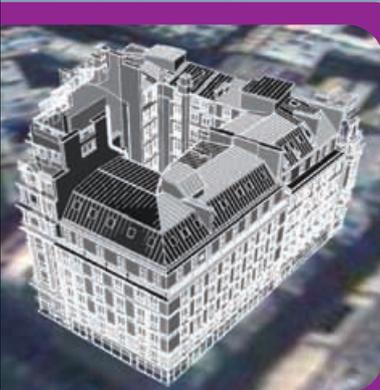


xyz

Éditée par l'
Association
Française de
Topographie
n° 117



Photogrammétrie
et vision par ordinateur

Page 49

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



Hydrographie et cartographie marine au-delà des *frontières*

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 de 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 Guillemain
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
4^e trimestre 2008 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 fait l'objet
d'un jeté dans la revue

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.

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

Membre de la FIG (Fédération Internationale des Géomètres) 
107, rue de 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

> Edugéo le portail de l'éducation
Jean-Pierre MAILLARD 11

> La licence professionnelle aménagement
et géomatique, sésame des techniciens
géomètres "experts"
Jean-Pierre MAILLARD 12

Manifestation

> Le congrès de l'OGÉ de Strasbourg
Jean-Pierre MAILLARD 14

> Journées de la topographie
Tania LANDES 15

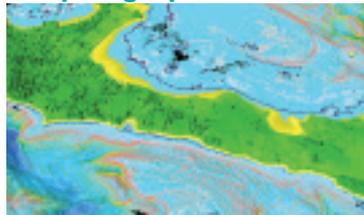
> Festival international de géographie
de Saint-Dié-des-Vosges 2008
Jean-Pierre MAILLARD 16

> L'AFIGÉO s'intéresse au marché géomatique
canadien
Jean-Baptiste HENRY 17

> Intergeo®, salon international de la géodésie,
de la géomatique et de la gestion du territoire
Olivier REIS 18

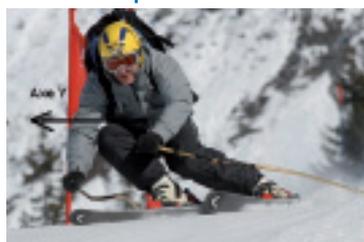
> Conférence francophone ESRI 2008
Jean-Pierre MAILLARD 20

Hydrographie



> Hydrographie et cartographie marine
au-delà des frontières
Yves GUILLAM 21

GPS 1^{er} prix de l'AFT 2007



> Evaluation du modèle d'erreur de capteurs MEMS-IMU
Jean-Marie BONNAZ 27

> Auscultation d'un bac de stockage
de Gaz Naturel Liquéfié en excavation, par GPS
*H. TAIBI - S. KAHLOUCHE - A. ZEGGAI - B. GHEZALI -
A. AYOUAZ - A. BELHADJ* 35

Toponymie

> Les toponymes : une source de conflits ?
Pierre JAILLARD 39

Photogrammétrie



> Photogrammétrie et vision par ordinateur
Mahzad KALANTARI - Michel KASSER 49

Réglementation

> La loi fédérale suisse sur la géoinformation
Fridolin WICKI - Olivier REIS 55

Urbanisme

> Enquête sur le PLU
Jean-Pierre MAILLARD 63

GFS

> Carnet de route 2008 :
Passion voyageuse et générosité
Benoit PETIT 65

Art et Géométrie



> Norman Dilworth : la vie des nombres
Jean-Pierre MAILLARD 66

Livres 70

Exposition

> Paris au temps des Misérables
de Victor Hugo, au Musée Carnavalet
Patrice GAUBERT 72

Pour la recherche de nos annonceurs consulter la page 71.

PROCHAIN XYZ - n° 118

En savoir plus sur le LIDAR

Il y a juste trente ans, le 15 décembre 1978, l'Association Française de Topographie était créée lors d'une Assemblée Générale constitutive tenue dans l'enthousiasme par plusieurs centaines de participants. Un Conseil d'Administration provisoire de douze membres était élu, et parmi eux, les initiateurs : Louis Catinot d'EDF (Électricité de France), Maurice Daugé du Canal de Provence et Roger Schaffner de l'AFTRP (Agence Foncière et Technique de la Région Parisienne). En tant que membres de ce conseil, réélus depuis tous les six ans, et ayant présidé notre Association pendant de nombreuses années il nous revient l'honneur de signer cet éditorial du souvenir.

Que de chemin parcouru depuis cette Assemblée constitutive ! Mais au fait, qui sont-ils ces artisans de la cause topographique ? Il y a les anciens qui sont partis en retraite après avoir accompli un métier qu'ils ont aimé, les heureux, et qui nous restent fidèles à la fois pour garder un contact humain, et connaître la suite de l'évolution des techniques. Ils n'ont pas été déçus.

Il y a ceux qui nous ont quittés trop tôt. Nous avons tous encore en mémoire ceux qui nous ont épaulé dès le début, tels Bernard Dubuisson, André Mémier, Yves Alajouanine, Pierre de Fontguyon, Pierre Girault, Roger Schaffner et Jean-Jacques Levallois.

Il y a ceux qui sont aussi partis en retraite mais qui ont coupé aussitôt les ponts avec la profession. Ils ne liront pas ces lignes. Nous leur souhaitons de se suffire des occupations traditionnelles du troisième âge, le bridge, les mots croisés, la pêche à la ligne, le Scrabble et heureusement depuis peu, le sudoku !

Il y a ceux qui font vivre et qui vivent de la topographie. Ce n'est pas toujours facile d'exercer un métier peu connu, souvent sous-estimé.

Il y a enfin ceux qui n'étaient pas nés en 1978 ! Bienvenue à eux. Certains les plaignent d'avoir trouvé dans leur berceau, un pays – l'entreprise France – dont les finances sont criblées de je ne sais combien de centaines de milliards de dettes, en

Francs ou en Euros peu importe, accumulées par leurs parents au cours des années. À eux, et en bon topographe, nous sommes tout de même bien placés pour avoir participé à la dépense. Nous pouvons leur dire qu'ils arrivent dans un pays moderne où ces milliards n'ont pas tous été dilapidés. À l'actif de l'entreprise, des biens d'équipement dont vous vous servez tous les jours sans bien vous en rendre compte et ils ont pour nom : infrastructures, autoroutes, train à grande vitesse, centrales et réseau électrique, canaux d'irrigation, oléoducs et gazoducs, télécommunications.

Il y a parmi eux des étudiants qui comptent s'orienter vers un métier qu'ils jugent plein d'intérêt, alliant à un certain aspect de plus en plus scientifique, la mise en œuvre d'évidentes qualités sportives, le tout dans une ambiance écologique. Depuis quelques années, un prix AFT encourage ceux dont les rapports de fin d'études sont jugés les meilleurs.

Voici donc la diversité de notre petit monde, diversité qui fait la richesse de notre Association et l'assurance de sa pérennité.

La Revue XYZ

Un des buts de l'Association, sinon le principal, était la parution régulière de la présente revue. C'est chose acquise et peut-être même un peu plus. Elle est considérée comme la revue professionnelle des sciences topographiques parmi les plus réputées en langue française, et est diffusée dans 55 pays dans le monde.

Modeste publication en noir et blanc au début, elle s'étoffait au cours des ans pour atteindre aujourd'hui un régime de croisière de 80 pages en moyenne, tout en couleur.

La qualité des articles en a fait la renommée et il est flatteur pour un auteur d'y être publié. D'ailleurs, aucun d'eux n'a jamais été rémunéré !

Les 117 numéros ont tous été imprimés à l'Imprimerie Moderne, aujourd'hui Albédia, à Aurillac et nous tenons à les remercier ici pour leur ponctualité et le tout dans une confiance réciproque remarquable.

Un autre remerciement est à adresser à nos annonceurs et à leur fidélité : deux d'entre eux figurent en effet à tous les numéros. Il ne faut pas se le cacher : c'est bien en partie grâce à eux que l'équilibre financier de la publication peut être maintenu, car l'Association n'a jamais reçu, ni sollicité d'ailleurs, la moindre subvention.

Les autres publications

L'Association s'est trouvée une autre vocation. Sans elle, des ouvrages aussi renommés que le "*Mesurer la Terre, 300 ans de Géodésie française*" de Jean-Jacques Levallois, diffusé à plus de 2200 exemplaires, et "*Les Sciences géographiques dans l'Antiquité*" de Raymond D'Hollander, n'auraient sans doute jamais été publiés s'ils avaient dû être édités à compte d'auteur. Sans parler du "*Tout ce que vous avez voulu savoir sur la topographie sans jamais avoir osé le demander*" il s'agit du fameux "Lexique topographique" (1990), un "best seller" qui a dû être réédité deux fois.

Les rencontres

Un autre but de l'Association était la tenue à jour des connaissances de chacun par des conférences et des expositions de matériel. Ce fut nombre

Colloques, Congrès, journées à thème, organisés un peu partout en France, au cours desquels une indispensable confrontation d'idées enrichissait tout le monde et qui, par ses comptes-rendus dans cette revue, fit d'elle une encyclopédie vivante de nos métiers.

À l'avenir

Sur ce bel élan, notre Association avec sa revue XYZ peut avoir foi en son avenir.

Rappelez-vous, il y a trente ans, l'ordinateur portable, le téléphone portable lui aussi, le positionnement par satellite n'existaient pas, pas plus qu'Internet. Autant dire que nous avons vécu non pas une évolution mais une véritable révolution de nos métiers. Certes, le côté sportif et parfois pénible y a régressé, ce qui l'a ouvert à la gent féminine, mais il a gagné en fiabilité.

À l'instar de toutes ces innovations, on peut penser que l'avenir sera aussi fécond.

L'Association, toujours à la croisée de la formation et des utilisateurs, sera là pour en témoigner par ses rencontres et sa revue en signalant dès maintenant son 5^e Forum.

par Robert VINCENT et André BAILLY,
Présidents honoraires de l'AFT



**FORUM DE LA
TOPOGRAPHIE 2009**

Réserver votre mercredi 18 mars 2009
de 9h00 à 17h00
pour le
5^e FORUM AU LYCÉE DORIAN
72, avenue Philippe Auguste 75011 Paris
pour plus de détails voir le tiré à part ou rendez-vous sur www.aftopo.org

■ Stations Totales Leica FlexLine : aussi polyvalentes que vous !

Pour penser le remplacement des stations totales de gamme intermédiaire, Leica TPS400, TPS700 et TPS800, Leica Geosystems a choisi de baser les nouvelles stations Flexline sur son modèle haut de gamme (TPS1200) tout en y intégrant des applications simples et intuitives accessibles aux opérateurs non initiés à la topographie, comme des applications plus pointues dédiées aux topographes confirmés.

Les opérateurs n'étant pas issus d'une formation de topographie peuvent ainsi prendre en main la station Flexline en toute confiance, les programmes intégrés les guident pas à pas.



