'abord la délimiter en présence du maire et des maires des communes adjacentes puis la diviser en sections. Il doit ensuite en faire la triangulation à l'aide d'un "cercle entier" ou à défaut d'un graphomètre à lunettes qui ait pour limbe une circonférence entière. Il doit établir une base qu'il mesure avec la plus grande précision en utilisant la chaîne de niveau. Puis il choisit sur l'ensemble de la commune des points "immuables" qu'il doit observer à raison de 1 pour cent arpents métriques et convenablement "distribués". Cette triangulation donne l'ossature de la commune sur laquelle va s'appuyer le levé des détails. Elle peut s'étendre à des points situés à l'extérieur de la commune. Elle permet d'orienter les plans et de calculer les distances des sommets des triangles réalisés à la méridienne et à sa perpendiculaire passant par le clocher de la commune. Pour le lever des détails, c'est-à-dire du parcellaire, le géomètre se fait aider par un géomètre de seconde classe. Ce lever s'effectue à l'aide d'une planchette et de ses accessoires : une alidade, un déclinatoire, une boussole, une chaîne de 10 mètres, une équerre, des échelles. Un graphomètre est parfois utilisé. Il est bien spécifié que l'emploi du compas d'arpenteur est rigoureusement interdit – ainsi que celui du micromètre. Il est par ailleurs recommandé aux géomètres d'étalonner les "mètres, décimètres, échelles" avant les départs en campagne en les comparant aux mesures étalons qui se situent dans les bureaux de la préfecture.

L'ingénieur vérificateur examine les travaux réalisés : triangulation et levé des détails. Les calculs des contenances sont

effectués dans les bureaux de l'ingénieur vérificateur. L'échelle des plans est le 1/2 500^e, parfois le 1/5 000^e, pour les communes au parcellaire peu morcelé et le 1/1 250^e pour les espaces bâtis. Le tableau d'assemblage (T.A.) est en général à l'échelle du 1/10 000^e. Le format du papier utilisé est le format Grand Aigle.

Nous retrouvons la genèse d'une partie de ces dispositions dans les instructions rédigées par de Richeprey pour les cadastres de Haute Guyenne. Il avait déjà insisté sur l'interdiction de l'usage fort répandu du compas d'arpenteur : *"Ces grands compas de bois qu'ils [les géomètres] ne peuvent mouvoir ni horizontalement ni en ligne droite, qui allongent ou raccourcissent les lignes et qui donnent rarement deux fois de suite la même mesure"*. De Richeprey utilise une toise à la place de la chaîne. Pour les terrains en pente, l'horizontalité de la toise est obtenue grâce à un niveau de maçon et la verticale de l'extrémité par un fil à plomb. En 1811, c'est l'usage de la chaîne qui est préconisé.

Les sources d'erreurs sont nombreuses : levés des détails parcellaires avant les opérations de triangulation... reprise de documents anciens, erreurs d'étalonnage, manque de matériel. La qualité dépend des individus et même quand on porte à la réalisation une grande attention, beaucoup d'erreurs proviennent des copies ; de l'estimation des surfaces qui changent avec les mouvements du papier selon les conditions climatiques, etc.

Tant que l'organisation napoléonienne du cadastre resta en place, les conditions de réalisation restèrent assez bonnes, mais à partir de 1815, la situation se dégrada progressivement sous l'influence des Ultras qui s'opposèrent au cadastre parcellaire ou au cadastre tout court. Finalement les défenseurs du cadastre parcellaire, à la tête desquels on retrouve le duc de Gaëte, devenu député de l'Aisne, finirent par l'emporter mais le système cadastral connut de profonds changements. La loi du 31 juillet 1821 issue de ces débats et conflits limite les opérations cadastrales à la répartition individuelle de l'impôt et le conseil municipal désigne les classificateurs. Le cadastre devient une opération financée par le département ou la commune. L'administration cadastrale est fortement réduite. Beaucoup pensent que c'est la fin du cadastre parcellaire. Il n'en sera rien. La volonté de la plupart des départements et d'un grand nombre de communes permet de maintenir une forte activité cadastrale qui, par contre, se dégradera sur le plan de la qualité géométrique. Mais en 1827, le règlement du 25 mars introduit des améliorations dans les procédés d'exécution :

- La triangulation d'ensemble de la commune est faite par un spécialiste : le triangulateur est pourvu d'un théodolite qui donne directement la demi-minute. Les calculs trigonométriques s'effectuent sur des tables de logarithmes, de sinus, de tangentes précises.
- Deux ans plus tard, il est précisé que le triangulateur doit tracer un décamètre étalon dans chaque commune à cadastrer pour que le géomètre arpenteur vérifie que la chaîne dont il fait usage ait la longueur voulue. Compte tenu de cet ensemble de mesures, la qualité géométrique des plans réalisés à partir de 1828 s'améliore. Par ailleurs, en 1825, le service du cadastre met en place la diffusion des copies des

tableaux d'assemblage destinés au dépôt général de la Guerre. Nous touchons ici à un point important de la collaboration carte-cadastre.

En 1817, une commission royale avait été créée pour examiner le projet déjà ancien, mais retardé, d'une nouvelle carte de France. Elle était présidée par l'astronome Laplace. Cette carte devait être appropriée à tous les services publics et combinée avec l'opération de cadastre général. Le dépôt de la guerre et le cadastre s'y voient fixer chacun leur attribution. Le premier assure les opérations de 1^{er} et 2^e ordres, tandis que le second est chargé de la triangulation de 3^e ordre. Le cadastre doit exécuter les rédactions au 1/10 000^e des plans parcellaires et les fournir au dépôt de la Guerre qui limite ses opérations topographiques à une simple reconnaissance et au levé de l'orographie puis prend en charge la gravure et l'édition à une échelle initialement prévue au 1/50 000^e.

Dans cette opération, le cadastre se sent confiné à une mission subalterne et souhaite préserver son indépendance. Il ne peut attendre la fin des opérations géodésiques de 1^{er} et 2^e ordres et, parmi son personnel, très peu de géomètres disposent du matériel et de la compétence requise pour faire de la triangulation de 3^e ordre. De fait, toute la triangulation sera exécutée par le dépôt de la Guerre de 1818 à 1863, mais 94 % de la planimétrie de la carte d'état-major sont issus des plans cadastraux (d'après Michel Bacchus et Jean-Claude Dupuis). La qualité géométrique de ces derniers progresse jusqu'à la fin de la cadastration du territoire français qui se situe au milieu des années 1840. L'une des dernières décisions qui symbolise ce progrès est l'interdiction d'employer à partir du 1^{er} janvier 1840 toute utilisation pour les poids et mesures de termes autres que ceux établis par les lois du 18 germinal an 3 (1795) et du 18 frimaire an 8 (1799).

Le renouvellement et la conservation du cadastre napoléonien

L'allivrement étant immuable, les plans ne devaient pas être mis à jours par contre les matrices l'étaient. Mais le cadastre était encore loin d'être achevé que déjà la nécessité se faisait sentir de "conserver" les plans et de renouveler le cadastre napoléonien. De nombreux projets furent élaborés dans ce sens. Nous n'en retiendrons que quelques-uns :

En 1837, M. Lacave-Laplagne, ministre des Finances, charge une commission d'étudier un nouveau projet de conservation du cadastre. Il consiste à appliquer annuellement, sur les plans et états de sections, les mutations qui ne sont jusqu'ici suivies que sur les matrices, et à faire réviser les évaluations après un délai de trente ans. La mise à jour des plans parcellaires semble plus facile si ces derniers ne couvrent, par feuille, qu'une petite partie de territoire mais à grande échelle. Il est proposé de réaliser trois types de plans pour chaque commune non cadastrée : un plan général à l'échelle du 1/5 000 ou du 1/10 000 ; des plans sectionnaires (un par section) qui portent le tracé des périmètres des lieux-dits et qui serviront aux travaux d'aménagement du territoire ; des plans parcellaires par lieu-dit à une échelle du 1/1 000 ou du 1/2 000. La commission conclut positivement aux propositions du

ministre qui demande aux préfets et aux directeurs départementaux des contributions directes de prendre rapidement les dispositions pour appliquer les nouvelles mesures de conservation du plan. Le 4 mars 1839, Lacave-Laplagne quitte le pouvoir avec le Ministère dont il faisait partie. On revint avec son successeur à la situation antérieure. Quelques cadastres napoléoniens furent cependant réalisés, respectant les directives du ministre entre 1838 et 1839.

Quelques années plus tard, les besoins de renouvellement de plans cadastraux se faisant toujours plus pressants, M. Humann, ministre des Finances, autorisa en 1841 la refection des communes anciennement cadastrées contre l'avis de la commission du budget qui estimait que cette décision posait une question de principe qui relevait de la loi. 1937 communes, entre 1841 et 1852, bénéficièrent de cette autorisation. Les travaux étaient payés par les départements. Un nouveau plan cadastral était établi. Il donnait lieu à une nouvelle évaluation cadastrale, mais il n'était pas "conservé". Suite à une plainte de quatre propriétaires d'une commune de Côte-d'Or qui avait bénéficié d'une telle mesure, le Conseil d'Etat jugeant au contentieux condamna la décision du ministre dans un arrêt du 15 Mai 1848. Il devenait dès lors indispensable de provoquer une mesure législative pour d'une part, régulariser la situation existante, d'autre part, permet-

tre de nouvelles opérations dans les communes où le renouvellement du cadastre était nécessaire. C'est dans cet esprit que fut votée la loi du 7 Août 1850 qui devait permettre de parer au plus pressé en attendant un projet d'ensemble pour le renouvellement et la conservation du cadastre. Afin de limiter la portée de la loi du 7 Août 1850, le législateur mis à la charge exclusive des communes les frais de renouvellement du cadastre. Cette mesure arrêta l'essor de cette opération sauf dans le département du Nord et celui de Meurthe-et-Moselle où des abornements généraux combinés aux opérations de renouvellement du cadastre ont été exécutés à partir des années 1860 avec l'inscription sur les plans officiels des cotes de largeur des parcelles, ce qui leur donnait "un véritable caractère d'authenticité". Mais il n'était toujours pas prévu de tenir à jour ces nouveaux plans cadastraux.

Vers un cadastre numérique

L'idée d'un cadastre numérique et de plans numériques venant remplacer les plans linéaires apparut vers le début des années 1840. L'utilisation du tachéomètre, mis au point par le major Porro en Piémont, ouvrait des perspectives nouvelles. La précision et la rapidité des mesures permettaient d'envisager de pouvoir donner à chaque parcelle des coordonnées numériques précises pouvant éventuellement figurer dans les actes translatifs de propriété et de pouvoir ainsi constituer des registres numériques qui permettraient à tout moment de reconstituer les plans papier.

Ce progrès s'annonça, en partie, pour le cadastre français, dans le projet de loi de 1846 :

"L'administration veut en même temps donner au cadastre plus d'exactitude et d'autorité, et le mieux approprié aux besoins de l'intérêt privé. Tel est le double objet du projet de loi. La triangulation sera appuyée partout où on le pourra sur les opérations géodésiques de la carte de France, les points trigonométriques seront plus nombreux et disposés de telle sorte que l'on puisse s'en servir en tout temps pour retrouver une limite qui aurait disparu ou qui aurait été déplacée... Les points de triangulation seront marqués sur le plan de chaque division : les côtés des triangles y seront tracés par des lignes ponctuées et la longueur de chacun de ces côtés sera indiquée en marge du plan..." (extrait de la note explicative du projet de loi).

Nous étions, avec ce projet, en marche vers un nouveau type de plan et de cadastre qui devait être "conservé". Il fut expérimenté sur quelques dizaines de communes mais il ne vit jamais le jour car le ministre des Finances Lacave-Laplagne qui en était l'auteur quitta ses fonctions (pour la 2^e fois) et les circonstances politiques firent ajourner la réalisation des mesures projetées. Quelques années plus tard, en 1853, le département du Gard entreprit une expérience de cadastre numérique pour la commune de Servas qui montra la faisabilité d'une telle opération en associant à la forme descriptive des registres numériques la forme figurative des plans. Il fallait abandonner en matière d'arpentage la planchette au profit du tachéomètre. Treize ans plus tard, en 1866, à l'âge de 17 ans le jeune savoyard Sanguet fera breveter un appareil connu sous le nom de "longimètre" qui deviendra le tachéomètre



Tableau d'Assemblage de la commune de SARGE - 1810.