D'un point de vue matériel, il en résulte une performance, une précision et une simplicité d'utilisation qui rendent les stations totales Flexline idéales pour les travaux de mesure à deux opérateurs :

cinq classes de précision angulaire (de 1 à 7 secondes), connexion Bluetooth d'une portée supérieure à 150 m, Clé USB pour la gestion des données, Mesure sans réflecteur jusqu'à 1000 m, etc.

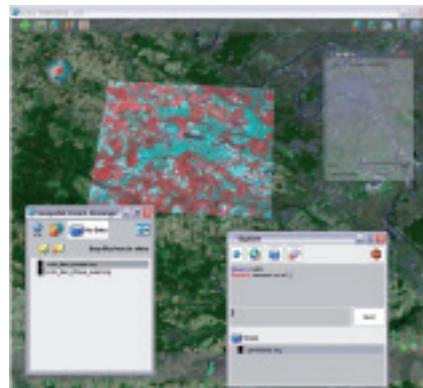
Par ses nombreux programmes d'applications et sa simplicité d'utilisation, la nouvelle gamme Leica Flexline s'adresse à un large panel de métiers : paysagistes, archéologues, maçons, géomètres, topographes, charpentiers...

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

■ Le meilleur des deux mondes ! ERDAS ER Mapper 7.2 & ERDAS IMAGINE 9.3 Une même licence pour les deux logiciels

GEOSYSTEMS France, DIGITECH Int. et ERDAS, annoncent la disponibilité d'ERDAS ER Mapper 7.2, la nouvelle solution pour la visualisation, l'amélioration et la fusion des images et de ERDAS Imagine 9.3.

ERDAS ER Mapper 7.2 intègre le nouveau gestionnaire de licences d'ERDAS IMAGINE professionnel 9.3, et les utilisateurs ont accès aux deux logiciels à partir de la même licence, pour bénéficier de la complémentarité des deux produits lorsque l'un des deux est acquis. Cette modification de gestion des licences permet à la communauté ERDAS d'utiliser indifféremment les deux solutions, facilitant l'intégration de l'information géospatiale dans votre organisme ou société. En plus l'utilisateur peut maintenant générer des licences nomades pour une mobilité totale, cette utilisation flexible des logiciels achetés permet des économies substantielles.



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

■ La transition vers le Référentiel géodésique français 1993 (RGF93) facilitée : l'IGN labellise AutoCAD Map 3D 2009

Le logiciel d'Autodesk passe haut la main les tests de l'Institut géographique national (IGN) pour la conversion des données vectorielles entre l'ancien système géodésique, la "Nouvelle triangulation de la France" (NTF) et le nouveau Référentiel géodésique français 1993 (RGF93). Après d'excellents résultats de conversions entre les projections Lambert 2 étendu, Lambert-93 et les projections Coniques conformes 9 zones (RGF93CC42 à RGF93CC50), cette labellisation valide la qualité des conversions d'un système à l'autre et la bonne utilisation de la réalisation nationale d'un système de référence tridimensionnel mondial, géocentrique et de précision centimétrique adapté aux technologies modernes de positionnement.

Suite aux obligations légales fixées par le décret n° 2006-272 du 3 mars 2006, l'usage des nouveaux systèmes nationaux se généralise. Pour assurer aux utilisateurs des conversions de données entre les anciens et les nouveaux systèmes sans nuisance à la qualité des données, l'IGN propose aux éditeurs de labelliser leurs logiciels de conversion. Les logiciels de géomatique proposent en effet divers outils de conversion entre les différents systèmes de projection.

Dans le cas du nouveau système géodésique RGF93 et de ses projections associées (Lambert-93, Coniques Conformées 9 zones), cette conversion n'est pas simple, car elle impose d'utiliser une grille de conversion.

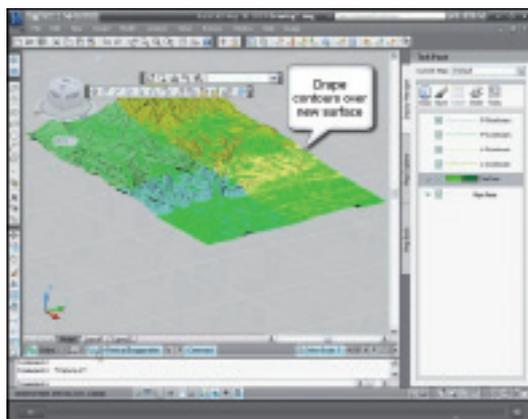
Le système de tests mis en place a comparé avec la référence IGN la qualité et la cohérence des transformations des anciens systèmes vers la nouvelle projection :

- Au niveau de la conversion de données vectorielles, l'écart obtenu par AutoCAD Map 3D 2009 par rapport à la référence IGN est inférieur au centimètre sur plus de 100 000 objets, soit plus de 750 000 points répartis sur l'ensemble du territoire de France métropolitaine convertis. La transformation inverse (Lambert-93 vers Lambert 2 étendu) donne des résultats tout aussi satisfaisants.
- Au niveau des projections coniques conformes 9 zones (RGF93CC42 à RGF93CC50), les écarts maximums vérifiés sont inférieurs au centimètre pour les données vectorielles, dans les deux sens de conversion.

► Pour plus d'information : www.lambert93.ign.fr

■ De nouveaux outils gratuits pour AutoCAD Map 3D 2009

Autodesk propose trois nouveaux "kits" spécialement conçus pour les gestionnaires de réseaux et d'infrastructures au niveau des services publics et des sociétés d'ingénierie. Téléchargeables gratuitement, ces outils renforcent l'efficacité et la qualité des données. Chaque kit se compose des modèles de données et des symboles propres aux infrastructures en question, permettant de créer rapidement des dessins et d'en maintenir la cohérence tout au long du cycle de vie d'un projet.



Par ailleurs, Autodesk a récemment procédé au lancement de l'extension du kit de modélisation terrain. Celle-ci est spécialement conçue pour aider les urbanistes, ingénieurs et concepteurs à mieux utiliser les données topographiques, GPS et LIDAR dans la création de modèles surfaciques et l'utilisation de points dans AutoCAD Map 3D 2009, avec de meilleures capacités de création de surfaces, un support amélioré des données de points et des commandes additionnelles de coordonnées COGO.

Un DVD de test de l'ensemble des solutions géospatiales d'Autodesk est disponible sur demande ou peut être téléchargé en ligne sur www.autodesk.fr/autocadmap3dtrial. Il comprend les versions complètes d'essai sur 30 jours d'AutoCAD Map 3D 2009, Autodesk MapGuide Enterprise, MapGuide Open Source et AutoCAD Raster Design.

■ La ville natale de Mozart voit son avenir sous le signe de la modélisation 3D

Salzburg s'associe au Centre de Géoinformation de son université et à Autodesk pour modéliser en 3D les bâtiments et les rues de la ville, et mieux comprendre l'impact de la planification et de la conception en milieu urbain.

Concrètement, le projet baptisé "Digital City" (ville numérique) d'Autodesk se base sur des technologies conçues pour apporter un environnement collaboratif permettant de simuler, analyser et visualiser l'impact du développement urbain et des équipements à l'échelle d'une ville. Autodesk a choisi Salzburg, l'un des centres culturels et historiques les plus importants d'Europe, afin de l'aider à intégrer les données de la ville dans un modèle 3D détaillé.

La combinaison de ces données avec des outils de simulation et de visualisation réaliste permettra de voir et d'interagir avec le paysage urbain, mais aussi d'analyser avant leur construction l'impact des projets d'urbanisme, de tourisme et de développement économique.

Par ailleurs, Autodesk a finalisé l'acquisition de la quasi-totalité des actifs de 3D Geo GmbH, société d'édition de logiciels de modélisation urbaine en 3D basée à Potsdam en Allemagne. Cette transaction renforce la stratégie d'Autodesk dans le domaine de la modélisation urbaine en 3D.

► Pour plus d'information sur Digital City : www.autodesk.com/digitalcities ou sur Autodesk : www.autodesk.fr

■ Autodesk annonce la disponibilité de nouveaux fournisseurs FDO

Autodesk, Inc. annonce la mise à disposition de deux fournisseurs Open Source FDO (Feature Data Object) : l'un pour GE Smallworld, l'autre pour Microsoft SQL Server 2008.

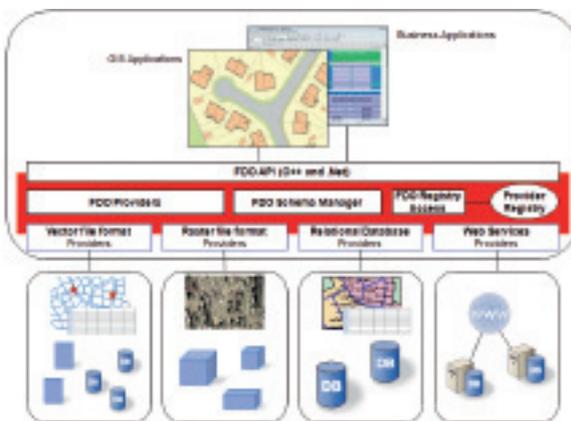
Développée par Autodesk, la technologie FDO est aujourd'hui largement adoptée par la communauté open source OSGeo (Open Source Geospatial

Foundation). Elle permet d'enregistrer, d'extraire, de mettre à jour et d'analyser des données géospatiales.

Les nouveaux fournisseurs sont disponibles dans le cadre du programme d'abonnement Autodesk Souscription d'AutoCAD Map 3D et d'Autodesk MapGuide Enterprise. Le fournisseur FDO pour Microsoft SQL Server 2008 sera également disponible via l'OSGeo. La communauté Open Source développe en outre des fournisseurs FDO pour KML, PostGIS, IBM Informix.

Autodesk soutient l'OSGeo, auquel il a notamment fait don du code source de son logiciel de conversion de coordonnées géographiques, CS-Map (Coordinate System Mapping Library). A ce jour, ce don est la troisième contribution majeure d'Autodesk à la communauté du libre, après le serveur Web MapGuide Open Source et l'interface d'accès aux données géographiques FDO (Feature Data Object). MapGuide Open Source a été téléchargé plus de 74 000 fois, FDO a été téléchargé plus de 44 000 fois.

► Pour plus d'information : www.autodesk.com



La Société française de photogrammétrie et de télédétection (SFPT) organise les 20 et 21 janvier 2009 un colloque intitulé "Techniques laser pour l'étude des environnements naturels et urbains", dans le but de faire un état sur le potentiel et les limites du lidar terrestre, aéroporté et spatial, et de confronter les développements instrumentaux aux attentes des usages thématiques.

Exposition professionnelle, communications orales et débats. Les actes de ces journées seront publiés dans un numéro spécial de la Revue française de photogrammétrie et de télédétection. Le colloque sera hébergé par l'Ecole supérieure des géomètres et topographes (CNAM-ESGT), au Mans.

► Pour plus d'informations et inscriptions : www.sfpt.fr



■ Spot Image "Partenaire Google Earth Enterprise"

Spot Image vient d'être nommée partenaire de Google Earth Enterprise. Avec ce nouveau partenariat la société pourra servir ses clients au travers des solutions Google Earth Enterprise.

Spot Image va développer pour les utilisateurs de Google Earth et de Google Earth Enterprise des packages d'images "prêts à l'emploi" et mettre en place de nouveaux services en ligne et des solutions de géoinformation. Spot Image pourra également s'appuyer sur l'architecture de Google Earth Enterprise pour y intégrer sous forme de cartes (2D) ou de globes (3D) la richesse de l'information contenue dans l'imagerie Spot.

Spot Image développe également des services qui vont permettre aux utilisateurs d'accéder et de partager rapidement les données sur Google Earth en cas de besoin urgent d'informations. Spot Image

proposera ces services en priorité aux organismes publics, aux secteurs des ressources énergétiques, de l'assurance et de la construction immobilière.

"Nous sommes ravis d'avoir un tel partenaire car Spot Image peut ouvrir son catalogue d'images satellite et aériennes aux utilisateurs de Google Earth dans les formats nécessaires et à n'importe quel moment," souligne Bryan Atwood, responsable produits pour Google Earth Enterprise. *"Des lots d'image Spot sur mesure en format KML apportent de la valeur à tous les types d'applications Google Earth, de la construction immobilière à la gestion de catastrophes."*

Spot Image est l'un des leaders mondiaux du domaine des services d'imagerie satellitaire et de géoinformation à forte valeur ajoutée. Spot Image a établi des filiales aux Etats-Unis, en Chine, à Singapour,

au Japon et en Australie, et prévoit d'en créer une sixième au Brésil à l'automne 2008. Opérateur commercial des satellites Spot et fournisseur d'images provenant d'autres satellites optiques et radar, Spot Image est passé maître dans l'exploitation combinée d'un large éventail de systèmes satellitaires et d'infrastructures sol pour répondre aux besoins des utilisateurs. Le groupe Spot Image s'appuie sur un réseau international de stations de réception, de partenaires et de distributeurs pour offrir des biens et services d'informations géographiques aux décideurs publics et privés de la planète.

Spot Image est détenue à hauteur de 81 % par Astrium Services, groupe EADS.

► **Pour plus d'information :**
www.spotimage.fr

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

NOMINATIONS

■ A l'ESTP changement de direction dans la continuité



A la tête de l'ESTP depuis trente ans au service de l'enseignement supérieur et du BTP, Serge Eyrolles passe le relais à Florence Darmon son successeur à la direction générale de l'école.

En accompagnant et anticipant les mutations incessantes, il a vu au fil des ans l'effectif des promotions passer de 350 à 550 et sa notable féminisation. Dans cette période, l'école s'est ouverte à la mobilité et l'international au travers de 55 partenariats avec des universités étrangères et l'accueil d'étudiants étrangers. En parallèle, les transformations et les constructions sur le campus de Cachan ont ajouté près de 12 000 m² dévolus à l'enseignement. En 1999 le rattachement de l'ESTP à l'ENSAM a constitué le plus grand pôle d'enseignement supérieur en sciences de l'ingénieur. Cet élargissement a permis entre autres à l'implantation *in situ* du Groupe d'études sur l'information et la décision en matière de risques (GRID). Le succès de l'école est attesté par l'augmentation constante du nombre de candidats et le premier emploi de 65 % des futurs diplômés avant leur sortie de l'école.

Serge Eyrolles transmet sa mission à Florence Darmon, ancienne élève de l'Ecole polytechnique (X83), ingénieur du corps de ponts et

chaussées (ENPC88). Elle exprime sa motivation par son expérience en aménagement au sein d'organismes publics (Ministère de l'équipement, Société des autoroutes et du tunnel du Mont-Blanc...) de sociétés privées (Nexity, Bouygues immobilier...) et son intérêt personnel à l'avenir professionnel des jeunes. Elle voit dans les travaux publics et le bâtiment un potentiel de métiers passionnants très diversifiés, en évolution technologique permanente, en ce compris la topographie qu'elle qualifie de domaine connexe incontournable.

Nul doute qu'elle poursuivra les actions engagées par son prédécesseur avec le souci de l'adéquation permanente entre la formation dispensée et les besoins des professions, l'amplification de l'ouverture à l'international comme le développement de l'innovation et de la recherche.

L'AFT salue Serge Eyrolles, l'un de ses membres, et non des moindres, pour son parcours exemplaire au service de l'enseignement et de la formation. Elle le remercie pour son fidèle intérêt porté à ses initiatives notamment en accueillant de nombreux colloques et forums à Cachan. Fort de ce réalisé, l'association compte sur la bienveillante attention de Florence Darmon aux prochaines initiatives de l'AFT et le partenariat de l'ESTP.

► Pour tout renseignement : www.estp.fr

DISTINCTIONS

Le 23 octobre 2008, l'Observatoire de Paris a remis les titres de docteur Honoris causa à trois personnalités :

Michel Mayor, né en Suisse en 1942, membre de l'Observatoire de Genève et professeur à l'Université de Genève. En 1995, depuis l'observatoire de Haute-Provence, il identifie autour de l'étoile 51 Pegasi la première exoplanète ce qui constitue une découverte astronomique des plus importantes.

Cheng Fang, né en Chine en 1938, professeur à l'Université de Nankin et membre de l'Académie des sciences

chinoise. Auteur de plus de deux cents articles, il a contribué par ses recherches à la connaissance de l'atmosphère du Soleil et de son activité.

Stephen T. Ridgway, né aux Etats-Unis en 1944, astronome notamment à la NASA et professeur à l'Université de Georgia state. Spécialiste des longueurs d'onde visible et infrarouge, il s'est fait une spécialité de l'imagerie à très haute résolution angulaire basée sur les techniques d'interférométrie spatiale.

L'AFT et XYZ présentent leurs félicitations aux récipiendaires.

Agenda des manifestations

■ **2009 Année mondiale de l'astronomie** pré-programme proposé par l'Observatoire de Paris disponible sur www.obspm.fr

■ **Les 20 et 21 janvier 2009 : Technique Laser pour l'étude des environnements naturel et urbain**
ESGT/SFPT – Le Mans
www.esgt.cnam.fr

■ **Février 2009 : Forums ENSG**, le 3 : GPS, le 4 : Photogrammétrie, le 5 : SIG-Carto Marne-la-Vallée
www.ensg.eu

■ **Le 18 mars 2009 : Forum AFT Lycée Dorian Paris XI**
www.aftopo.org

■ **du 12 au 14 mai 2009 : Les rencontres de SIG La Lettre** à l'ENSG
www.sig-la-lettre.com

■ Nouvelle gamme GeoExplorer 6 chez D3E Electronique



La société D3E Electronique annonce la sortie de la toute nouvelle gamme des récepteurs GPS TRIMBLE GeoExplorer v6. Dédicée à la collecte et la mise à jour de données SIG, cette gamme propose différents niveaux de précisions, de quelques mètres (GeoExplorer XM) à mieux que 10 cm dans les 3 axes XY et Z (GeoExplorer HP/XH), en temps réel aussi bien qu'en post-traitement. La totalité de la gamme est compatible avec les réseaux VRS Orphéon, S@t-Info et Teria.

► Pour plus d'information : www.d3e.fr

Erratum

Dans l'article Thermographie paru dans le n°116, le nom de la société AERODATA FRANCE a été mal orthographié et une rectification s'impose.

Edugéo le portail de l'éducation

■ Jean-Pierre MAILLARD

Edugéo, le nouveau portail de l'éducation, a été inauguré le 1^{er} octobre 2008 par Xavier Darcos, Ministre de l'Éducation nationale, Nathalie Kosciusko-Morizet, Secrétaire d'Etat à l'écologie, et Patrice Parisé, Directeur général de l'Institut géographique national (IGN). Sa mise en service a été saluée au Festival international de Saint-Dié-des-Vosges où il a été largement présenté.

Désormais, les internautes intéressés peuvent accéder à Edugéo, un site conçu par le ministère et l'IGN maître d'œuvre du projet sachant que la contribution de l'école nationale des sciences géographiques (ENSG) a été particulièrement déterminante dans sa réalisation. Il convient d'être équipé d'un explorateur Internet classique (navigateurs Mozilla Firefox – 2.0 et supérieur – Internet explorer 6 et 7 avec une plate-forme Windows – 2000 ou XP) et suppose une connexion haut débit.

En prolongement du Portail IGN, Edugéo est un service géographique en ligne à vocation pédagogique destiné aux enseignants et aux élèves des établissements d'enseignement rattachés au ministère qui vise deux objectifs :

- développer la pratique de la géomatique dans l'étude de la géographie de la France au travers des cartes topographiques, des photos aériennes et des images satellite,
- mettre au service des enseignants la multitude des ressources de l'IGN.

A une époque où le numérique bouleverse l'accès aux cartes, Edugéo offre principalement aux collégiens, aux lycéens et à leurs professeurs la disponibilité des données numériques géoréférencées sur une part significative de la documentation de l'IGN. Outre la consultation du Géoportail, Edugéo permet sur des zones d'intérêt pédagogiques (onze à ce jour, trente à court terme représentatives de 45 000 km²) l'accès à des données géographiques à toutes échelles, actuelles et passées contenant la collection des cartes et photos aériennes anciennes, l'accès aux images Spot en infrarouge couleur et la 3D jusque et y compris celle des photographies anciennes.

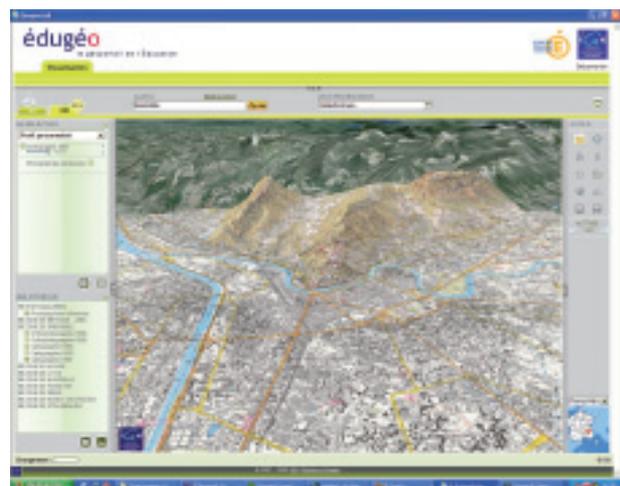
Sur ces zones les utilisateurs ont la possibilité de télécharger les données et de les superposer par exemple pour mettre en évidence l'évolution de l'occupation de sols sur une période allant des années 1950 à nos jours. De même Edugéo offre aux enseignants un lieu d'échange et de discussion autour de projets pédagogiques qu'ils peuvent partager. De nombreuses fonctionnalités facilitent l'exploitation optimum des fonds disponibles au travers d'outils permettant l'élaboration de croquis et l'initiation à l'utilisation d'un système d'information géographique (SIG). L'espace de travail est accessible à tout moment dans les établissements scolaires (en classe, en salle multimédia) et aussi au domicile pour les enseignants bénéficiant d'un espace numérique de travail (ENT).