Tableau d'Assemblage de la commune de SARGE - 1846.

► autoréducteur. Il écrira, à l'âge de 19 ans, en s'inspirant fortement d'une publication de Félix Robernier parue en 1855 : *"Quelques réflexions critiques sur l'insuffisance du Nouveau Cadastre Savoisien Esquisse et mise en pratique du terrier perpétuel Au lieu d'un cadastre exclusivement fiscal Qui ne sera terminé que dans une vingtaine d'années L'ancien Duché de Savoie doit et peut avoir Sans augmentation de dépense et dans l'espace de trois ans Un véritable cadastre probant, automoteur perpétuel C'est-à-dire Le grand livre terrier de sa propriété foncière Et le nivellement général de son territoire"*.

Joseph-Louis SANGUET

En ce milieu du XIX^e siècle le vocabulaire employé traduit bien l'extraordinaire bouleversement qui est en train de se produire. Dans un même ouvrage et pratiquement aux mêmes pages on trouve les termes : *"foncier perpétuel, cadastre probant automoteur et perpétuel – plan numérique, cadastre numérique, plans linéaires, bornes trigonométriques, registre numérique – mais aussi cadastre vital, cadastre automoteur, cadastre perpétuel"*.

Je ne résiste pas à l'envie de citer ce livre de Robernier paru en 1845 *"Du cadastre et de sa conservation par la transformation des plans linéaires en plans numériques"*. La révolution technique dans l'art de la mesure annonce bien le livre foncier et l'esprit du projet de loi de 1846 en était le premier pas. Mais les troubles politiques du milieu du XIX^e siècle en retardent l'avancée. La loi de 1850 ne doit pas être vue sous l'angle d'une loi conservatrice mais d'une loi de sauvegarde. Elle se veut temporaire pour ne pas bloquer la mise en place d'un nouveau système.

Sur le plan juridique le débat est plus ouvert. La grande variété des systèmes agraires français en constitue la cause. Pour les pays de l'Est de la France où le système d'openfield à assolement triennal et communautaire est en train de s'éteindre sous la poussée des progrès agronomiques, la réorganisation des terroirs s'impose. L'abornement, opération d'intérêt privé, devient une contrainte obligatoire pour tous. Le bon sens recommande de l'associer aux opérations du cadastre, opération d'intérêt général. Cela deviendra un des modèles du cadastre – livre foncier français.

Mais pour les 2/3 du reste de la France, la situation est radicalement différente. Là où le bocage domine, là où les fossés ou les murs sont autant de repères pour fixer des limites séparatives, là où domine l'habitat dispersé, où les finages d'exploitation sont d'un seul tenant, la fixation des limites de propriété est relativement aisée. Les propriétaires ne sont pas prêts à payer un abornement général et l'État ne souhaite pas le financer. Le problème est déjà intégralement posé dans le projet de loi de 1846.

"Quelques personnes auraient voulu qu'il fût procédé à un abornement général et forcé des propriétés. Une telle opération ferait naître des discussions dont les tribunaux seuls pourraient être juges et dont il serait difficile de prévoir le terme. Le gouvernement ne saurait le proposer. Si, dans un petit nombre de communes, les abornements ont été exécutés sur la



© IGN – 1961 – Bas Rhin.

Quand la morphologie parcellaire impose une cadastration rigoureuse...

provocation des propriétaires et en vertu de conventions spéciales, on ne pourrait pas espérer de trouver partout un semblable accord, et la contrainte légale ne le procurerait jamais. Tout ce qu'il est possible de faire administrativement, c'est d'appeler les propriétaires pour reconnaître ou contester sur le terrain, les lignes de démarcation assignées par le plan, à toutes les parcelles de leur propriété confrontant à des propriétaires différents ; de dresser un procès-verbal authentique de leur adhésion ou de leurs observations ; de concilier, autant que possible, les parties ; en cas de non-conciliation, de ne tenir compte que du fait, jusqu'à ce que les tribunaux aient réglé le droit. Du reste, le renouvellement du cadastre sera annoncé longtemps à l'avance ; les propriétaires seront invités à faire borner leurs propriétés, et, pour peu qu'ils secondent les vues de l'Administration, le cadastre pourra presque toujours constater à la fois et le droit et le fait".

Malgré ces remarquables avancées et contre toute attente, le renouvellement d'ensemble des opérations cadastrales resta stationnaire pendant toute la durée du second Empire. Durant cette période de vingt années, la question cadastrale ne fit l'objet d'aucune proposition de la part du gouvernement. Des pétitions en 1856, 61, 63, 65 furent présentées au Sénat. En 1866, de nouvelles pétitions réclamèrent l'établissement d'un cadastre devant "non seulement servir de base à l'impôt, mais encore constituer le grand livre de la propriété foncière." La question fut également abordée par le ministère de l'Agriculture, en particulier en 1868, à la suite d'une grande enquête pour constater la situation et les besoins de l'agriculture française. *"Fallait-il demander la révision du cadastre en dehors de toute question d'impôt pour en faire l'Etat Civil des biens et le titre commun de la propriété foncière. Après une longue discussion, la question n'a pas été prise en considération. Il en a été de même d'une proposition tendant à rendre le bornage obligatoire"* (Th. Dreux).

Après les événements de 1870, la question du cadastre fut de nouveau abordée. En 1874, la loi qui fut votée mais reconnue inapplicable, aboutissait à une réfection partielle du cadastre.



En 1876 et 1877, un nouveau projet de loi est élaboré. Dans toutes les communes cadastrées depuis 30 ans au moins, il aurait pu être procédé à la réfection ou à la révision du cadastre pour tout ou une portion seulement de la commune et ce, sur décision des conseils généraux. Pour faciliter aux propriétaires le bornage de leurs immeubles à l'occasion de la réfection du cadastre, des incitations financières leur étaient offertes. Par ailleurs le département et les communes prenaient en charge une partie des frais d'abornement. Le maire aurait convoqué les propriétaires individuellement sur le terrain pour reconnaître les limites de leurs immeubles et un agent de l'administration des contributions directes, assisté du maire ou de son délégué et d'un géomètre, aurait procédé en leur présence à cette reconnaissance. Un procès-verbal aurait constaté l'adhésion des propriétaires présents et précisé les contestations survenues. En cas de non-conciliation, le plan aurait été établi conformément à la jouissance sauf aux propriétaires à se pourvoir devant les tribunaux. Nous étions très proches du projet de 1846... Mais ce projet disparut également en 1879 dans les oubliettes... après avoir été envoyé par les députés à l'examen d'une commission spéciale...

La commission extraparlamentaire (1891 – 1905)

En 1891, le ministre des finances Rouvier fit nommer une grande commission extraparlamentaire de 76 membres pour étudier les diverses questions soulevées par le renouvellement des opérations cadastrales. Dans la pensée du gouvernement et du ministre, le nouveau cadastre perpétué à l'aide d'un système permanent de conservation ne serait pas seulement un instrument fiscal et administratif, il devrait satisfaire à d'autres besoins. Des abornements généraux et une triangulation rigoureuse précèderaient les opérations : le cadastre constituerait la base de la propriété foncière ; il assurerait la sécurité des hypothèques et la régularité des transactions immobilières ; il fournirait enfin à l'agriculture, par le développement des institutions de crédit, les moyens d'action qui lui font défaut. En un mot, il deviendrait le grand livre terrier de France. Cette commission extraparlamentaire se sépara le 16 mars 1905 après avoir produit un travail considérable qui ne fut suivi d'aucune sanction législative. Les avant-projets qu'elle avait élaborés ne furent jamais portés devant le Parlement... Il n'en reste pas moins une documentation précieuse pour toutes les questions touchant au cadastre...

La réfection et la conservation du cadastre sous le Régime de la loi du 17 mars 1898

Au beau milieu des travaux de la commission extraparlamentaire, la nécessité de la réfection du cadastre de certaines communes devint impérieuse. Ce fut l'objet de la loi du 17 mars 1898 – qui par ailleurs n'abrogeait pas celle du 7 août 1850 mais qui s'inspirait de l'esprit et des travaux en cours de la commission extraparlamentaire. Les cadastres issus de cette loi furent appelés "nouveaux cadastres". Pour les réaliser, un service "dit du renouvellement ou de la révision et de la conservation du cadastre" fut créé

par décret, le 9 juin 1898, sous le nom de service technique du cadastre dont le responsable jusqu'en 1907 (date de la disparition du dit service) fut Charles Lallemand – Ingénieur en chef des Mines, directeur du service du nivellement général de la France et membre très actif de la commission extraparlamentaire. Une soixantaine d'agents furent recrutés et formés pour travailler dans ce nouveau service mais, suite à des problèmes administratifs et statutaires, très peu restèrent si bien que l'administration par manque de personnel s'orienta vers l'exécution des travaux cadastraux par des géomètres privés. Cette solution ne donna pas non plus satisfaction (Problèmes de formation, de paiement, de règlements administratifs). Finalement, il fut décidé de donner un nouveau statut au personnel dont l'effectif atteint en 1932, 68 géomètres principaux travaillant pour le nouveau cadastre.

Sur le plan technique, les méthodes, procédés de calcul et instructions de détail établis par Charles Lallemand furent codifiés sous la forme d'une instruction en date du 30 décembre 1910. Elle marquait de grands progrès par rapport à l'ancien cadastre. Les levés cadastraux étaient appuyés sur une triangulation spéciale dérivant de la triangulation de l'état-major. Mais le processus de création fut lent ; de 1899 à 1914, le renouvellement du cadastre ne fut achevé, sous le régime de la loi du 17 mars 1898, que dans 93 communes et de 1919 à 1932, il fut terminé dans 54 nouvelles communes. En dehors du département de la Seine qui prit à sa charge toutes les dépenses de ses communes, c'est moins de 150 qui furent en réfection sous ce régime. Si l'initiative de la demande de réfection incombait à la commune, l'État, le département et la commune participaient au financement des travaux. Les communes par contre s'engageaient à en assurer la conservation. Mais contrairement à ce qui a pu être soutenu, la loi de 1898 n'avait pas de portée juridique propre. Le cadastre qu'elle a conçu n'a pas de fonctions officielles en matière de preuve du droit de propriété et de ses limites. Toutefois *"eu égard aux conditions imposées pour sa réalisation, chacun reconnaissait la grande valeur des plans qui ont été établis dans le cadre de la rigueur de ses dispositions"* (Jean Parmantier).

La première guerre mondiale allait entraîner de profondes modifications des territoires qui avaient été le lieu des principaux combats. Dans l'Aisne, les plans cadastraux de plus de 67 communes avaient complètement disparu. Les opérations cadastrales y furent exécutées aux frais de l'État et dans les conditions assez proches de celles de la loi du 17 mars 1898. De même pour les régions dévastées où un remembrement s'est imposé, les cadastres furent refaits aux frais de l'État. En Alsace-Moselle, le système mis en place par les Allemands fut prolongé. En 1919, seul un tiers des communes possédait un nouveau cadastre mais toutes étaient soumises au livre foncier. Le renouvellement et la conservation furent poursuivis en s'appuyant sur une loi locale du 31 mars 1884.

Des expériences de l'après-guerre à la révision des évaluations selon la loi de 1930

Au lendemain de la première guerre mondiale, la réfection du cadastre était hétérogène et fragmentaire. Il y avait :



- l'achèvement du cadastre primitif en Savoie
- la réfection du cadastre (loi du 7 août 1850) dans les départements du Nord, Meurthe-et-Moselle
- la réfection ou la révision du cadastre Haut Rhin, Bas-Rhin et Moselle – loi du 31 mars 1884 réfection d'ordre juridique.- Révision cadastre fiscal
- la réfection du cadastre (loi du 17 mars 1898) principalement la Seine – Paris excepté
- la réfection du cadastre pour l'Aisne (guerre)
- la réfection du cadastre pour les zones remembrées.