Bien sûr, les croquis et tous les dossiers constitués peuvent être conservés puis retravaillés en distinguant deux niveaux de création et d'accès, celui des enseignants et celui des élèves. La popularisation de ce moyen d'enseignement accélèrera sans doute l'abandon du tableau noir au profit de l'écran vidéo...

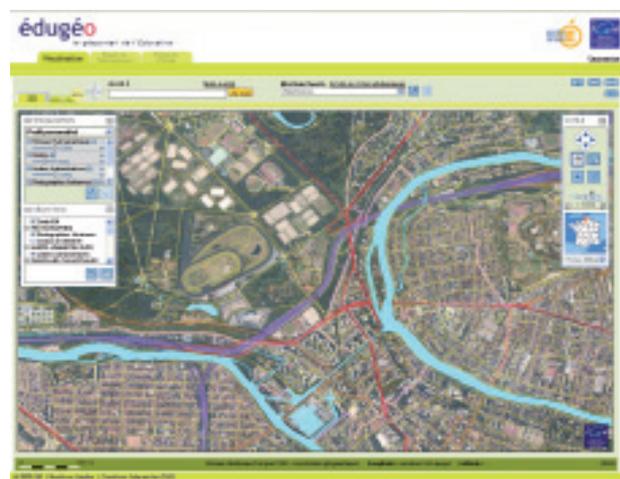
L'utilisation du service Edugéo est payant pour faire face aux frais de fonctionnement supportés par l'IGN. Partant, il nécessite la prise d'un abonnement individuel, établissement par établissement soit collectif dès lors qu'un rectorat ou une collectivité territoriale décide d'y souscrire pour l'ensemble des établissements de son ressort. L'abonnement est gratuit en 2008 et s'élèvera ensuite à environ 0,50 €/élève/an.

Comme tous les moyens informatiques, Edugéo ne manquera pas d'évoluer. On peut déjà noter que les zones d'intérêt pédagogiques seront étendues au moins à une par académie et qu'à la rentrée 2009 un outil SIG avec requêtes sur les attributs sera mis en place. ●

► Pour tout renseignement : www.edugeo.fr



Grenoble en 3D.



Ortho Joinville-le-Pont.

La licence professionnelle aménagement et géomatique, sésame des techniciens géomètres "experts"

■ Jean-Pierre MAILLARD

Le lycée Dorian à Paris enseigne aux futurs géomètres depuis des décennies. La totalité des formations dispensées dans l'établissement constitue, faut-il le souligner, une des plus importantes de l'hexagone puisqu'elle concerne annuellement près de deux cents élèves.

Plusieurs parcours sont proposés par "Dorian", le lycée et le centre de formation des apprentis (CFA) qui visent à l'obtention des diplômes suivants :

- 1 - **Le Brevet d'études professionnel (BEP)** "Techniques du géomètre et de la topographie". Même si on s'achemine vers la suppression prochaine du BEP pour lui substituer un BAC professionnel "Technicien topographe" sur trois ans, la formation actuelle ouverte aux élèves de troisième des collèges est assurée en deux ans par le Centre de formation des apprentis (CFA). Le BEP permet l'entrée dans la vie active ou l'accès au Baccalauréat professionnel de technicien topographe (cf. point 2),
- 2 - **Le Baccalauréat professionnel** "Technicien géomètre topographe" (BP). Il s'adresse aux bons élèves de troisième des collèges, à ceux de seconde générale et technologique comme aux très bons élèves de BEP (cf. point 1), la durée de l'enseignement étant fixée à trois ans pour les premiers et à deux ans pour les seconds, forts de leur BEP. L'enseignement théorique est complété par une formation en milieu professionnel, une période de seize semaines réparties sur les deux dernières

années pour les élèves du lycée et, pour les apprentis du CFA, une alternance de quinze jours en classe et de quinze jours en entreprise.

- 3 - **Le Brevet de technicien supérieur** "Géomètre-topographe" (BTS). La formation, sur deux années, est ouverte aux bacheliers de disciplines scientifiques (S, STI génie civil) et aux meilleurs des BP. Un stage de six semaines en fin de première année est intégré pour les bacheliers et l'alternance est maintenue pour les apprentis. Le BTS ouvre la porte à l'emploi ou à la poursuite des études en école d'ingénieur, à l'université et désormais en restant au lycée Dorian (cf. point 4)
- 4 - Depuis la rentrée scolaire 2008, à marquer d'une pierre blanche, le lycée a élargi son offre en ajoutant la

licence professionnelle "aménagement et géomatique" (LPAG) aux diplômés préparés.

La LPAG

Le 29 septembre 2008, en présence de nombreux partenaires, au premier rang desquels les institutions des géomètres-experts et les professionnels engagés dans la réalisation, l'université de Paris IV La Sorbonne le lycée Dorian, conjointement porteurs du projet et de sa mise en œuvre ont tenu à présenter officiellement la LPAG. Cette licence constitue le premier diplôme de niveau 2 de la filière géomètre pour la préparation duquel une classe vient d'être ouverte à Paris IV et à Dorian, une novation pour l'année scolaire 2008/2009.



Les partenaires professionnels de la LPAG.

De gauche à droite : A. Pape (président UNGE), P. Di Renzo (Directeur commercial Teria), C. Le Gac (P-DG Geomedia), M.P. Lagoutte (Président Conseil régional OGE d'Ile-de-France), J.-P. Picon (P-DG Leica Geosystems), R. Legros (P-DG Orpheon), P. Bézard-Falgas (OGE, président de la commission information géographique).



La forme de la coopération entre les deux établissements d'enseignement et l'élaboration du programme procèdent de la volonté du ministère de l'éducation nationale qui incite au rapprochement entre l'université et les lycées. Responsable de la formation, Guy Chemla, directeur de l'UFR géographie et aménagement, s'est félicité de la collaboration entre les partenaires. Il a été heureux de montrer l'adaptation de l'université à la formation des métiers en reconnaissant que la culture générale enseignée par l'honorable institution n'est pas toujours suffisante aux étudiants pour trouver aisément une place dans la vie active. C'est déjà le cas à Paris IV avec l'existence d'une licence et d'un master "aménagement" qui répondent essentiellement aux besoins des collectivités territoriales. Pour sa part, Jean-François Delarue, en charge du département géomètres au lycée et pilote de l'opération LPAG a souligné que cette dernière est en phase avec l'évolution et la pratique de la profession. Elle exprime la volonté du lycée Dorian de rapprocher fortement formation et secteur professionnel.

Le contenu de la formation a été élaboré en concevant l'aménagement et la géomatique comme domaines de compétences indissociables du géomètre de demain. Depuis de nombreuses années des partenariats exemplaires ont été développés entre le lycée Dorian et le secteur professionnel, notamment en matière de positionnement par satellites : conventions avec Leica geosystems et l'IGN signifiant contribution au RGP (réseau POPCORN de 3 stations permanentes : PANA, BRET, VSFR) et développement d'un premier réseau temps réel en Ile-de-France.

La communauté enseignante s'est assurée le concours de soutiens officiels. L'Ordre des géomètres-experts (OGE), l'Union nationale des géomètre-experts (UNGE) et l'association des maires d'Ile-de-France (AMIF) ont permis l'habilitation de la licence professionnelle. Pratiquement, ils participent à l'enseignement au travers de leurs membres, proposent des stages et des projets tuteurés et sont engagés dans une action de communication sur la LPAG.

Le partenariat concerne aussi des acteurs professionnels, Leica geosystems, Geomedia (logiciel Covadis : topographie et projets VRD), Jsinfo (logiciels Topstation, Pic, Coprodiv), Pitney Bowes Mapinfo, Exagone (Teria) et Geodata diffusion (Orpheon). Ils participent également à l'enseignement et à la communication, assurent un soutien logistique au travers du matériel, des logiciels et de la mise à disposition gracieuse de licences. La dimension professionnelle du projet se traduit dans la répartition des 475 h de cours (1/2 aménagement, 1/2 géomatique) qui sont dispensées par l'université (25 %), le lycée (31 %) et les partenaires (44 %). Parmi les professionnels enseignants, on peut compter une dizaine de géomètres-experts, un élu local, des ingénieurs en informatique ou chefs de produits, un inspecteur du cadastre. L'enseignement théorique est complété par un projet tuteuré de 150 h et un stage de douze semaines. La licence est délivrée par un jury comprenant des enseignants et des professionnels, ces derniers dans une proportion supérieure à 25 % sans excéder 50 % dès lors que la moyenne est obtenue par l'étudiant tant sur le contrôle de l'enseignement théorique que sur les projet et stage.

Il reste à souhaiter bon courage aux professeurs de l'université comme du lycée, aux quinze intervenants de l'équipe pédagogique professionnelle et surtout aux douze étudiants qui inaugurent la première classe de LPAG. Ils ont pour vocation d'accéder au niveau des compétences d'assistant ingénieur en étant capables de structurer et instruire des dossiers, rédiger des notes de synthèse, développer au sein d'entreprises des secteurs d'activité en plein essor : aménagement de la propriété, urbanisme opérationnel, mais aussi géoréférencement, positionnement GNSS, scanner laser 3D, systèmes d'information géographique, cadastre numérique... En attendant la première promotion, il faudra en revanche un peu de patience aux employeurs demandeurs de techniciens "experts" aux compétences en géomatique et aménagement réunies. ●

► **Pour tout renseignement :**
www.paris-sorbonne.fr
www.lycee.dorian.org

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

Le congrès de l'OGÉ de Strasbourg

■ Jean-Pierre MAILLARD

Le congrès de l'Ordre des géomètres-experts est toujours un grand moment pour la profession. Tous les deux ans il rend visibles les évolutions dans tous les domaines, technique, juridique et aussi politique. Celui tenu en septembre 2008 à Strasbourg s'est organisé autour du thème : le rôle du géomètre dans l'économie et la société européenne. Ce faisant, la manifestation honore la capitale de l'Europe et permet aux participants de connaître et assimiler toute les conséquences des nouvelles et diverses directives européennes, notamment celle relative aux services incluant l'activité des géomètres.

Dans ces directives, on se place désormais de plus en plus sous l'angle du consommateur, du client et de l'utilisateur. Sur ce point, les géomètres ont été satisfaits de constater que leur profession n'a pas de problème avec eux sachant pourtant bien que la technique et l'art du géomètre s'entendent à double sens, technicien de la mesure certes, mais aussi praticien du droit de la chose mesurée ce qui pourrait multiplier par deux son exposition aux critiques.

Le thème a induit l'élargissement du congrès aux premières assises des géomètres européens et impliqué la participation significative du Comité de liaison des géomètres européens (CLGE), de Geometer Europas (GE), de la Fédération des géomètres francophones (FGF) et de la Fédération internationale des géomètres (FIG) (cf. Lexique). Il s'est clos par la signature de la "déclaration de Strasbourg" qui est venue couronner les premières assises.

Sur ce point, l'élan est donné et l'engagement pris pour la tenue des prochaines assises dans deux ans, en Roumanie. La déclaration est composée de trois recommandations :

1) *Les géomètres de l'Union Européenne recommandent de promouvoir dans leur pays respectif une formation initiale de niveau Master et de mettre en place des formations continues permettant de maîtriser parfaitement les nouvelles technologies, de concevoir les modes opératoires correspondant à celles-ci et adaptées aux différentes missions de leur compétence.*

Ils recommandent de conserver, pérenniser et diffuser leurs données numériques dans une logique de gestion durable du foncier.

2) *Les géomètres de l'Union Européenne recommandent qu'au*

niveau national dans leur pays respectif et au niveau européen, soient édictés des codes de conduite pour les activités juridiques relevant de leurs domaines de compétence.

Ces codes de conduite auront en commun les valeurs d'honnêteté, d'intégrité, de responsabilité, d'impartialité, d'indépendance, de confidentialité, tendant à garantir le même service de qualité sur l'ensemble du territoire de l'Union.

Ils recommandent également la mise en place des qualifications spécifiques permettant de répondre de façon homogène et transparente à une qualité de service tendant à satisfaire les besoins exprimés ou implicites du consommateur.

Ils recommandent la promotion dans leur pays respectif d'une formation initiale et continue de niveau master dans le domaine juridique de leur compétence et un système d'assurance professionnelle.

Ils acceptent le principe d'un contrôle du respect de ces engagements par une autorité de tutelle nationale et Européenne.

3) *Les géomètres européens déclarent souhaiter le renforcement des organisations professionnelles tant au niveau national qu'europpéen.*

Les géomètres de l'Union Européenne déclarent vouloir travailler ensemble

et avec les autorités compétentes nationales et européennes, pour rendre le droit immobilier plus homogène sur le territoire et plus compréhensible au consommateur.

Au cours de la session de clôture, les étudiants de la deuxième année de la classe préparatoire intégrée de l'ESGT (licence E2i) ont présenté un diaporama "l'Europe à pied sec". S'appuyant sur la logique du système topographique qui reproduit le système hydrographique (bassins versants), ils ont montré (carte à l'appui) qu'on pouvait partir de n'importe quel point de l'Europe continentale pour atteindre Strasbourg, Marseille, ou tout autre site, sans avoir à traverser de fleuve, de rivière ou le moindre ruisseau.

Les interventions du rapporteur général, François Mazuyer, ont été saluées par les auditeurs. Celle constituant le rapport des conclusions du congrès à la séance de clôture, pleine de références historiques et littéraires a suscité une *standing ovation* méritée.

Les remerciements du président de l'OGÉ, Pierre Bibollet, à son égard s'en sont trouvés d'autant justifiés. Dans son discours, il a confirmé l'ouverture de l'Ordre vers l'Europe et l'international et souligné son attachement à l'exercice libéral de la profession. Il a appelé de ses vœux la fusion entre le CLGE et Geometer Europas et avancé une organisation en trois collèges (professions libérales, fonctionnaires et universitaires). Il s'est félicité de la signature récente de la charte mobilisant la profession en faveur du développement et de l'aménagement durables avec le secrétariat d'Etat à l'aménagement du territoire. Ce document de cadrage stratégique type "Agenda 21" donne le coup d'envoi à la préparation du prochain congrès qui sera justement consacré au développement durable.

Rendez-vous est donné à Marseille en 2010 pour le 40^e congrès.

LEXIQUE

Fédération internationale des géomètres (FIG) : esquissée de façon informelle à l'occasion de deux congrès internationaux, l'idée de la création de la FIG a été ébauchée à Paris en 1878, lors de l'Exposition universelle, mûrie en 1910 lors du congrès de Bruxelles pour formellement se constituer à Paris en 1926.

Comité de liaison des géomètres européens (CLGE) : créé en 1971 par les Etats alors membres de la Communauté économique européenne (CEE) en marge du congrès de la FIG à Wiesbaden, le CLGE prend en charge les problèmes liés à l'application du traité de Rome à la profession de géomètre et assure le lien avec la Commission européenne.

Geometer Europas (GE) : constitué en 1995 par les géomètres-experts libéraux d'Allemagne, d'Autriche, de France et de Suisse, auxquels se sont joints depuis des professionnels de Belgique, du Danemark et du Luxembourg, GE promeut le modèle de délégation de service public existants dans leurs pays et se révèle un utile aiguillon de la CLGE.

Fédération des géomètres francophones (FGF) : créée en 2005 à Rabat dans une certaine opposition à la FIG qui a retenu l'anglais comme unique langue officielle et dont les présidences anglophones ont ouvert la fédération aux professions de l'immobilier déplaçant ainsi les centres d'intérêt de la profession, la FGF regroupe des associations de géomètres de vingt-cinq pays désireux de privilé-

gier le français dans leurs échanges techniques et leurs actions de formation.

Agenda 21 : Le sommet de la Terre de Rio en 1992 a adopté une série d'engagements en faveur du développement durable organisé autour de vingt-et-un engagements pour le XXI^e siècle. Les entreprises privées ou publiques peuvent chacune adopter un Agenda 21, transposition en interne des recommandations internationales.

Ces données sont issues pour l'essentiel du fascicule "Géomètres d'Europe" distribué aux congressistes et doivent beaucoup au rédacteur, Pierre Clergeot. Ce document remarquable retrace avec précision l'évolution des relations professionnelles internationales depuis le congrès fondateur de 1878. ●

Journées de la topographie 2008

Pour leur 6^e édition, les Journées de la Topographie de l'INSA de Strasbourg se sont tenues en parallèle au 39^e Congrès National de l'Ordre des Géomètres-Experts (OGE). Elles ont eu lieu du 16 au 19 septembre 2008 au Palais de la Musique et des Congrès de Strasbourg, grâce à l'aimable invitation de l'OGE. D'habitude, cette manifestation se déroule dans les locaux de l'INSA de Strasbourg, et se veut être une rencontre annuelle privilégiée entre professionnels et étudiants aux alentours de la rentrée scolaire. Ces journées sont l'occasion d'intégrer les étudiants en première année de formation ingénieur, de soutenir les projets de fin d'études et de favoriser les contacts entre exposants, géomètres-experts et étudiants par le biais de débats et d'expositions de matériels et solutions logicielles. Comme le Congrès de l'OGE accueillait des exposants en grand nombre, les Journées de la Topographie se sont exceptionnellement résumées cette année à la tenue des soutenances de projets de fin d'études.

Ainsi, pendant deux demi-journées, les étudiants en dernière année de formation d'ingénieur topographe ont soutenu leur projet de fin d'études devant un jury d'enseignants et de professionnels dans deux salles du Palais des Congrès. Deux sessions en parallèle ont permis au visiteur de faire son choix parmi les thèmes variés abordés dans les projets, à savoir

le GPS, la métrologie, la photogrammétrie, l'aménagement, les SIG, le cadastre, la lasergrammétrie, la télédétection, la géodésie, l'auscultation d'ouvrages d'arts, etc. Pendant ce temps, les étudiants de quatrième année ont participé activement au bon déroulement de la manifestation, en s'investissant dans la création de la carte électronique d'environ 500 géomètres-experts, en se chargeant de l'accueil des participants aux Journées de la Topographie et en veillant au bon déroulement des soutenances.

Le vendredi 19 septembre, lors de la cérémonie de clôture du congrès, les 32 étudiants ayant validé tous leurs modules y compris leur PFE se sont vu remettre leur diplôme d'ingénieur des mains de Mme Marie-Christine Creton, Directrice de l'INSA de Strasbourg. Cette remise s'est faite en présence de M. Alain Gaudet, président de Geometer Europas et par ailleurs parrain de la promotion concernée, M. Michel-Patrick Lagoutte, responsable de la commission enseignement/formation de l'Ordre des Géomètres-Experts et bien entendu M. Pierre Bibollet, Président du Conseil Supérieur de l'Ordre des Géomètres-Experts. Ce dernier a su accueillir solennellement ces 32 jeunes diplômés dans le grand cercle des ingénieurs et peut-être futurs géomètres-experts, sous le regard du corps enseignant, des géomètres-experts, mais aussi des parents et amis venus parfois des quatre coins



de la France pour assister à ce moment émouvant.

Enfin, l'après-midi du même jour a eu lieu, au cœur du laboratoire de topographie de l'INSA de Strasbourg, une remise un peu moins officielle, durant laquelle M. Jacques Prenveille, Président national des Arts et Industries, a souligné l'importance de faire partie de ce grand réseau de connaissances. Suite à cette invitation, M. Vincent Picard, avec ses multiples casquettes de géomètre-expert, responsable de la communication, secrétaire du Conseil Supérieur de l'OGE et de surcroît diplômé de l'ENSAIS a commencé par tomber la cravate ! Puis il a su dépeindre avec enthousiasme les multiples facettes du métier de géomètre-expert et l'enrichissement personnel que ce métier procure en se référant à son propre parcours. Les étudiants ont ainsi partagé un moment convivial et chaleureux avant de prendre un nouveau départ, diplôme en poche ! ●

Tania LANDES



Festival international de géographie de Saint-Dié-des-Vosges 2008



■ **Jean-Pierre MAILLARD**

Le n° 116 d'XYZ a largement annoncé la manifestation lorraine et son programme sans qu'il soit utile de rappeler son contenu. La présence de l'AFT au Salon de la géomatique a changé le regard de ses représentants Monique Chenot et l'auteur de ces lignes qui sont passés cette année de leur condition de spectateur à celle d'acteur. C'est donc satisfaite d'être finalement à sa place que l'AFT, en binôme avec l'AFIGÉO, a participé au salon partie prenante du festival.

Yves Lacoste, dont la conférence n'a pas pu accueillir tous les auditeurs, constate depuis longtemps que "la géographie, ça sert d'abord à faire la guerre". Cette affirmation est bien confirmée par les métiers de la topographie car il n'est pas loin le temps où en France les cartographes dépendaient directement du ministère alors des armées. Le rattachement des services cartographiques au ministère de la défense de tel ou tel autre pays est encore quelquefois en vigueur aujourd'hui. C'est dire que le thème du 19^e festival "Entre guerres et conflits la planète sous tension" valide d'autant la participation active de l'AFT.

En revanche, la réalité du lien entre géographie et conflits a motivé des professions de foi pour l'avenir. Ainsi Christian Pierret, président fondateur du festival, plaide pour que la géographie serve la paix. Pour sa part, Jérôme Clément, président d'Arte France, veut croire que la culture peut également aider à la paix, au dialogue et à la compréhension entre les peuples.