L'idée d'un travail d'ensemble portant sur toute la France restait d'actualité. Le développement de la photo aérienne depuis 1923, permettait d'envisager une mise à jour plus rapide et plus économique des plans. L'administration décida de faire des expériences. Un service temporaire dit "Service d'études pour la réfection ou la mise à jour du cadastre" fut créé au Ministère des finances et fonctionna de 1922 à 1928 sous la direction de M. Roussilhe, ingénieur hydrographe en chef de la Marine. Les essais portèrent sur 21 communes pour une simple mise à jour et sur deux communes pour l'établissement d'un nouveau cadastre. Ils fournirent une documentation précieuse et prouvèrent notamment, qu'au point de vue technique, la photographie aérienne pouvait être utilisée pour l'exécution de travaux cadastraux, au moins dans les cas de simple mise à jour du plan.

Mais ce sont avant tout les besoins et les problèmes liés à la révision de l'évaluation foncière qui allaient déclencher la réfection du cadastre et sa conservation pour toute la France. En 1924 et suite à la première guerre mondiale, le principe d'une révision exceptionnelle sur l'ensemble de la France des évaluations foncières pour servir à l'assiette de l'impôt à partir du 1^{er} janvier 1926, fut décidée. Compte tenu des pressions de l'opinion publique, une loi prescrivit en 1925 que la révision en cause devait comprendre la recherche des changements de nature de culture ainsi qu'un nouveau classement des parcelles. L'opération supposait donc de pouvoir identifier chaque parcelle c'est-à-dire de connaître sa situation, sa contenance, son propriétaire. Les documents cadastraux existants rendaient cette recherche très difficile voire impossible dans certains cas.

Le renouvellement du cadastre par l'application de la loi du 16 avril 1930

La révision exceptionnelle et générale des évaluations des propriétés non bâties prescrites par la loi du 13 juillet 1925 n'a été entreprise qu'en 1930, après la promulgation de la loi du 16 avril 1930. Cela repoussa le délai de mise en vigueur des résultats de la révision exceptionnelle (1931 à 1936) pour servir de base à l'impôt pour toutes les communes. Pour l'exécution de ces opérations le décret du 5 août 1929 créa un service chargé de la révision des opérations foncières. La loi du 16 avril 1930 qui

prescrivait la révision exceptionnelle des évaluations des propriétés non bâties devait être, aux yeux de l'administration, accompagnée d'une mise à jour des plans cadastraux qui au début était envisagée sous la forme de simple esquisse établie à main levée puis qui fut orientée vers des travaux moins expédiés confiés au service chargé de la révision des opérations foncières. Enfin la même loi disposait en son article 7 qu'il pouvait exceptionnellement être procédé à la réfection du cadastre aux frais de l'État pour les communes où ce travail serait reconnu indispensable à l'exécution des opérations de révision foncière. En vertu de ces dispositions il y aura donc lieu de pouvoir recourir à des travaux spéciaux de réfection du cadastre qui seront confiés au service technique du cadastre selon des modalités d'exécution qui seront arrêtées en 1942.

D'autre part la même loi (16 avril 1930) décidait de la conservation régulière, aux frais de l'État, de tous les cadastres renouvelés - c'est-à-dire ceux qui avaient été effectués en vertu des dispositions législatives ci-après :

- loi du 7 août 1850
- loi du 17 mars 1898
- loi du 4 mars 1919 (réfection du cadastre dans les communes remembrées des régions dévastées)
- loi du 17 avril 1919 (réfection du cadastre dans le département de l'Aisne où les plans cadastraux avaient disparu du fait de la guerre)
- loi du 16 avril 1930 (réfection du cadastre des cas exceptionnels)

Pour faciliter les travaux de mise à jour, l'utilisation de la photo aérienne se développa à partir de 1933 en utilisant les procédés de redressement des clichés isolés sur des appareils Roussilhe et en décomposant le terrain en facettes c'est-à-dire en portions de terrains susceptibles d'être assimilées à un plan. Cette méthode peu coûteuse fut conservée jusqu'au début des années 1960 pour les zones peu accidentées. Avant la seconde guerre mondiale, la stéréotopographie puis la stéréophotogrammétrie apparaissent comme étant trop coûteuses pour être employées, mais des essais furent réalisés. Dès la fin de la guerre et en collaboration avec l'IGN, des travaux de réfection des plans cadastraux furent entrepris par stéréophotogrammétrie pour des zones accidentées puis se généralisèrent progressivement.

À mesure que se développait sur l'ensemble du pays le renouvellement du cadastre selon la loi du 16 avril 1930, il apparut que l'état de vétusté des plans et des matrices était bien plus accusé qu'on ne l'avait pensé tout d'abord et que le nombre de réfections serait beaucoup plus important que celui initialement prévu. En 1939, alors que les travaux de mise à jour n'avaient porté que sur la moitié à peine des communes du territoire, on pouvait considérer que pour le reste des plans cadastraux, ce qui était prévu à titre exceptionnel allait en réalité devenir la règle, c'est-à-dire la réfection¹.

(1) L'emploi d'un vocabulaire relativement imprécis peut porter à confusion. Prenons par exemple la loi du 16 avril 1930 : La loi parle de renouvellement du cadastre par voie de mise à jour et de réfection des plans. Le terme renouvellement sera ensuite progressivement remplacé par celui de rénovation. On parlera alors de rénovation par voie de mise à jour et de rénovation par voie de réfection. Puis, il y aura chez certains auteurs, pourtant hautement qualifiés, confusion entre réfection et renouvellement si bien qu'on parlera de rénovation par voie de mise à jour et rénovation par voie de renouvellement ! De quoi s'y perdre. Mais ce n'est pas tout, le vocabulaire fiscal va venir troubler un peu plus la situation. En effet la loi de 1930 parle de révision des évaluations. Certains auteurs ont utilisé ce terme et parlent de cadastre révisé ou de révisions cadastrales pour désigner l'opération de renouvellement (rénovation) par voie de mise à jour de suspension (à cela il faudrait ajouter la situation du cadastre en Alsace-Moselle)...

Vers l'unification des services et des travaux cadastraux - 1941

Au début de la seconde guerre mondiale, un ensemble de mesures marqua un tournant important dans l'histoire cadastrale de notre pays.

Compte tenu de l'hétérogénéité des services et des régimes en vigueur, la loi du 17 décembre 1941 fusionne les services existants en un "service du cadastre" unique et pose le principe de l'unification des modalités d'exécution de la réfection du cadastre.

Pour la petite histoire linguistique, c'est dans cette loi qu'on parle pour la première fois de rénovation pour couvrir toutes les opérations de renouvellement encore en cours.

Mais en dehors de la création du service du cadastre, la procédure de la loi de 1941 n'a jamais été appliquée. Sa substance sera, par contre, reprise dans le décret du 30 avril 1955 dans le cadre de l'importante réforme de la publicité foncière.

En marge des travaux cadastraux quelques dates vont marquer cette période.

Tout d'abord la loi du 9 mars 1941 sur la réorganisation de la propriété foncière et le remembrement, suivie du décret du 7 janvier 1942 portant règlement d'administration publique pour l'application de ladite loi.

La création d'un comité central des travaux géographiques (18 mai 1942) chargé d'établir la liaison entre les services et d'assurer la coordination de leurs opérations en évitant les doubles emplois. Sur l'instigation de ce comité intervint un arrêté ministériel du 10 novembre 1943, ultérieurement remplacé par un arrêté du 20 mai 1948 qui confia à l'IGN, pour les petites échelles, et au service du cadastre, pour les grandes échelles (1/5000^e et au-dessus), une triple mission :

- Unifier les conditions d'établissement des levés entrepris par les services publics ou les collectivités avec la participation financière de l'État, du département ou des communes.
- Contrôler la bonne exécution des travaux.
- Centraliser les travaux effectués en vue de permettre à tout utilisateur de se renseigner sur les plans existants susceptibles d'être utilisés pour ses besoins propres.

Dans le cadre des dispositions intervenues à la suite des travaux du comité central des travaux géographiques, le rôle du Service du cadastre est de :

- Coordonner les levés à grande échelle.
- Vérifier les levés.
- Centraliser les levés

A ces nouvelles responsabilités le service du cadastre a dû ajouter l'étalonnage des instruments et la conservation des bornes et repères.

Ces mesures donnaient au service du cadastre une dimension cartographique qu'il n'avait pas encore eue jusqu'ici.

La rénovation du cadastre et la réforme hypothécaire de 1955. Les réformes menées depuis la création du cadastre ou le régime hypothécaire institué au début du XIX^e siècle, tout en tenant compte l'une de l'autre, ont été opérées parallèlement, sans une véritable prise de conscience de leur domaine commun : la propriété et son attribution.

La cause en était que les objectifs assignés à chacune des institutions étaient différents, la fiscalité pour le cadastre, la publicité des droits immobiliers pour la "transcription hypothécaire".

Il n'en reste pas moins que la doctrine comme la pratique apercevaient de plus en plus les intérêts attachés à la constitution d'un véritable livre foncier à valeur probante absolue, reposant sur un cadastre faisant foi des limites de propriétés. La réforme de la publicité foncière allait-elle aller dans ce sens ? Les textes de 1955 ont déçu ceux qui attendaient la rigueur et les avantages d'un livre foncier.

Quoi qu'il en soit, la réforme de 1955 a apporté au régime de la publicité foncière une grande amélioration sur le plan technique. Quant au cadastre, il se voyait investi de la mission officielle nouvelle d'assurer l'identification précise et la détermination correcte des immeubles à prendre en compte au fichier immobilier à partir des actes et décisions présentés par les usagers sans pour autant que le conservateur des hypothèques ait à en vérifier la validité au fond.

En outre et pour la première fois dans l'histoire de l'inventaire des droits sur les immeubles, une liaison rigoureuse entre le Service chargé du cadastre et la conservation des hypothèques était officiellement instituée, en particulier dans le but de maintenir la concordance entre la documentation cadastrale et le fichier immobilier.

Le décret du 30 avril édicte des règles précises pour la conservation du cadastre et prévoit deux modes de rénovation du plan : la révision et la réfection. Il reprend pour cette dernière les principaux éléments de la loi du 11 décembre 1941 et l'arrêté du 23 novembre 1942. Les deux modes de rénovation peuvent être appliqués concurremment dans une même commune. Très souvent la réfection fut appliquée pour des agglomérations et la partie bâtie des communes de plus de 2000 habitants, la révision pour les feuilles correspondant aux zones non bâties de ces mêmes communes. À partir de 1972, de nouvelles modalités techniques dans les méthodes de levés préfigurent celles qui seront employées pour le remaniement.

Avec la réforme hypothécaire de 1955, beaucoup espéraient voir venir le livre foncier. Les géomètres-experts qui depuis le siècle dernier défendaient un cadastre numérique crurent le moment arrivé. Ils manifestèrent cet espoir lors de leur Congrès national à Vichy en 1970. Mais en France *"la propriété est une liberté individuelle que l'État protège mais qu'il ne dicte pas, les transferts des droits sont gouvernés par le principe du consensualisme aux termes duquel les droits naissent et se transmettent par le seul accord des volontés des parties. La création, sous la responsabilité de l'État, d'un livre foncier appuyé sur un cadastre probatoire aurait nécessité la modification d'un principe à valeur constitutionnelle (la liberté individuelle attachée au droit de propriété) et d'un pan entier du droit civil français (l'autonomie de la volonté des parties)"* (Jean Parmantier).

Le livre foncier devenait une page d'histoire mais le cadastre continuait à vivre. ●

Contact

Pierre CLERGEOT - pierre.clergeot@wanadoo.fr

Le CNIG valide la dénomination du Pount

■ Pierre JAILLARD

La piraterie autour de la corne de l'Afrique remet notamment d'actualité le Pount, dont le nom est cependant souvent mentionné en anglais (Puntland), alors que le nom français Pount reste bien attesté par l'usage.

MOTS-CLÉS

Toponymie, langue française, international, Somalie, Pount, Puntland

Histoire et géographie du Pount

Le nom de Pount a historiquement désigné deux espaces géographiques qui ne peuvent être considérés avec certitude comme identiques.

Actuellement, c'est un espace situé au nord-est de la Somalie, de Laasqoray sur la côte septentrionale à Garacad sur la côte orientale et Galcaio à l'intérieur des terres. Sa plus grande ville est le port de Bosaso (anciennement Bender Qasim, et Moxylon dans l'Antiquité). Sur les 18 régions administratives (*gobol* en somali) dans lesquelles la Somalie est divisée, le Pount couvrirait, du nord vers le sud, une partie de la région de Sanaag (chef-lieu : Erigavo [*Ceerigaabo* en somali] ; code ISO 3166-2 SO-SA), les régions de Bari (chef-lieu : Bosaso [*Boosaaso* en somali] ; code ISO 3166-2 SO-BR) et de Nugaal (chef-lieu : Garoe [*Garoowe* en somali] ; code ISO 3166-2 SO-NU), et une partie de la région de Mudug (chef-lieu : Galcaio [*Gaalkacyo* en somali] ; code ISO 3166-2 SO-MU).