Mieux qu'un compte rendu, XYZ ouvre ses colonnes à Pierre Jaillard et Yves

Guillam qui, respectivement dans le domaine de la toponymie (cf. Page 39) et des frontières maritimes (cf. Page 21), ont présenté leurs sujets à des auditeurs attentifs sans savoir qu'ils le feraient aujourd'hui à des lecteurs avertis. La mise en service du site Edugéo réalisé par l'IGN en partenariat avec le ministère de l'éducation nationale a été annoncée et explicitée à Saint-Dié. La rubrique "Vie des écoles" du présent numéro consacre une information à ce sujet et développe ce qu'il faut savoir sur le prolongement pédagogique du Géoportail.

La toponymie, les frontières maritimes et Edugéo ne sont pas les seuls à avoir attiré l'attention. Ainsi, en gare de Saint-Dié, dans le hall, les voyageurs du TGV ont cette fois foulé la carte géante des vingt-sept membres de l'Union européenne réalisée par l'IGN. De même, pour enrichir la mémoire du FIG dans l'espace public urbain commencé en 2006 par l'aménagement de la cascade et du jardin des Amériques, puis en 2007 celui des Carpates, les services de la ville ont créé le jardin d'agrément du Japon, le pays invité en 2008. Il évoque l'environnement d'une maison de thé et on y accède par un portique monumental de bois laqué en rouge, le Torii, celui-ci invitant au respect du lieu et symbolisant la séparation des mondes réel et spirituel.

Cette réalisation concourt pour une part à la célébration du 150^e anniversaire de l'établissement de relations diplomatiques entre la France et l'Empire du Soleil levant. La présence du Japon a immergé les festivaliers dans la culture nippone. Par exemple, ils se pressaient nombreux pour découvrir la cérémonie du thé infusé qui vise à célébrer l'harmonie, le respect, la pureté et la tranquillité d'esprit. Ils étaient tout autant à faire connaissance avec l'art floral japo-



Monique Chenot sur le stand AFT.

© J.-P. Maillard

nais, l'Ikebana, tout en simplicité et en apaisement étant observé que les démonstrations étaient prises en charge par l'école Saga Goryu d'Arlon, la ville belge jumelée à Saint-Dié-des-Vosges. Le Monde est petit.

Enfin, outre les stands, le Salon de la géomatique a accueilli des démonstrations de l'AFIGÉO sur le bon usage de l'information géographique, dans lesquelles s'est inscrite la 1^{re} édition du concours de géovisualisation et de cartographies dynamiques. Organisé en partenariat par SIG La Lettre, ESRI France et justement l'AFIGÉO le concours a suscité nombre de propositions que l'on retrouve à l'adresse Internet ci-dessous.

Le 19^e FIG a fermé ses portes et déjà il faut penser au suivant. Sans doute inspirés par la réflexion de Sir Arthur C. Clarke "How inappropriate to call this planet Earth when it is quite clearly Ocean" et en pensant à sa récente disparition, les organisateurs pensent retenir pour le prochain festival le sujet "La géographie de la mer". Vive le 20^e FIG. ●

► **Pour tout renseignement :**
www.fig-saintdie.com
<http://imaville.u-strasbg.fr/IA/ConcoursGeovisu2008.html>

L'AFIGÉO s'intéresse au marché géomatique canadien

■ Jean-Baptiste HENRY

Le club export de l'Association française pour l'information géographique (AFIGÉO) a organisé le 25 septembre 2008 un séminaire sur le marché géomatique du Canada. Animée par Luc Vaillancourt, président de Baliz Service-Conseil Inc., la réunion a permis d'expliciter les grands éléments structurants du marché en traitant d'abord le terme central, devenu standard depuis plusieurs mois : le géospatial, savante combinaison de géomatique, d'Internet, de mobilité et d'informatique décisionnelle (BI, Business intelligence).

Un panorama très complet de l'offre en termes de logiciels comme de données a permis de mettre en évidence des différences notables avec la France. L'aspect des données et de leur libre accès a beaucoup retenu l'attention : les données fédérales de base au 1/50 000 sont libres, alors qu'au niveau provincial au 1/20 000 elles ne le sont pas (au Québec en tout cas). Le gouvernement fédéral déploie d'importants moyens pour la mise en place d'une infrastructure de données géographiques selon les standards de l'Open geospatial consortium (OGC). L'exemple du service TelDig porteur de l'information attachée aux réseaux enterrés a lui aussi concentré l'attention, notamment par le modèle de service développé : des données mises à jour par les entreprises gestionnaires à partir des plans de recensement pour fournir un service préventif payant aux particuliers.

Les opportunités du marché québécois sont nombreuses dans le secteur public comme dans le secteur privé, tout en prenant en compte les caractéristiques géographiques d'un vaste pays. Si Montréal est la capitale de la finance et de l'assurance, Ottawa la capitale fédérale est plus tournée vers les télécoms, hardware et le software. Québec quant à elle présente un environnement propice au développement d'un réseau d'excellence (équivalent des pôles de compétence) en géospatial avec la présence du centre de R&D de l'armée canadienne, l'Université Laval, le réseau GEOID et de nombreuses sociétés innovantes du secteur.

L'analyse du marché effectuée par Luc Vaillancourt conclut sur les principales tendances orientées d'abord vers l'informatique décisionnelle avec notamment le géomarketing, puis vers les services basés sur la localisation (LBS, Location Base Services), le GeoWeb et enfin la géomatique, au sens des SIG et des infrastructures. Les solutions libres (Open source) sont en pleine montée en puissance mais ne laissent évidemment pas en reste les "poids lourds" comme Google ou Microsoft.



Le Ministère des ressources naturelles du Canada est probablement le plus gros utilisateur de technologies géospatiales, mais les ministères à caractère socio-économique (éducation, santé...) sont également utilisateurs. Enfin, les municipalités se trouvent être aussi largement équipées.

Ce moment très dense d'informations et d'échanges d'expérience a permis à chacun de mieux cerner les possibilités des entreprises françaises qui font face au choix de l'export vers le Québec. ●

Rencontre géomatique franco-québécoise

En partenariat avec la Mission Economique de Montréal, l'AFIGÉO et son Club Export ont organisé le déplacement d'une délégation d'entreprises françaises au Québec du 20 au 23 octobre 2008.

Cette mission était articulée autour de trois événements phares. Une journée de rencontres à l'Université Laval à Québec où les participants ont pu échanger lors de tables rondes sur les thèmes suivants "les enjeux de la formation en géomatique", "information géographique et collectivités locales", et "information géographique : des logiciels aux données open source". Lors de la deuxième journée, l'AFIGÉO était l'invité d'honneur du colloque de l'Association de Géomatique Municipale du Québec (AGMQ). Lors de cette journée très dense, des conférences thématiques avaient lieu en parallèle avec des rencontres d'affaires. Mais, cette journée a été également l'occasion de signer une entente entre l'AFIGÉO et l'AGMQ visant à développer le marché de la géomatique, à soutenir la formation et la recherche en géomatique et à promouvoir l'usage des technologies de l'information géographique entre les deux pays. Enfin, la dernière journée a donné à la délégation française l'occasion de visiter les services SIG de la ville de Montréal et à Dominique Caillaud - Président d'AFIGÉO et Député de Vendée de signer le livre d'or de la Municipalité de Montréal.



Dominique Caillaud au centre de la délégation.

© H. Halbour (H.C.)

Intergeo[®], salon international de la géodésie, de la géomatique et de la gestion du territoire

■ Olivier REIS

Lors de la précédente édition d'Intergeo[®] (en octobre 2007 à Leipzig), les visiteurs du salon eurent la surprise de voir déambuler dans les allées quatre personnages respectivement grimés en âne, en chien, en chat et en coq. Ils ne faisaient qu'assurer la promotion de l'édition 2008 de la manifestation au travers d'un clin d'œil sympathique à l'un des contes les plus célèbres des frères Grimm, "les Musiciens de Brême", emblème de cette ville qui a accueilli l'édition 2008 d'Intergeo[®] du 30 septembre au 2 octobre dans son Parc des Expositions, à quelques centaines de mètres à peine de la statue qui immortalise bien discrètement les quatre animaux héros de ce conte.



l'année dernière et 500 exposants en provenance de 29 pays (contre 484 issus de 28 pays en 2007). On pourrait y voir au mieux une stagnation et au pire un recul de la manifestation, mais n'oublions pas que les éditions des années passées s'inscrivaient dans un contexte économique favorable alors qu'actuellement, les perspectives en la matière ne cessent de se dégrader. Gageons donc que ce léger tassement ou fléchissement restera conjoncturel, le tout étant de savoir quand le rebond tant attendu se produira.

Une nouvelle fois, le poids du pays organisateur est resté écrasant parmi les exposants puisque 70% des stands étant occupés par des entreprises allemandes ou supposées telles : en effet, les sociétés multinationales sont toutes représentées par leur filiale allemande et bon nombre de sociétés de taille moyenne agissent désormais de même (c'est-à-dire en ouvrant des filiales dès que des perspectives s'esquissent sur un marché local) de sorte que la réalité est nettement plus nuancée. Quant aux 30% restants, officiellement estampillés "étrangers", ils ont réservé des surprises très similaires à celles de l'an passé à qui prenait la peine d'éplucher le catalogue. En effet, seuls quatre pays ont atteint la barre des dix stands répertoriés : les Pays-Bas (16), le Royaume-Uni et la Chine (13 chacun), les Etats-Unis (11), suivis de la Belgique (9), de la Suisse, de l'Autriche et du Canada (8) puis enfin de la Russie et de la France (6).

Les chiffres clés de 2008 semblent avoir été gagnés par la grisaille toute nordique dans laquelle ont baigné ces trois journées puisqu'ils dénotent une certaine stabilité si ce n'est un léger recul : 24000 m² de surface d'exposition cette année contre 25000 m² l'an passé à Leipzig (cf. XYZ n° 113), plus de 15000 visiteurs (pour 17000 attendus) contre 16500

Hormis la Belgique, tous étaient déjà présents dans le "palmarès" 2007. Trois observations s'imposent : la première est que la localisation géographique de la ville d'accueil joue un rôle important (si l'on en juge par le renforcement de la pré-





Intergeo® East : la croissance se poursuit



L'édition 2009 d'Intergeo® East, la sixième du genre, se tiendra du 27 au janvier 2009 à Istanbul. Conçue pour accompagner le développement des pays du sud-est de l'Europe et du Moyen-Orient dans les domaines de la géodésie, de la géomatique et de la gestion du territoire, Intergeo® East franchira un nouveau cap à Istanbul en faisant passer sa surface d'exposition de 2500m² à 4500 m² et en accueillant environ 150 exposants au lieu de 90 lors des éditions précédentes. 4 500 visiteurs sont attendus contre 3 000 l'an passé.

sence néerlandaise à Brême, la frontière n'étant qu'à une centaine de kilomètres) sans toutefois être déterminant puisqu'à l'exception de la Belgique, les pays cités l'étaient déjà l'an passé. La deuxième observation, de simple bon sens, est que le monde germanique (Suisse, Autriche mais aussi Pays-Bas et Belgique) est fortement représenté au même titre que les pays anglo-saxons (Royaume-Uni, Etats-Unis, Canada), mais au détriment des pays latins (France, Italie, Espagne). La troisième remarque enfin, est que le nombre de stands occupés par des entreprises chinoises continue de croître. Pas de manière spectaculaire, mais avec constance.

Si l'on s'intéresse à présent aux visiteurs et non plus aux exposants, l'amplification de l'ouverture à l'international qui

constituait l'objectif de l'édition 2006 à Munich, couplée avec le 23^e congrès international de la FIG (*cf. XYZ n°109*), s'est traduite par un nouvel accroissement de la part des étrangers par rapport à celle des visiteurs allemands. Selon M. Olaf Freier, directeur de Hinte GmbH, l'entreprise en charge de l'organisation du salon, cette proportion qui était encore de l'ordre de 13 à 14% en 2005 à Düsseldorf, a crû à 17% à Leipzig en 2007 pour atteindre 20% à Brême cette année. Là également, le bond n'est pas spectaculaire, mais la progression est régulière et d'autant plus intéressante que, toujours selon M. Freier, 80% environ des visiteurs sont des fidèles du salon et y reviennent année après année, alors que la part locale (celle des visiteurs issus de la ville d'accueil du salon ou de ses environs) oscille généralement dans une fourchette de 10 à 15%.

Compte tenu de ce qui précède et sachant que l'édition 2009 se déroulera du 22 au 24 septembre 2009 à Karlsruhe, soit à moins de 20 kilomètres de la frontière française, on ne peut qu'espérer une présence française plus affirmée à cette occasion (un peu sur le mode de celle des Néerlandais à Brême), tant au niveau des exposants que des visiteurs que draine cette manifestation. En effet, aux dires des organisateurs, Intergeo® est le plus grand salon au monde dans son secteur d'activité et constitue ce faisant une vitrine qui permet à qui veut bien s'en donner la peine de dresser un constat annuel de l'état des techniques en géodésie et en géomatique et d'en suivre l'évolution et les tendances. ●



© Hinte Messe

© Hinte Messe

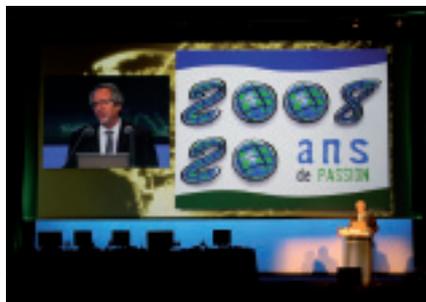
Conférence francophone ESRI 2008

■ Jean-Pierre MAILLARD

En 2008, ESRI fête ses vingt ans. La société garde intact son objectif de rendre plus performante et accessible la dimension géographique dans son utilisation au service du développement. La Conférence Francophone organisée chaque année par ESRI est aujourd'hui un événement connu et reconnu au-delà même des frontières de la géomatique. Selon les organisateurs, elle procède du dynamisme et de l'engagement des nombreux clients qui, dans ce cadre, acceptent volontiers de témoigner sur le réalisé des utilisateurs. La dernière édition baptisée "SIG 2008", s'est déroulée au Palais des congrès de Versailles les 1^{er} et 2 octobre.

La manifestation a proposé 130 communications et ateliers réunissant ainsi une diversité d'expériences et d'applications qui ont attiré plus de 1 600 participants. Pour sa part, l'exposition a regroupé près de 90 partenaires technologiques, ainsi que des représentants des médias – XYZ était présent – et d'organismes de recherche ou d'éducation. Pour marquer son anniversaire et le plaisir des participants, ESRI a offert une soirée mémorable dans les écuries du château de Versailles. Outre la visite des magnifiques bâtiments du XVII^e siècle et de ses occupants équins également remarquables, les congressistes ont admiré un spectacle équestre signé Bartabas, plein de grâce et de poésie, d'écuyères et d'écuyers admirables d'élégance.

Hubert Reeves, l'astronome bien connu, était requis pour être un grand témoin de la conférence en sa qualité de président de la ligue ROC. Cette



association milite pour la préservation de la faune sauvage et la défense des non-chasseurs. La Ligue ROC inscrit sa démarche dans le cadre global de la préservation de la biodiversité dont l'humanité, à l'évidence, fait partie et dépend. Elle donne à ses actions une dimension éthique au respect du vivant. Hubert Reeves a profité de la tribune donnée pour recadrer les préoccupations méthodologiques et techniques objet du SIG 2008, dans celle plus générale du devenir de la planète. Il est heureux qu'un point de vue extra-professionnel s'exprime pour rappeler que l'action humaine ne peut faire abstraction de son environnement. Hubert Reeves est soucieux de la relation évidente entre l'avancée des hommes et la



disparition d'espèces d'animaux. A ce sujet, le rythme naturel des extinctions est de l'ordre de 400 ans et, actuellement, il s'accélère à une par mois. L'observateur de l'infini constate avec gravité la découverte la plus dramatique du XX^e siècle. Il appelle l'homo sapiens à se reprendre, à travailler sur les notions d'équilibre écologique et d'échelle de prédation et de passer à l'action pour n'être pas à son tour victime d'une extinction.

La première matinée de la conférence a permis de faire un point sur les produits et technologies ESRI en particulier les innovations et apports de la nouvelle version 9.3 d'ArcGIS. Les nouveautés, les améliorations et les nouvelles possibilités du système (mashups, nouvelles API pour plus d'intégrations, interopérabilité, serveur d'imagerie...) ont été décrites puis développées plus en détail au cours d'ateliers techniques. Dans un souci d'interactivité, les organisateurs ont échangé avec les participants sur la vision d'ESRI du développement de l'information géographique et sur les apports que l'on peut en attendre.

Comme chaque année, l'AFT était présente sur le stand "Presse" satisfaite de présenter le dernier numéro d'XYZ et ses publications sous une bannière renouvelée.

Un CD-Rom rassemble les communications présentées dans le cadre de SIG 2008 ainsi que les informations sur les partenaires associés à la manifestation. ●

► Pour tout renseignement : www.esrifrance.fr

Hydrographie et cartographie marine au-delà des frontières

■ Yves GUILLAM

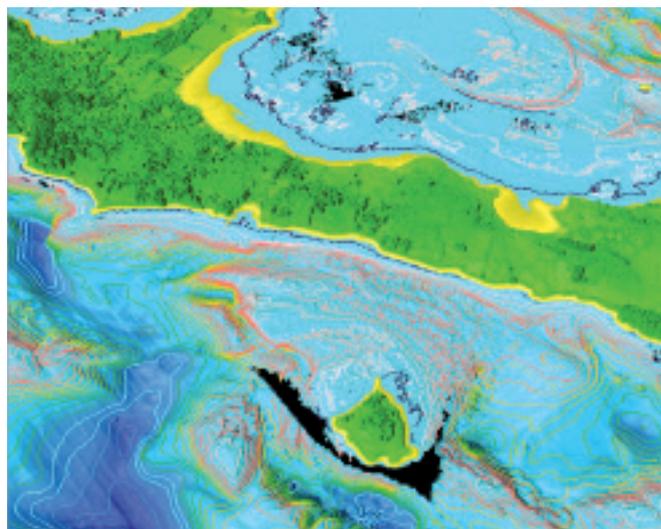
Le SHOM, le Service hydrographique et océanographique de la marine, est un établissement public naturellement très ouvert vers l'extérieur, sur le plan national bien entendu, mais aussi sur le plan international. Il représente la France, ou participe en tant qu'organisme expert, à différentes instances pour :

- répondre aux besoins opérationnels en matière de défense ;
- répondre aux obligations internationales de la France, en matière de sécurité de la navigation et de délimitations maritimes ;
- répondre aux demandes d'assistance technique et de coopération.

C'est en donnant quelques éclairages sur ces missions essentielles, "défense", "sécurité navique" et "coopération", sous l'angle des disciplines particulières de la géomatique que sont l'hydrographie et la cartographie marine, que cet article cherche à montrer combien les frontières tendent à s'estomper, que ce soit entre les différents pays, entre la terre et la mer, entre l'océan et l'atmosphère, ou entre les applications civiles d'une part, et militaires d'autre part.

MOTS-CLÉS

Hydrographie, cartographie, international, SHOM



Satisfaire les besoins opérationnels

Dès sa création en 1720, le service hydrographique français, premier service hydrographique du monde, a été conçu comme un instrument de l'exercice de la souveraineté de l'État en mer. Soucieux de développer leurs marines pour défendre leurs intérêts économiques et stratégiques, les États ont pris en effet conscience de la nécessité de disposer, librement, de documents nautiques de qualité pour assurer la sécurité navique des flottes militaires et de commerce, ainsi que de produits adaptés aux besoins spécifiques liés aux opérations navales. On a coutume de qualifier aujourd'hui ces produits spécifiques de "HOM" (pour Hydrographie, Océanographie, Météorologie) ce qui illustre, s'il en était besoin, que les trois disciplines sont intimement liées dès lors qu'on s'intéresse aux besoins de la défense. L'état-major des armées envisage d'ailleurs dès 2009 de consolider l'intégration des disciplines avec la mise en service d'un centre interarmées de soutien météo-océanographique et la création d'un nouveau bureau

GHOM (géographie-hydrographie-océanographie-météorologie), dont le rôle consistera entre autres à mettre en œuvre certains des principes développés dans le nouveau Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale. Pour ceux qui n'auraient pas encore eu l'opportunité de consulter ce Livre blanc, une nouvelle fonction stratégique est en effet mise en évidence, il s'agit de la fonction "connaissance et anticipation", qui repose en grande partie sur l'acquisition et la mise à disposition sous forme de cartographies, de données d'environnement géophysiques. Pour l'état-major des armées, l'un des principaux enjeux consiste en fait à développer une version nationale du concept d'origine otanienne REP qui porte sur la fusion d'informations géoréférencées sur l'environnement.

L'élaboration des produits HOM nécessite des opérations de levés hydrographiques et des campagnes océanographiques

▶ dans toutes les zones d'intérêt de la marine et bien souvent au-delà des eaux sous juridiction nationale, au-delà de nos propres frontières. Pour procéder à cette collecte d'information, le SHOM conduit aujourd'hui en toute transparence des levés dans toutes les mers du globe. Il n'est évidemment pas le seul à le faire. Il s'efforce donc aussi de coordonner ses actions avec d'autres pays et procède à des échanges de programmes d'activités et de données d'intérêt militaire, notamment avec les Etats-Unis et le Royaume-Uni (cadre LOI¹). Les procédures en vigueur dans le cadre de MoU (Memorandum of Understanding) ou de l'OTAN permettent d'obtenir des produits de qualité, qualifiés, et surtout interopérables, directement exploitables par les forces interalliées. Dans le domaine de la géomatique, il semble important de rappeler que la plupart des systèmes d'information et de commandement dans la défense s'appuient sur un socle de données géoréférencées, sur des cartographies de référence, répondant à des normes, à des standards. A titre d'exemple, c'est en application de ces principes d'interopérabilité et de mutualisation que l'OTAN a développé un système d'information géographique très ambitieux desservant tous les centres de commandement à terre de la structure militaire intégrée, avec différents niveaux de services, et permettant à plusieurs applications de s'abonner à une unique source d'informations géospatiales dont une base de données très complète (produits raster, vecteurs, terrestre et maritime).