Selon la Bible (*Genèse*, X, 6, et *Premier Livre des chroniques*, I, 8), le nom du Pount désignait dans l'Antiquité le pays fondé par Pouth, fils de Cham, lui-même fils de Noé. La Septante l'assimile à la Libye antique, c'est-à-dire à l'Afrique. La tradition y voit plus précisément le pays désigné par les Égyptiens comme le *Ta Netjer*, c'est-à-dire "le pays du Dieu" (où "Dieu" ne prend la majuscule qu'en raison de son insertion dans un toponyme, le terme désignant là une classe nominale et non une personne).

Le document égyptien le plus ancien à son sujet serait la stèle de Sahourê, roi de la V^e dynastie. Mais le plus complet serait le deuxième portique du temple funéraire d'Hatchepsout, reine de la XVIII^e dynastie, à Deir el Bahari près de Louxor : les bas-reliefs de ses murs, conservés au musée du Caire, rapportent en détail une expédition montée l'an IX de son règne

(vers 1470-1463 avant Jésus-Christ), par laquelle l'Égypte noue des relations directes avec le Pount et semble dès lors échanger régulièrement des ambassades avec lui. Les textes antiques égyptiens associent tous le voyage vers le Pount à une navigation maritime, et la mer Rouge est traditionnellement évoquée. Ces éléments ont contribué à localiser le Pount vers la pointe de la corne de l'Afrique (Somalie, Érythrée, etc.).

La dénomination du Pount

Le Pount moderne n'est pas mentionné dans les sources francophones classiques : les divisions administratives de la Somalie extraites de la norme ISO 3166-2 (décembre 2007), la carte "format dossier" du ministère des Affaires étrangères et européennes sur la Somalie (mai 2000), l'atlas *Hammond* (2000), le *Calendario Agostini* (2009), *Le Petit Robert des noms propres* (mai 2004)... La plupart des cartes de la région sont de facture anglaise et notent Puntland.

En Somalie même, où les langues officielles sont le somali et l'arabe, l'appellation somalie est *Puntlaand*, et l'appellation arabe أرض البنت, soit *Arḍ al Bunt* selon le système international de romanisation, c'est-à-dire "terre du Bunt, pays du Bunt".

Les termes somali *laand* et arabe *Arḍ* sont donc des noms communs, qui doivent être traduits conformément aux usages relatifs à leur emploi dans la langue utilisée. Or, en français, le rappel de la nature géographique d'un pays n'est obligatoire que s'il donne un objet à un adjectif ("le Pays basque", "le Pays bigouden") ou à un nom ethnique ("le pays des Juifs", "le pays des Amalécites"), ou encore s'il permet d'éviter une confusion ("le pays d'Auge", "le pays de Galles"). Il reste cependant toujours possible, notamment pour allonger un nom monosyllabique.

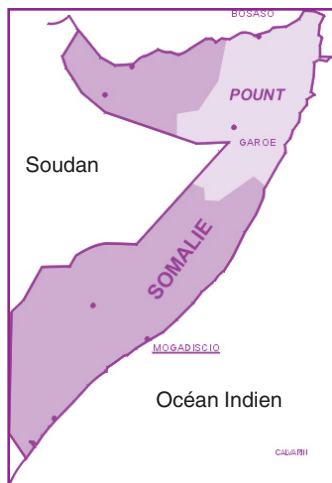
En l'occurrence, le nom du Pount est déjà bien attesté par un usage déjà ancien, au moins pour le Pount antique. Or, si l'identité géographique des deux Pounts n'est pas assurée, l'identité linguistique de leurs deux noms est en revanche bien certaine, et l'exemple ci-dessus de la Libye (mais on pourrait en citer bien d'autres : par exemple, l'Afrique antique désignait le territoire de Carthage, vers la Tunisie actuelle) montre que cette situation n'empêche nullement l'identité de forme du nom.

La Commission nationale de toponymie recommande donc l'emploi du même nom masculin "Pount" (ou "pays du Pount") pour les deux entités géographiques. ●

Contact

Pierre JAILLARD

Président de la Commission nationale de toponymie
www.toponymie.gouv.fr



Pierre-Louis Moreau de Maupertuis

Saint-Malo, 17 juillet 1698 – Bâle, 27 juillet 1759

■ Elisabeth BADINTER

La Terre est-elle aplatie aux pôles et renflée à l'Equateur, comme l'ont établi Newton et Huygens à la fin du XVII^e siècle ou, au contraire, est-elle renflée aux pôles et aplatie à l'Equateur, comme les Cassini père, fils et petit-fils pensaient l'avoir démontré par leurs mesures répétées de plusieurs degrés du méridien du nord au sud et de l'est à l'ouest de la France ? Notre planète a-t-elle la forme d'une mandarine ou d'un citron ? La réponse n'engage pas seulement toute une conception de l'utilisateur (Newton et l'attraction, Descartes et la théorie des tourbillons), elle conditionne aussi les progrès de la cartographie et, avec elle ceux de la navigation. Pour départager les points de vue, il faut aller mesurer la longueur des degrés du méridien au pôle Nord et celle des cercles parallèles à l'Equateur.

C'est en 1735 que Maupertuis, devenu newtonien d'un voyage d'études à Londres en 1728, convainc l'académie des sciences, dont il est membre depuis 1731, de lui confier l'expédition en Laponie. Ce mathématicien breton, séduisant et audacieux, a le tempérament d'un aventurier. En moins d'un an, il réussit à monter son expédition et s'embarque pour le pôle Nord, le 20 avril 1736, avec deux jeunes confrères les plus brillants (le génial mathématicien Clairaut, 23 ans, et Pierre-Charles Lemonnier, astronome de 21 ans), auxquels il faut ajouter le suédois Celsius, le mécanicien Camus, un dessinateur et l'abbé Outhier, chargé de tenir le journal de l'expédition.

Au cours du voyage qui ne durera que seize mois, Maupertuis se révèle un organisateur et meneur d'hommes hors pair. Bravant le froid, l'escalade des montagnes escarpées ou les pénibles attaques de moustiques d'été, il accomplit avec son équipe tous les travaux et mesures nécessaires à la détermination de l'arc du méridien. De retour à Paris, le 20 mai 1738,



© Musée de la ville de Saint-Malo

Maupertuis, accompagné de son équipe, est solennellement félicité par Louis XV. Quelques jours plus tard, une foule exceptionnelle se presse à l'Académie des sciences pour l'entendre exposer les résultats de l'expédition qui donnaient raison à Newton : oui, la terre a bien une forme de mandarine.

Pourtant, en dépit du sérieux de ses travaux, les cartésiens nationalistes, majoritaires à l'Académie, refusèrent d'admettre leur erreur. Ils prirent prétexte d'une expédition au Pérou, toujours inachevée, pour ne pas donner acte à Maupertuis du succès de son

expédition. Celui-ci en conçut une telle indignation qu'il décida d'accéder aux demandes réitérées de Frédéric de Prusse de venir s'installer à Berlin pour y diriger son académie. Bien qu'on l'eût élu à l'Académie française en mai 1743 (rare honneur accordé à un savant), Maupertuis quitta la France pour la Prusse en 1744. Il s'y maria, s'y brouilla avec Voltaire et n'y fut pas heureux. Atteint d'une maladie pulmonaire, il meurt à Bâle chez son vieil ami, le savant Jean Bernoulli, en 1759. ●

Publié avec l'aimable autorisation de l'auteur et du service des célébrations nationales du ministère de la culture.



La directive INSPIRE ou le chemin vers l'administration électronique géographique

■ Marc LEOBET

La directive 2007/2/CE vise à établir l'infrastructure d'information géographique (IDG¹) dans la Communauté européenne (ci-après dénommée "INSPIRE"), aux fins des politiques environnementales communautaires et des politiques ou des activités de la Communauté susceptibles d'avoir une incidence (directe ou indirecte) sur l'environnement. Il faut noter le champ extrêmement large ainsi défini, qui excède sensiblement le périmètre du ministère chargé de l'écologie, par exemple. C'est pourtant bien une directive placée dans le champ de l'environnement, fortement connectée à la directive 2003/4 (Convention d'Aarhus) et la directive 2003/98 sur la réutilisation des informations du secteur public. Elle complète notamment cette dernière pour les échanges entre autorités publiques. Cet article vise à apporter des éléments de compréhension, et si possible de mise en perspective, de cette directive dont l'importante dimension normalisatrice et technique peut masquer les aspects, plus importants encore, d'amélioration de la gouvernance.

Diagnostic, remèdes, cible

Les considérants 1, 2, 3 et 6 de la directive, dont les premiers mettent en avant des faiblesses dans le fonctionnement du domaine de l'environnement, réunissent le diagnostic, les remèdes et la cible visée.

Ainsi, face à l'enjeu de "pouvoir combiner les informations et les connaissances de différents secteurs", "un certain nombre de problèmes se posent en ce qui concerne la disponibilité, la qualité, l'organisation, l'accessibilité et la mise en commun des informations géographiques nécessaires pour atteindre les objectifs" d'intégration de la politique européenne en matière d'environnement. Il est affirmé que leur résolution "passe par l'adoption de mesures concernant l'échange, le partage, l'accès ainsi que l'utilisation de données géographiques interopérables et de services de données géographiques aux divers niveaux de l'autorité publique et dans

différents secteurs". Ces remèdes dessinent en creux une situation bien connue des praticiens.

L'objectif annoncé est "qu'il soit possible de combiner de manière cohérente des données géographiques tirées de différentes sources dans la Communauté et de les partager entre plusieurs utilisateurs et applications, que les données géographiques recueillies à un niveau de l'autorité publique puissent être mises en commun entre les autres autorités publiques (...)".

Le diagnostic est tout à fait parallèle à celui qui a amené la directive 2003/98/CE du 17 novembre 2003 sur la réutilisation des données du secteur public², notamment posé par ses premiers considérants :

Le contenu numérique joue un rôle important dans l'évolution vers la société de l'information et de la connaissance (...). Le secteur public recueille, produit, reproduit et diffuse un large éventail d'in-

formations dans un grand nombre de domaines, qu'il s'agisse d'informations sociales, économiques, géographiques, météorologiques ou touristiques, d'informations sur les entreprises, sur les brevets ou sur l'enseignement.

Les règles et pratiques des États membres en matière d'exploitation des informations du secteur public présentent d'importantes divergences, qui font obstacle à la pleine réalisation du potentiel économique de cette ressource essentielle. Les traditions des organismes du secteur public en matière d'utilisation des informations dudit secteur ont connu des évolutions très divergentes. Un minimum d'harmonisation des règles et des pratiques nationales régissant la réutilisation des documents du secteur public s'impose dès lors dans les cas où les différences entre les réglementations et pratiques nationales ou l'absence de clarté nuisent au bon fonctionnement du marché intérieur et au développement satisfaisant de la société de l'information dans la Communauté.

En cela, le lien avec l'administration électronique s'impose, même s'il n'est pas encore explicite dans les organisations françaises, contrairement à plusieurs États membres dans lesquels INSPIRE et la politique nationale d'administration électronique sont clairement liées. En effet, "gage de meilleurs services rendus aux usagers de l'administration, d'une meilleure efficacité de celle-ci pour un coût global nettement inférieur, l'administration électronique apparaît tout autant comme une opportunité que comme une nécessité³". Le Plan de développement

(1) Antérieurement à l'adoption de la directive, l'usage international a imposé "Spatial Data Infrastructure", en français "Infrastructure de données géographiques". Or, la directive INSPIRE traite d'une "Infrastructure d'information géographique". Je propose donc d'employer l'acronyme IDG en lieu et place d'IIG.

(2) http://www.lexinter.net/UE/directive_du_17_novembre_2003_sur_la_reutilisation_des_donnees_du_secteur_public.htm

(3) source : portail de la société de l'information de l'État www.internet.gouv.fr



de l'économie numérique - France numérique 2012⁴ annonce ainsi *"L'État doit par ailleurs rendre plus accessibles les données publiques pouvant donner lieu à une exploitation commerciale, ce qui peut être réalisé par un portail unifié."*

Le chemin pour y arriver sera probablement un peu long, et le dialogue difficile entre les intervenants techniques, juridiques et les décideurs faute de vocabulaire commun et, peut-être avant tout, de vision commune des différents niveaux d'intervention.

La notion d'infrastructure d'information géographique

Une infrastructure est la partie inférieure d'un ouvrage. Cette définition sous-entend que l'infrastructure, pour importante qu'elle soit, n'est qu'un élément au service d'un objectif. Si l'on fait un parallèle avec l'infrastructure routière de ce pays, on peut avancer qu'elle se compose essentiellement du réseau routier principal, mais aussi de la signalisation et même du Code de la route, sans lesquels la mobilité des personnes et des marchandises, qui est la "construction" supportée, serait beaucoup moins efficace. La normalisation des équipements des véhicules (sécurité, émissions...) et les interventions connexes (enquêtes publiques, investissements paysagers) visent à limiter les inconvénients liés à l'emploi de cette infrastructure routière : morts et blessés, pollutions des milieux et impacts territoriaux.

Poursuivant l'analogie, une IDG a pour finalité principale de faciliter la circulation de contenus géographiques. Pour cela, la directive INSPIRE impose des règles techniques sur les données, afin que l'acteur A puisse utiliser les données de l'acteur B, et sur les services et réseaux (afin de faciliter la mobilité, c'est-à-dire les échanges et l'intégration à moindre coût). Elle impose la création de métadonnées normalisées, qui sont les panneaux de signalisation en ce sens qu'elles permettent de trouver la bonne ressource dans l'immense

quantité d'information disponible sur Internet. Elle impose également une organisation et une gouvernance, qui seraient des centres de circulation routière et un Code de la route, et où la Commission européenne serait la police.

Il découle de cette analogie que, si l'infrastructure routière intéresse principalement les personnels des BTP, les DIR (directions interdépartementales des routes), une partie des Conseils généraux etc., la quasi-totalité des habitants, et surtout des acteurs économiques, s'en désintéressent profondément... tant qu'elle satisfait leurs besoins.

Application au cas français

Or, le constat français dressé à partir des différents rapports d'inspection, des rapports du CNIG et des diverses prises de paroles dans les colloques et séminaires précise les considérants cités plus haut et montre une insatisfaction patente. Certains objets sont saisis séparément par plusieurs organismes (les bâtiments, les adresses...), les relations entre les producteurs et leurs clients publics sont largement améliorables, les conditions d'usage sont mal comprises... Globalement, il est difficile de prétendre que la France est un pays particulièrement avancé sur le chemin de l'IDG. L'absence de communication française lors de la Conférence INSPIRE 2008 (Maribor, Slovénie, juin 2008) et la très faible participation française attendue pour la conférence 2009, qui se tiendra pourtant dans le cadre de la Conférence GSDI, en sont des indicateurs.

Pourtant, comme pour chaque infrastructure, au moins à ses débuts, les études montrent le très court retour sur investissement et donc la très forte rentabilité (de l'ordre de 6 mois pour des investissements de l'ordre de 1 à 2 M€), voir *l'Etude de l'impact socio-économique de l'infrastructure de données géographiques de Catalogne*. Une IDG procure des gains dans les processus internes (calcul du ramassage scolaire, du ramassage des déchets, instruction des permis de construire ou certificats d'urbanisme, etc.)

mais également dans les relations avec les usagers privés et professionnels : gain de temps et moins de déplacements pour les usagers, transferts d'agents de tâches répétitives vers des tâches à plus grand service ajouté vis-à-vis des usagers (par exemple, meilleur accompagnement des personnes dans les formalités administratives). Aucune étude n'a porté sur le coût de mise en place d'une IDG en France, faute de cas réel observable dans notre pays. Pourtant, les quelques éléments chiffrés recueillis corroborent des retours sur investissement rapides. La ville de Massy a ainsi évalué des gains de 25 %.

Enfin, il doit bien être considéré qu'une infrastructure technique et économique de ce genre n'est pas un objet à construire mais un processus, *"composé de beaucoup d'éléments différents et disparates qui seront implémentés de façon différente, à des rythmes différents, à des coûts (et bénéfices) différents et avec des impacts différents"*. Essayons de détailler cette directive.

La directive : détail des remèdes

La directive se compose de sept chapitres et de trois annexes.

Le chapitre I traite des "dispositions générales" : il précise l'objectif de la directive, protège la propriété intellectuelle, définit les termes employés et les données auxquelles la directive s'applique. A noter l'exemption du "plus bas niveau de gouvernement" (en France, les communes) sauf pour les données dont des dispositions législatives ou réglementaires imposent la collecte ou la diffusion. A ce jour, cela semble concerner l'adresse et les plans locaux d'urbanisme.

Le chapitre II traite des métadonnées, à savoir des informations décrivant les données concernées. L'enjeu est de pouvoir trouver sur Internet le plus facilement la donnée répondant à un besoin. La création des métadonnées et leur publication sur Internet sont donc obligatoires. La charge est toutefois généralement considérée comme faible (quelques jours) et comme part intégrante d'une gestion professionnelle

(4) <http://www.francenumerique2012.fr/>





des données d'un organisme quelconque.

Le chapitre III traite de l'interopérabilité des données géographiques et des services. Il s'agit de normaliser les données soumises à INSPIRE dans l'ensemble de la Communauté européenne. L'enjeu est de faciliter l'usage de l'information géographique, notamment par les services Internet traités au chapitre IV. C'est potentiellement le chapitre le plus invasif, puisque les différentes autorités publiques vont devoir adapter, peu ou prou, leurs propres données.

Le chapitre IV traite des services en réseau. Ces services exploitent la création des métadonnées et la normalisation des données, établies dans les chapitres précédents. Ils sont de cinq types : la recherche (trouver les données et les services dont j'ai besoin), la consultation (voir les données que j'ai trouvées), le téléchargement (pouvoir les utiliser pour ce que j'ai à faire), les transformer (les adapter par un service informatique à mon contexte particulier). Le dernier service, permettant d'en appeler d'autres, permettra de créer des enchaînements de service destinés à créer de la valeur ajoutée.

A noter que, si la recherche est obligatoirement gratuite et si la consultation l'est presque entièrement (à l'exception de données comme celles de la météorologie), le téléchargement peut être payant. INSPIRE respecte les modèles économiques en vigueur, notamment dans les établissements publics. Ce chapitre reprend la liste habituelle des restrictions de diffusion, déjà présente dans les deux directives citées en tête de ce document : délibération du Gouvernement, relations internationales, sécurité publique et défense nationale, bonne marche de la justice, secrets industriel et commercial, respect des données personnelles, secret statistique et protection de l'environnement.

Le chapitre V traite du partage de données entre autorités publiques. Il impose aux Etats membres de prendre les mesures ad hoc et de supprimer toute restriction susceptible de créer des obstacles pratiques au point d'uti-

lisation. A noter que le partage entre autorités publiques n'est limité que par une partie des restrictions habituelles, et que la protection des données personnelles, du secret statistique et des secrets industriels et commerciaux n'est pas explicitement citée. La directive INSPIRE s'appliquant sans préjudice des directives protégeant les deux premiers, on considère que ceux-ci seront néanmoins applicables.

Le chapitre VI traite de coordination et mesures complémentaires. Il s'agit de coordonner, à tous les niveaux de gouvernement, les contributions et plus généralement d'aider à la mise en œuvre, d'une part, et au rapportage, d'autre part. Il établit un point de contact chargé des relations avec la Commission. Ce point de contact devrait être la Direction de la recherche et de l'innovation du ministère chargé de l'écologie.

Le chapitre VII traite des dispositions finales : calendrier, rédaction des rapports à la Commission, comitologie.

Les règles de mise en œuvre

Les règles de mise en œuvre seront généralement des règlements européens, d'application immédiate. Elles ne donneront donc pas lieu à transposition.

Elles servent à compléter la directive sur des sujets techniques, éventuellement évolutifs, comme *"les modalités techniques de l'interopérabilité et de l'harmonisation des séries et des services de données géographiques, les règles relatives aux conditions applicables à l'accès aux dites séries et services ainsi que les règles relatives aux spécifications techniques et aux obligations applicables aux services en réseau"* (considérant 33). La procédure dite de Comitologie est beaucoup plus souple que celle de l'élaboration d'un texte législatif, et le fait que la Commission européenne en soit le principal pilote n'est pas anodin si l'on se souvient des désaccords antérieurs entre le Conseil d'un côté et le Parlement européen et la Commission de l'autre.

Le mécanisme en est schématiquement le suivant

La Commission sélectionne des experts parmi les Etats membres. Ils établissent des projets de spécification, qui sont relus par la Commission, et testés par des structures volontaires. Les spécifications revues sont alors soumises aux communautés d'intérêt qui se sont déclarées auprès de la Commission. Les spécifications sont alors amendées puis proposées au Comité INSPIRE, où les Etats membres votent à la majorité qualifiée. Les règles de mise en œuvre sont ensuite transmises au Parlement européen pour accord, avant d'être publiées au Journal officiel de la communauté européenne.

En ce mois de mai 2009, seules les règles de mise en œuvre des métadonnées, des services en réseau (recherche et consultation) et des suivi et rédaction des rapports ont été votées. A noter la France a voté contre ces deux dernières règles, mais, étant isolée, elle n'a pas pu empêcher leur adoption. En juin, la règle relative à l'accès aux jeux de données géographiques et aux services de données géographiques par les institutions et organes de la Communauté européenne sera soumise au vote des Etats membres. A la suite de plusieurs remarques fortement négatives, dont celles de la France, la dernière mouture du texte devrait finalement être adoptée.

Calendrier

Il y en a plusieurs : le calendrier de transposition en droit français, celui de la définition des règles de mise en œuvre, celui de la mise en œuvre. Le premier était censé se terminer en mai 2009, soit deux ans après l'adoption de la directive. Une transposition comprend une loi, des décrets d'application et parfois des arrêtés. On peut désormais espérer voir la loi adoptée à la session parlementaire de l'automne, puis ce sera le tour des décrets. Une demi-douzaine de mesures devrait être transposée par voie réglementaire. Les acteurs concernés sont institutionnels : ministères, associations d'élus,



CNIG... et bien sûr le Parlement (qui aura le dernier mot).

Le calendrier de définition des règles s'échelonne de 2008 (métadonnées) à mai 2012 (*"adoption des règles de mise en œuvre pour l'interopérabilité et l'harmonisation des séries et des services de données géographiques pour les thèmes de données des Annexes II et III"*). Les acteurs seront (outre ceux en appui de la Commission européenne) les SDIC⁵ et LMO⁶ européens. On constate cependant un décalage d'environ une année pour celles qui devaient être adoptées en 2009 et 2010.

Enfin, le calendrier de mise en œuvre s'échelonne de fin 2010 (pour la mise en place des premières métadonnées) à mai 2019 (pour la mise en place des spécifications des dernières données). Là, les acteurs seront les producteurs de données, qui sont légion...

La transposition en droit français : l'avis du CNIG

Des éléments ont été régulièrement apportés par le Secrétariat du CNIG au ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire (MEEDDAT) dans le cadre de l'équipe-projet mis en place pour la transposition, étant entendu que la rédaction de l'avant-projet de loi était du seul ressort du ministère.

Le MEEDDAT a saisi formellement, par courrier en date du 24 octobre 2008, le président du CNIG d'une demande d'avis du Conseil. En pratique, le Secrétariat général travaillait déjà depuis juillet 2007 sur le sujet grâce à plusieurs groupes de travail réunissant représentants de collectivités territoriales et représentants de l'Etat et des établissements publics concernés.

Les membres du CNIG ont donc été saisis, ainsi que cinq associations d'élus : Associations des maires de France (AMF), des départements de France (ADF) et des régions de France (ARF), Associations des communautés urbaines de France (ACUF) et des communautés de France (AdCF).

Le Secrétariat du CNIG a organisé le 25 novembre 2008 une réunion commune de la Commission des référentiels, de la Commission juridique

et du Groupe de liaison afin d'examiner les avis exprimés et de préparer l'avis du CNIG. Le bon niveau de consensus a permis de proposer un projet de texte le 5 décembre. Le 16 décembre, en formation plénière, le CNIG adoptait l'avis. Cet avis porte sur trois points, considérant que la directive INSPIRE est une chance pour le développement de l'information géographique en France, proposant des modifications de l'avant-projet de loi et présentant les principales attentes des acteurs du domaine pour réussir la mise en œuvre de la directive INSPIRE au-delà de la loi de transposition.

Elles concernent :

- la clarification et l'organisation de la production, de l'entretien et de la diffusion de l'information géographique, notamment entre les niveaux locaux et nationaux. Cela recouvre l'organisation de la mutualisation et du partage, la collaboration entre les producteurs voire la co-production, les relations entre producteurs et utilisateurs, ainsi que l'intérêt pour les finances publiques de disposer de données de qualité, mises à jour et maintenues dans le temps. Les doubles saisies de données de référence et, en particulier, la question de la convergence cadastrale sont incluses dans ce périmètre.
- la mise en œuvre de la directive INSPIRE dans le domaine de la coordination et dans celui des moyens d'appui, d'information et de formation à mettre en place.
- l'analyse, la clarification et la gestion de l'impact de la directive sur le fonctionnement économique du secteur de l'information géographique, avec, parmi les enjeux, le développement des services, les modalités associées (licences...), la coexistence de modèles où les données sont gratuites avec d'autres où elles sont payantes.

Conclusion

Je présenterais la directive comme la construction d'une pyramide dont la pointe constituerait la capacité de créer des services à valeur ajoutée, dans le domaine du service au citoyen comme dans la sphère économique. Un exem-

ple du premier domaine pourra concerner l'acte d'habiter, depuis l'instruction quasi-automatisée du permis de construire, en tenant compte des différentes servitudes, jusqu'à la description complète du territoire, informations sur les nuisances et existence de crèche comprises. Dans le second, on trouvera, par exemple, des solutions intégrées de gestion des magasins de détail d'une grande chaîne européenne, traitant aussi bien les flux d'approvisionnement inter-entreprises (adresses des quais de livraison des magasins, itinéraires, suivi de flotte...) que les relations entre entreprises et clients (itinéraires multi-modaux du domicile de l'internaute jusqu'à l'adresse "sur rue" de la boutique...). Ces services devront s'appuyer impérativement sur une qualité des données et de la mise à jour de très haut niveau, sauf à s'exposer à de douloureux échecs administratifs ou commerciaux. L'enjeu principal d'INSPIRE est de construire cet édifice de qualité, au service des citoyens européens.

Déjà de nouveaux étages sont en cours de constitution. Le 30 mars 2009, le Conseil des ministres européens adoptait le "Plan d'action pour le déploiement de systèmes de transport intelligents (STI) en Europe". Le premier considérant du projet de cette future directive cite INSPIRE. On y parle d'interopérabilité des systèmes de transport multimodaux, de localisation des véhicules, de celle des zones de limitation de vitesse...

L'homogénéisation européenne du positionnement et son exploitation ne fait que commencer ! ●

Contact

Marc LEOBET

secrétariat général du Conseil national de l'information géographique
marc.leobet@cnig.gouv.fr

Pour en savoir plus :

<http://georezo.net/blog/inspire/>

(5) L'usage a retenu l'acronyme anglais pour Spatial Data Interest Community – Communauté ayant des intérêts pour l'information géographique. Par exemple : l'association des ingénieurs territoriaux de France (AITF).

(6) Pour Legally Mandated Organisation – Organisation légalement mandatée, c'est-à-dire dont l'activité est encadrée par un texte officiel.

Le salon de Kandinsky "en musique" à Strasbourg

■ Jean-Pierre MAILLARD

Strasbourg n'est pas uniquement riche d'une grande école de la profession, l'INSA dont nombre de ses enseignements et diplômés s'investissent dans l'AFT, ce dont l'association leur sait gré. La ville satisfaite de sa situation privilégiée au barycentre de l'Europe, accueille également sur son territoire le parlement de l'Union. Elle l'est tout aussi de son musée d'art moderne et contemporain (MAMCS) situé au bord de l'Ill et implanté en charnière du quartier historique de la Petite France et de celui de la gare.

Le MAMCS

Envisagé dès 1960, le projet d'un musée a réellement pris consistance suite à la générosité de la famille Arp qui a fait don d'une trentaine de pièces de la main de Hans Arp et de celle de son épouse Sophie Taeuber Arp. A partir de 1973, l'ensemble des apports a finalement engagé la ville dans une politique cohérente d'achats d'œuvres d'art moderne et la construction d'un écrin à la mesure du fonds.

Objet d'un concours international, l'édifice d'environ 13 000 m² de planchers est l'œuvre de l'architecte Adrien Fainsilber dont la conception repose sur la lisibilité et l'ouverture, la lisibilité du parcours du visiteur organisé autour d'une rue intérieure et l'ouverture du bâtiment sur la ville. Inauguré en 1988, le MAMCS a complété le réseau des musées strasbourgeois en montrant un véritable panorama de l'art moderne et contemporain de l'Europe occidentale, de 1890 à nos jours.

L'intérêt porté aux avant-gardes de l'art du XX^e siècle et la proximité de l'Allemagne renvoient inévitablement à l'école du Bauhaus dont l'existence se manifeste au MAMCS par la présentation de travaux de Vassily Kandinsky.

Le Bauhaus

Fondé à Weimar en 1919 par l'architecte Walter Gropius, le Bauhaus a inauguré un type d'école tout à fait original dont

l'ambition est une "nouvelle construction de l'Avenir". Il est considéré comme la matrice d'un modernisme radical et le sanctuaire de l'imagination géométrique. Véritable école du design, l'enseignement visait à rétablir l'harmonie entre les différentes activités de l'art et à supprimer le clivage "art-artisanat". Jusqu'à sa fermeture en 1933 par le régime nazi, son programme pédagogique révolutionnaire attirait des personnalités des plus brillantes de l'époque. Outre Walter Gropius et ses successeurs eux aussi architectes, Hannes Meyer et Mies van der Rohe, on comptait dans les rangs des professeurs d'arts plastiques Vassily Kandinsky, Paul Klee, Laszlo Moholy-Nagy et Josef Albers. Comme tous les étudiants ce dernier, qui l'avait été lui-même, a été captivé par les recherches de l'école dans des domaines aussi variés que l'architecture, la peinture, le théâtre, la photographie, la typographie et l'ameublement. La formation promouvait une fusion étroite entre travail d'atelier et enseignement théorique. Elle constituait également une approche novatrice de l'existence en rassemblant des positions artistiques contraires à l'esprit académique et en les intégrant dans une approche pédagogique non conventionnelle. L'exceptionnelle créativité du Bauhaus a conduit jusqu'à l'expérimentation d'une vie communautaire, une approche du corps bien plus expressive que dans la société d'alors, le tout avec

un goût prononcé pour des fêtes débordant de fantaisie. C'est dire que l'école d'arts appliqués de Weimar, relocalisée à Dessau puis à Berlin s'inscrivait dans le mouvement progressiste de l'époque.

La grammaire géométrique enseignée aux élèves mérite qu'on s'y arrête. Les formes utilisées sont si primaires et dépouillées qu'elles s'effacent devant les couleurs et matière, bien plus prépondérantes. Comme dans la représentation de l'univers de Gibon Sengai, moine bouddhiste japonais du XVII^e siècle, le Bauhaus a composé les trois figures fermées les plus simples : le carré, le triangle et le cercle. Alors que le religieux s'en tenait à la ligne, pour le Bauhaus, le cercle est bleu, le carré rouge et le triangle jaune. Ce n'est pas moins surprenant qu'un Arthur Rimbaud concevant les voyelles "A" noir, "E" blanc, "I" rouge, "O" bleu, "U" vert ! Pourtant l'interrogation et la curiosité naissent du constat d'un "O" et d'un cercle perçus, comme la planète, de couleur bleu, et de quatre "I" formant carré tous les deux rouges !

Le salon de musique

A l'occasion du Forum d'architecture Grosse Berliner Bauhausausstellung de Berlin de mars 1931, Vassily Kandinsky réalise un salon de musique en céramique répondant ainsi à la demande de Mies Van der Rohe, directeur de l'école depuis l'année précédente. Il fut détruit à la fin de l'exposition puis reconstitué en 1975 d'après les gouaches originales, pour le compte de la galerie Artcurial qui venait d'être fondée à Paris par le groupe L'Oréal. Cette reconstitution avait été minutieusement suivie par la veuve de l'artiste, Nina Kandinsky, avec l'aide technique de



© M. Bertola - Adagp 2009

Jean Leppien, ancien élève du créateur au Bauhaus. La société Villeroy et Bosch avait pour sa part relevé le défi de la réalisation de la céramique. Lorsque les locaux de la galerie furent vendus, le décor fut déposé par la société l'Oréal qui en, 2006, en fit don au MAMCS. Le salon est accompagné des trois gouaches originales et d'un petit ensemble de tableaux exécutés au cours des années précédentes.

La photo des musées de la ville de Strasbourg signée M. Bertola vaut mieux qu'un long discours sur la fantaisie géométrique de l'artiste et la singularité des murs de la donation l'Oréal. Bien avant Jean-Pierre Raynaud, Kandinsky a osé faire sortir le carrelage de la cuisine et de la salle de bains, si loin qu'il s'invite aujourd'hui au musée.

Vassily Kandinsky

Vassily Kandinsky est né russe en 1866 dans un milieu plutôt aristocratique. Le divorce de ses parents quelques années plus tard donne à sa tante Elisabeth, la sœur de sa mère, une place significative dans son enfance. Elle l'initie aux contes germaniques et le fait peindre dès son plus jeune âge révélant ainsi sa prédisposition pour les arts. Cela parfait ses études réussies de droit et en sciences économiques qui le conduisent à un poste de responsabilité à l'université de Moscou. En 1896, la découverte d'une toile de Claude Monet "Meule de foin" le fait entrer tout entier en peinture comme on entre dans les ordres.

C'est ainsi qu'à trente ans il refuse un poste de professeur d'université pour parfaire sa formation de peintre en choisissant Munich où il s'installe bien décidé à inventer l'art du futur. C'est une période de voyages et de tâtonnements. Sa production mêle des scènes russes, des bois gravés et des paysages allemands très colorés. Jusqu'au jour de 1908 où, revenant chez lui après une étude *in situ* il remarque au mur "un tableau d'une extraordinaire beauté, brillant d'un rayon intérieur..." Il découvre alors qu'il s'agit d'une de ses toiles accrochées à l'envers ! Il est immédiatement convaincu que "l'objet nuit à ses tableaux" et en même temps, l'art abstrait se révèle à lui. Il théorise alors sa découverte en rédigeant en 1910 "Du spirituel dans l'art" qui fonde la "nécessité intérieure" de la peinture nouvelle. L'année suivante avec Franz Marc il crée le Cavalier bleu qui deviendra l'association d'artistes la plus importante que connaîtra l'Allemagne au XX^e siècle. La guerre de 1914-1918 interrompt le séjour bavarois du porteur d'un passeport russe qui retourne à Moscou.

La révolution d'octobre le porte à des actions culturelles, qu'il entend apolitiques, en qualité de professeur et de commissaire des musées russes. Jusqu'à son départ en 1921 il ne crée pas moins de vingt-deux musées provinciaux et, à Moscou, celui de la Nouvelle culture artistique. Envoyé en mission officielle à Berlin, il s'attache à nouveau à l'Allemagne pour participer, comme on vient de le voir, à l'aventure

du Bauhaus, jusqu'à acquérir en 1928 la nationalité du pays.

L'Histoire le rattrape et à la fermeture du Bauhaus en 1933 il s'exile pour la France car il a tout à craindre du régime nazi qui a inscrit son nom sur la liste des artistes qui incarnent l' "art dégénéré". Marcel Duchamp le convainc de s'installer à Neuilly dans un appartement avec vue sur la Seine. Il y demeure jusqu'à sa mort, en décembre 1944, non sans avoir obtenu, avec difficulté, la nationalité française après avoir été déchu de l'allemande à laquelle il était pourtant particulièrement attaché.

Tour à tour théoricien, enseignant, artiste, Vassily Kandinsky a été finalement le premier à ouvrir la porte de l'abstraction non sans engager, dès l'origine, la nouvelle forme d'expression dans une recherche spirituelle pour la garder de la tentation du vide. ●

Kandinsky au centre Pompidou

Riches des fonds les plus importants de Vassily Kandinsky, le Centre Pompidou, la Städtische Galerie in Lenbachhaus de Munich et le Solomon R. Guggenheim Museum de New York, proposent une grande rétrospective de ses œuvres.

Après Munich et avant New York, l'exposition se tient à Paris, jusqu'au 10 août 2009, à Beaubourg, dans la grande galerie du centre national d'art contemporain.

► Pour tout renseignement :
www.centrepompidou.fr



■ Val d'Oise - Guide de lecture des cartes anciennes

Laurent COSTA – Sandrine ROBERT

Cet ouvrage est conçu comme un guide de lecture des cartes élaborées à partir du XVIII^e siècle par les principaux organismes nationaux (Ponts et Chaussées, Dépôt de la guerre, Service historique de l'Armée de terre, IGN, Service du cadastre, BRGM). Il ne s'agit pas d'un catalogue exhaustif des cartes anciennes mais d'un outil de travail concernant les fonds cartographiques les plus accessibles en archives ou sur le Net et couvrant l'ensemble du territoire français.

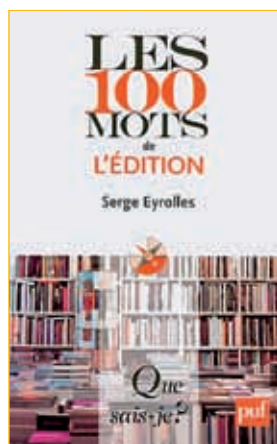
Il a été constitué sur la base d'une véritable expérience de la manipulation de ces fonds, qui ont été comparés entre eux et avec des données archéologiques. Ces travaux ont donné lieu à des enseignements en cursus d'archéologie, de géographie et d'architecture. Ses auteurs ont souhaité rendre plus largement accessible ce travail original d'inventaire raisonné, réalisé au sein du service départemental du Val-d'Oise. Il est conçu avec une organisation chronologique par fonds : pour chacun sont donnés un historique, une évaluation, des tableaux d'assemblage et des légendes inédites. Des introductions écrites par des chercheurs permettent d'élargir le propos et de mettre les cartes en perspective avec d'autres, non détaillées ici. Cet ouvrage s'adresse avant tout aux archéologues (chercheurs, étudiants, professionnels) mais peut aussi trouver un public chez les historiens, les géographes, les architectes, les urbanistes et toute personne intéressée par l'évolution du territoire ou effectuant des recherches sur les fonds cartographiques, comme les généalogistes. Nul doute que ce livre

inaugure des travaux et développements féconds.

Sandrine ROBERT est archéologue au Conseil général du Val-d'Oise et est spécialisée en archéogéographie, dans l'étude de l'évolution du paysage.

Laurent COSTA est archéologue et spécialisé en cartographie et topographie.

► Editions ERRANCE
Le Département du Val d'Oise et Arscan
104 pages – 44 €
ISBN 978-2-87772-379-4



■ Les 100 mots de l'édition

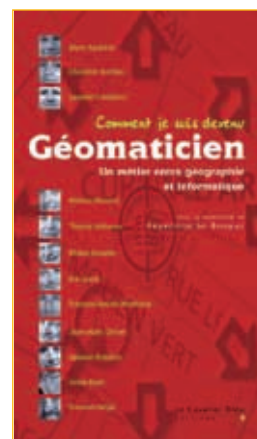
Serge EYROLLES

Première industrie culturelle en France, l'édition reste un secteur largement méconnu, discret, voire mystérieux pour beaucoup. Il est vrai que les éditeurs eux-mêmes préfèrent parler de leurs livres que de leur métier.

En rassemblant un large spectre de notions (comme celle de ISBN, International Standard Book Number, qui est le numéro international normalisé d'un livre), concernant tant les métiers que les organismes qui participent à la vie de l'édition, Serge Eyrolles met au jour dans cet ouvrage les rouages de la chaîne du livre. D' "ADELC" à "Ventes couplées", depuis le "Manuscrit" jusqu'aux pratiques de "Lecture", il dresse un état des lieux de l'édition d'aujourd'hui et analyse ses principaux défis pour demain.

Serge EYROLLES est éditeur, président du Syndicat national de l'édition et membre de l'AFT.

► P.U.F. Que sais-je ? n° 3850
128 pages – 9 €
ISBN 978-2-13-057463-7



■ Comment je suis devenu Géomaticien - Un métier entre géographie et informatique

Sous la direction de Françoise DE BLOMAC

Discipline récente, la géomatique associe la géographie et l'informatique. Bénéficiant du développement de cette dernière depuis trente ans, les géomaticiens ont ainsi permis de "faire parler" le territoire, de mieux le connaître et l'aménager.

Les douze portraits, dont ceux de L. Polidori et F. Salgé, réunis ici témoignent de la grande diversité des parcours et des métiers de cette discipline où tout est encore à inventer.

Derrière chaque discipline se trouvent des femmes et des hommes qui la construisent, la font vivre et évoluer. Comment devient-on géographe, économiste, astro-physicien, archéologue... ? Douze portraits en forme d'entretiens, douze parcours de vie en révèlent le cheminement. Du cursus aux rencontres clé, en passant par les apports majeurs de chacun, "comment je suis devenu..." est, chaque fois, une invitation à la découverte vivante et électrique d'une discipline.

Ce livre aide à découvrir comment sont nés ces métiers d'interface, grâce à la créativité et l'initiative de leurs inventeurs, qui ont su déceler l'extraordinaire potentiel économique, social et culturel des applications de la géomatique. Laquelle recèle encore incontestablement un grand pouvoir d'innovation pour le XXI^e siècle

► Editions LE CAVALIER BLEU
Collection "Comment je suis devenu"
Conçue et dirigée par S. ALLEMAND
224 pages – 20 €
ISBN 978-2-84670-248-5

■ Histoire géologique de sites préhistoriques classiques du Périgord : une vision actualisée

Jean-Pierre TEXIER

Plus de 25 ans après ceux de Laville (1975) et de Laville, Rigaud et Sackett (1980), cet ouvrage se propose de revisiter l'histoire géologique des gisements préhistoriques périgourdiens emblématiques. Il fait état de recherches basées sur des concepts radicalement différents de ceux utilisés jusqu'alors et intègre les avancées récentes de la connaissance et l'identification des processus sédimentaires continentaux. Les résultats obtenus, en complète rupture avec ceux des auteurs précédents, permettent de décrire avec un bon degré de certitude les environnements physiques dans lesquels ont évolué les hommes préhistoriques, ainsi que les processus géologiques qui ont conduit à la genèse des sites étudiés. Des implications concernant l'archéostratigraphie des gisements et le niveau d'intégrité des niveaux archéologiques associés sont également déduits de cette approche.

► **Collection : Documents Préhistoriques**
n° 25 - 196 pages - ill. couleur
ISBN 978-2-7355-0693-4

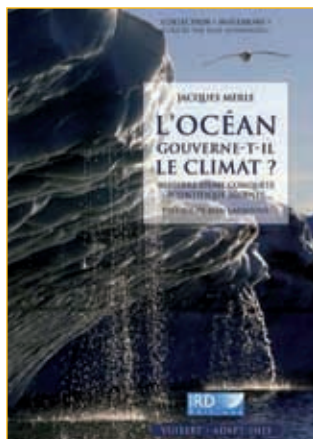
L'océan gouverne-t-il le climat ? Histoire d'une conquête scientifique récente

Jacques MERLE

Préface de Jean LABROUSSE

"L'océan et l'atmosphère forment deux composantes indissociables de la Terre et participent, par leurs interactions, à établir le climat dans lequel s'est développée l'humanité"
Jean Labrousse.

Deux sphères fluides entourent la Terre et gouvernent le climat : l'océan et l'atmosphère. Capable de stocker beaucoup



d'énergie solaire et de la répartir en fonction de la latitude, l'océan domine l'atmosphère. Le climat et sa variabilité s'expliquent en grande partie par l'ensemble des mouvements de l'océan. Cette dynamique - dans l'espace et dans le temps - est l'objet de l'océanographie physique, une discipline scientifique qui s'est radicalement transformée sous l'impulsion de nouvelles technologies - notamment à partir des satellites artificiels d'observation de la Terre - et de puissants moyens de calcul permettant aujourd'hui de simuler les mouvements de l'océan et leur relation avec le climat. L'auteur dresse un panorama de l'avancée des connaissances jusqu'aux questions actuelles posées par le rôle de l'océan dans le réchauffement climatique en cours. Bien connaître l'évolution du climat permettrait de prendre des mesures pour limiter ses dérives dues aux activités humaines ; ce serait nécessairement le résultat d'une action menée en commun par les scientifiques du monde entier.

Jacques MERLE est océanographe et physicien, directeur du département Milieux et Environnement à l'IRD. Il contribua aux premières théories du phénomène El Niño.

► **Collection "Inflexions"**
dirigée par Jean Rosmorduc
Coédition Vuibert/Adapt-Snes/IRD
264 pages - 29 €
ISBN 978-2-7117-2227-3



SCIENCES & ARTS Représentation du corps et matériaux de l'art

Sous la direction d'Evelyne Barbin et du Dr Dominique Le Nen

Résultat de la rencontre entre pratiques professionnelles et connaissances théoriques sur le corps, les arts et les sciences, ce livre entend contribuer à l'éducation du regard que l'on porte sur les œuvres d'art. Quand un chirurgien d'aujourd'hui observe la main droite de la Dame à l'hermine sur le portrait qu'en a laissé Léonard de Vinci, il y décèle le savoir anatomique sur lequel s'est appuyé l'artiste. Quand une historienne des mathématiques lit un traité de chorégraphie, elle admire le travail élaboré pour symboliser, dans une danse, le corps et son mouvement. Devant ce panorama des rapports actuels entre les sciences et les arts, nous sommes invités à porter un regard nouveau sur les œuvres, depuis la peinture jusqu'au cinéma, en passant par la danse et la photographie. Ce regard en miroir, instruit par la science, montre notamment la part du savoir scientifique dans la production des œuvres d'art.

► **Coédition Vuibert/Adapt-Snes/IRD**
208 pages - 30 €
ISBN 978-2-7117-2228-0

REPERTOIRE DES ANNONCEURS - N° 119

CADDEN	3° de couv	LEICA	2	TOPCON	6
ECOLE CHEZ SOI	4	ISI PRECISION - MAGELLAN	1	TRIMBLE	2° de couv - 15
ESRI	11	OPTECH	9		
GÉOMEDIA	4° de couv	REIS STOLZEL	19		

RÉCRÉATION COSMOGRAPHIQUE N°4

■ Raymond D'HOLLANDER

La présente récréation cosmographique est la suite de la récréation n° 3 dont l'énoncé a paru dans le dernier numéro d'XYZ et dont la solution, à laquelle il sera facile de se reporter, est dans le présent numéro, solution à laquelle il sera utile de se reporter.

On considère un point M de latitude Nord $\varphi = 45^\circ$, le jour du solstice d'hiver où la déclinaison du soleil est $\delta = -23^\circ 26'$. Les questions posées ci-après concernent la hauteur du soleil aux instants considérés durant la matinée dans le précédent n° d'XYZ.

1. Etablir la formule donnant la distance zénithale z du soleil en fonction de la latitude φ du lieu, de la déclinaison du soleil et de son angle horaire ($-H'$).
 - a) En déduire la valeur de z pour $\varphi = 45^\circ$, $\delta = -23^\circ 26'$ et pour l'angle horaire $-H' = 61,816^\circ$ correspondant à 10 minutes après le lever du soleil au solstice d'hiver.
 - b) En déduire la valeur de z pour $\varphi = 45^\circ$, $\delta = -23^\circ 26'$ et pour l'angle horaire $-H' = 4,316^\circ$ correspondant à 4 heures après le lever du soleil.

2. Etablir la formule donnant la distance zénithale du soleil en fonction de la latitude φ , de la déclinaison du soleil $\delta = -23^\circ 26'$ et de son azimut A .

- a) En déduire la valeur de z pour $\varphi = 45^\circ$ et pour l'azimut $A = 126,00^\circ$ (10 minutes après le lever du soleil).
- b) En déduire la valeur de z pour $\varphi = 45^\circ$ et pour l'azimut $A = 175,75^\circ$ (4 heures après le lever du soleil)
- c) Y a-t-il un instant de la journée du solstice d'hiver où l'ombre d'un gnomon est égale à sa hauteur ($z = 45^\circ$) ?

3. Au point M de latitude Nord égale à $\varphi = 45^\circ$, déterminer la distance zénithale du soleil z_m à sa culmination (passage au méridien) ; on en déduira sa hauteur méridienne h_m .

Nota : Se reporter au nota de l'énoncé de la récréation cosmographique n° 2. Les distances zénithales obtenues ne sont pas celles qu'on mesure au théodolite (réfraction).

Solution de la récréation cosmographique n°3 (n° 118 d'XYZ)

■ Raymond D'HOLLANDER

1. Calcul de l'angle horaire du lever du soleil, au solstice d'hiver, au point M de latitude $\varphi = 45^\circ$

- a. Résolution du triangle de position (fig 1bis)

Considérons la figure 1bis homologue de la figure 1 de la solution de la récréation cosmographique n°1 (XYZ n° 117). Le parallèle décrit par le soleil au solstice d'hiver est ici le parallèle représenté en tiretés $S_0'S_{12}'$, de déclinaison $-\delta = -23,433^\circ$.

Il rencontre l'horizon $H_S H_N$ au point L' , lever du soleil au solstice d'hiver. Le triangle de position est le triangle sphérique $ZL'P$ où les angles qui nous intéressent sont : en Z , l'azimut A'_L du soleil à son lever, en P son angle horaire $-H'_L$. Ces lettres accentuées A'_L et H'_L sont les homologues de A_L et H_L de la figure 1 relative au solstice d'été. Plaçons A en Z , B en L' , C en P . Les cotés du triangle de position sont :

$$\angle ZP = b = 90^\circ - \varphi = 45^\circ ; \angle ZL' = c = z = 90^\circ ;$$

$$\angle PL' = a = 90^\circ + \delta = 113,433^\circ$$

Appliquons au triangle sphérique ABC la formule fondamentale de la trigonométrie sphérique.

$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos A$, soit pour le triangle de position :

$$\cos z = \cos (90^\circ + \delta) \cos (90^\circ - \varphi) + \sin (90^\circ + \delta) \sin (90^\circ - \varphi) \cos (-H'_L)$$

$$0 = -\sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos (-H'_L)$$

$$\cos (-H'_L) = \frac{\sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi} \quad \cos (-H'_L) = \tan \delta \tan \varphi \quad (1)$$

$$\text{Avec } \delta = 23,433^\circ \text{ et } \varphi = 45^\circ : -H'_L = 64,32^\circ \text{ ou } -H'_L = 4\text{h } 17\text{ mn} \quad (2)$$

- b. Résolution par la trigonométrie plane (Analemme d'Hipparque – fig 2bis)

Considérons la figure 2bis homologue de la figure 2b, mais dans laquelle le parallèle décrit par le soleil est

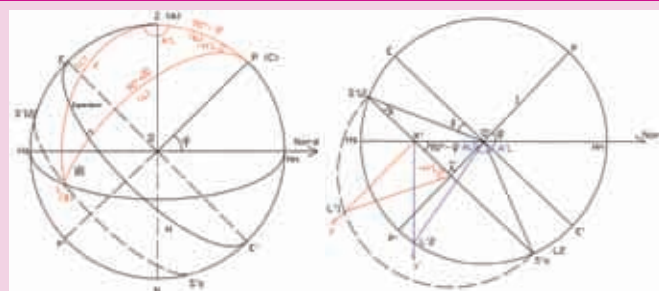


Fig 1bis

Fig 2bis

$S_0'S_{12}'$ de déclinaison $-\delta$, rencontrant l'horizon $H_S H_N$ en K' ; soit I' l'intersection de ce parallèle avec l'axe des pôles PP' . Rabattons le parallèle autour de son diamètre $S_0'S_{12}'$ pour l'appliquer sur le méridien. On obtient un cercle dont nous n'avons représenté que la moitié. La position L'_1 du soleil à son lever est l'intersection de ce demi-cercle avec la perpendiculaire $K'y$ élevée en K' sur $S_0'S_{12}'$. Soit I' le centre du demi-cercle. L'angle $K'I'L'_1$ mesuré dans le plan du parallèle est l'angle horaire cherché : $-H'_L = K'I'L'_1$. Or le triangle $I'K'L'_1$ de la figure 2bis est égal au triangle IKL_1 de la figure 2 pour raison évidente de symétrie. On a donc $K'I'L'_1 = KIL_1 = \alpha$

Or, $\cos \alpha = \tan \delta \tan \varphi$ d'après la relation (3bis) de 1b dans la solution du problème cosmographique n°1. On a donc ici : $\cos K'I'L'_1 = \tan \delta \tan \varphi$ ou $\cos (-H'_L) = \tan \delta \tan \varphi$, identique à la relation (1) obtenue par la trigonométrie sphérique ; on obtient donc les mêmes résultats que par les relations (2).

2. Calcul de l'heure du lever et du coucher du soleil en M au solstice d'hiver

- a. Lorsque le soleil passe au méridien inférieur en S'_0 il est 0 h heure solaire, et lorsqu'il passe au méridien supérieur en S'_{12} il est 12 h heure solaire (figure 1bis).

L'heure du lever du soleil est donc $12 - (-H'_L) = 12h - 4h 17mn$.
Soit T'_L cette heure ; on a :

$$T'_L = 7h 43mn \quad (3)$$

b. Par symétrie, l'heure du coucher du soleil au solstice d'hiver est :

$$T'_c = 24h - 7h 43mn = 16h 17mn \quad (4)$$

c. La durée du jour théorique est donc : $d' = T'_c - T'_L = 16h 17mn - 7h 43mn$.

$$d' = 8h 34mn \quad (5)$$

Elle est donnée aussi par $d' = 2 | -H'_L | = 2 \times 4h 17mn = 8h 34mn$.

Remarque : Pour le solstice d'été, on a trouvé à la première récréation cosmographique en 2c : $d = 15h 26m$. On a donc : $d + d' = 8h 34mn + 15h 26mn = 24h$. Cette propriété résulte du fait que les angles horaires $-H_L$ et $-H'_L$ sont supplémentaires, comme on le voit sur les figures 2 et 2bis. Or $d = 2 | -H_L |$ et $d' = 2 | -H'_L |$, d'où : $d + d' = 2 | -H_L + H'_L | = 2 \times 12^h = 24^h$.

3. Calcul de l'azimut topographique du soleil levant au solstice d'hiver en M

a. Par la résolution du triangle de position (fig 1bis)

On peut appliquer la formule fondamentale de la trigonométrie sphérique au triangle ABC de la figure 1bis : $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$, soit pour le triangle de position :

$$\cos(90^\circ + |\delta|) = \cos(90^\circ - \varphi) \cos z + \sin(90^\circ - \delta) \sin z \cos A_L$$

Comme $z = 90^\circ$, $\cos z$ est nul et $\sin z = 1$, cette formule se réduit à : $-\sin|\delta| = \cos \varphi \cos A_L$, soit $\cos A_L = -\frac{\sin|\delta|}{\cos \varphi}$ (6)

Avec $|\delta| = 23,433^\circ$ et $\varphi = 45^\circ$, on a $\cos A_L = -0,56240$ et $A_L = 124,22^\circ$ (7)

Cet azimut est supplémentaire de l'azimut A_L du lever du soleil au solstice d'été, puisque leurs cosinus sont opposés ; on a trouvé en effet : $A_L = 55,78^\circ$.

b. Résolution par la trigonométrie plane (fig 2bis)

Dans la figure 2bis, construisons L'_2 à l'intersection de la perpendiculaire $K'y'$ abaissée en K' sur H_3H_N avec le cercle horizon de diamètre H_3H_N rabattu sur le plan du méridien. Le point L'_2 est l'homologue du point L_2 de la figure 1. L'azimut cherché est l'angle $H_N O' L'_2 = A'_L$. Il est supplémentaire de l'angle $K'O'L'_2$.

Or le triangle $K'O'L'_2$ est égal au triangle KOL_2 de la figure 2 par raison de symétrie. Il en résulte

que $K'O'L'_2 = KOL_2 = A_L$. On a donc $A'_L = 180^\circ - A_L$.

D'après la relation (4) de la solution de la première récréation cosmographique, $\cos A'_L = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$.

$$\text{On a donc } \cos A'_L = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi} ; \cos A'_L = -\frac{\sin 23,433^\circ}{\cos 45^\circ} = -0,56240$$

$A'_L = 124,22^\circ$; résultat identique à celui de la trigonométrie sphérique.

4. Azimut du coucher du soleil en M au solstice d'hiver

Par symétrie, (fig 3bis) l'azimut du coucher du soleil est $A'_C = 360^\circ - A'_L = 235,78^\circ$

Reportons sur la figure 3bis les azimuts du lever et du coucher du soleil lors du solstice d'été de la figure 3 et dessinons-les

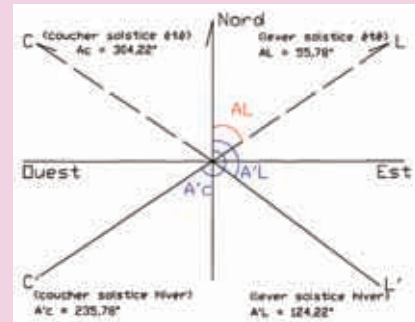


Fig 3bis

en traits tiretés. Reportons sur la figure 3bis en traits pleins, les azimuts du soleil à son lever et à son coucher au solstice d'hiver.

On constate que les directions du lever du soleil au solstice d'hiver et du coucher du soleil au solstice d'été sont opposées ; de même, la direction du lever du soleil au solstice d'été est opposée à la direction du coucher du soleil au solstice d'hiver.

5. Azimuts du soleil à trois instants de la journée du solstice d'hiver

a. Considérons la formule en cotangente du triangle sphérique ABC (fig 1bis)

$\cot a \sin b = \cos b \cos C + \sin C \cot A$, soit pour le triangle de position :

$\cot(90^\circ + |\delta|) \cos \varphi = \sin \varphi \cos(-H') + \sin(-H') \cot A$, formule où $-H'$ et A sont l'angle horaire et l'azimut pour un instant quelconque de la journée du solstice d'hiver.

$$\text{D'où : } \tan A = -\frac{\sin(-H')}{\tan|\delta| \cos \varphi + \sin \varphi \cos(-H')} \quad (8)$$

Cette formule peut s'appliquer au cas où $-H' = -H'_L$ angle horaire du lever. Vérifions qu'en l'appliquant, on trouve bien $A = A'_L$. On a :

$$\tan A = \frac{-0,901201}{0,30548 + 0,30546} = -1,47029$$

On obtient deux déterminations pour A : $A = -55,78^\circ$ et $A = 180^\circ - 55,78^\circ = 124,22^\circ$ qui convient et qui est bien la valeur obtenue en (7), ci-dessus.

b. Azimut du soleil au solstice d'hiver en M, 10 minutes après son lever.

On a alors : $-H' = -H'_L - 10 \text{ minutes}$,

$$\text{d'où : } -H' = 4h,288 - 0h,167 = 4,121h = 61,816^\circ$$

En remplaçant $-H'$ par cette valeur dans (8), on obtient :

$\tan A = -1,37624$, ce qui donne deux valeurs pour A : $A = -53,998^\circ$ et $A = -53,998^\circ + 180^\circ$, soit : $A = 126,00^\circ$, qui convient.

c. Azimut du soleil au solstice d'hiver, 4 heures après son lever

On a alors : $-H' = -H'_L - 4h = 4h,288 - 4h = 0h,288 = 4,316^\circ$

En remplaçant $-H'$ par cette valeur dans (8), on obtient :

$$\tan A = -0,07440$$

Il y a deux déterminations pour A : $A = -4,255^\circ$ et

$$A = -4,255^\circ + 180^\circ \text{ soit } A = 175,75^\circ$$

Il ne reste plus que 0,288h, soit 17 minutes avant le passage du soleil au méridien (culmination).

d. Azimut du soleil au solstice d'hiver à sa culmination

Lors de la culmination du soleil en S_{12} , il est clair sur la figure 1bis que l'azimut du soleil est $A_m = 180^\circ$