Il y a donc déjà une dimension essentielle à considérer en matière de défense dès lors qu'il s'agit de géomatique, en particulier pour les données maritimes, celle de la coopération. Il est illusoire de croire aujourd'hui qu'un pays (sauf peut-être les Etats-Unis) puisse disposer de toutes les données géospatiales dont il a besoin, dont se nourrissent les systèmes d'information et les systèmes d'armes. Il faut donc coopérer. Et pour coopérer efficacement, il faut être en position suffisamment favorable pour échanger "à niveau équivalent" : zones d'intérêt, haute résolution ou densité, qualité, capacité de maintenance ou de mise à jour, etc. Les coopérations permettent donc d'étendre sensiblement la couverture géographique des produits disponibles et d'éviter les duplications en matière de collecte des données, surtout dans les zones sensibles, difficilement accessibles en temps de paix.

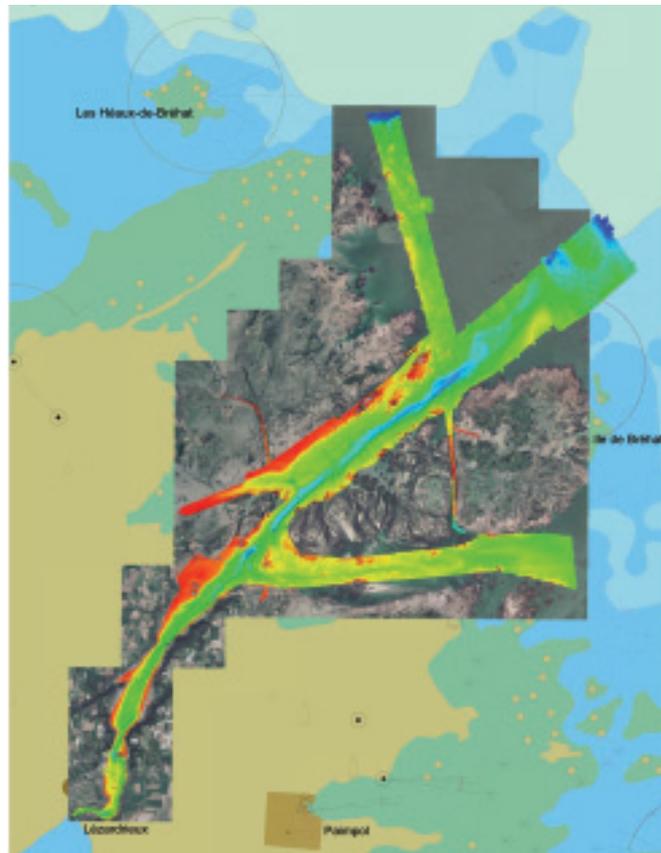
En amont des produits opérationnels, la coopération joue également un grand rôle dans le domaine de la recherche et des développements.

A titre d'exemple, le programme MOUTON d'études amont pour la Modélisation Océanique d'Un Théâtre d'Opérations Navales, est une illustration significative de cette coopération internationale.

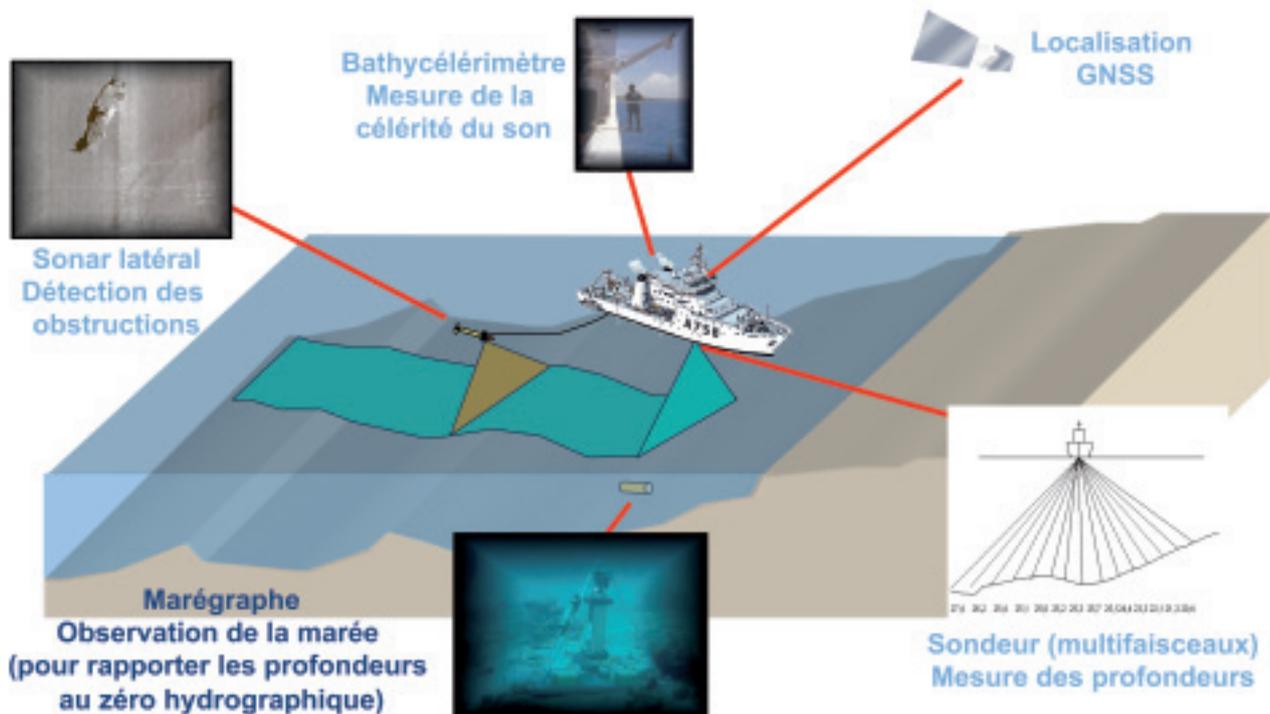
Ce programme vise à étendre au domaine côtier les possibilités de modélisation océanique opérationnelle. Il concerne ainsi la lutte anti-sous-marine par petits fonds, la guerre des mines, les opérations amphibies ou spéciales et l'action de l'Etat en mer. Plusieurs démonstrateurs seront, à terme, mis en place sur les zones Manche, Gascogne, Ouest Portugal et Cadix. Le SHOM est associé ici à de nombreux partenaires étrangers parmi lesquels *The Naval Research Laboratory* (Etats-Unis), *El* (1) LOI : Letter of Intent

Instituto Hydrografico du Portugal ainsi que des universités et laboratoires étrangers (*Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science* (RSMAS) et *Los Alamos National Laboratory* (LANL) aux Etats-Unis ; *Nansen Environmental and Remote Sensing Center* (NERSC) en Norvège).

En matière d'environnement, l'action du SHOM ne se limite pas non plus aux frontières nationales, dans la mesure où nous contribuons activement à la construction d'une politique maritime européenne intégrée, traduite dans ce qu'il est convenu d'appeler le Livre bleu. Plusieurs programmes sont conduits en ce sens dont le projet SATANEM, système d'alerte aux tsunamis en Atlantique Nord-Est et Méditerranée auquel sont associés de nombreux organismes nationaux (Météo-France, CEA, BRGM, SHOM) sous l'égide de la COI (Commission océanographique intergouvernementale) ou encore le programme GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), Kopernicus, contribution européenne au réseau mondial des systèmes d'observation de la Terre dont Mercator-océan, le groupement d'intérêt français d'océanographie opérationnelle, est appelé à devenir une composante majeure. Les programmes européens sont évidemment très structurants ; à vocation civile, ils s'appuient sur les mêmes bases de données, les mêmes technologies d'acquisition de données, les mêmes concepts que ceux à vocation militaire. Ils reposent également sur une orientation stratégique du Livre bleu, pleine de bon sens et de moralité, celle qui consacre le principe des "données au service d'activités multiples" [citation Livre bleu § 4.1 : "il convient de veiller à la mise en place de programmes européens destinés à l'établissement d'une cartographie exhaustive des eaux côtières européennes à des fins d'aménagement, de sécurité et de sûreté..."]



Organisation d'un levé bathymétrique



Dès la fin des années 1990, le SHOM, déjà très engagé dans le domaine de la lutte sous la mer qui fait appel à de nombreuses disciplines connexes à l'hydrographie (acoustique, sédimentologie, géophysique), a commencé à diversifier son offre de services au profit de la défense pour tenir compte de l'évolution des axes de défense : projection de force, maintien de la paix, évacuation de ressortissants... Les théâtres d'opérations de la marine se sont complexifiés, étendus géographiquement, et qui plus est, déplacés des eaux "bleues" vers les eaux "brunes". Les opérations en zone littorale dans les domaines de la lutte amphibie et la lutte au-dessus de la surface en particulier ont provoqué un rapprochement des disciplines environnementales. Il a fallu créer des cartes de commandement terre-mer, en "gommant" cette frontière naturelle constituée par le trait de côte ; il a fallu tenir compte des reliefs et des indices de réfraction de l'air pour améliorer les outils de prédiction de portée électromagnétique ; il a fallu transporter et améliorer les modèles océanographiques vers les zones côtières pour mieux appréhender les conditions de déferlement sur les plages ou les comportements des masses d'eau. C'est pour répondre à l'évolution des besoins, côté défense, mais surtout aux nouveaux enjeux liés au développement durable et à une meilleure gestion des zones côtières que le SHOM et l'IGN ont lancé un programme conjoint baptisé Litto3D®, destiné à l'établissement d'un référentiel géométrique précis du littoral. Ce référentiel disponible sous forme de modèles numériques de terrain, en semis de points ou griddés, devrait constituer un socle essentiel au développement de nombreuses applications et permettre aux agences et instituts chargés de la protection de l'environnement, souvent en application de directives européennes, de mener leurs missions dans les meilleures conditions.

Répondre aux obligations internationales de la France

Deux conventions essentielles fixent à la France des obligations très importantes en matière d'hydrographie. Il s'agit :

- de la *Convention sur les océans et le droit de la mer* (UNCLOS, du 10 déc. 1982), et de la *résolution de l'Assemblée générale des Nations unies A/53/32* : "[L'Assemblée] invite les Etats à coopérer pour procéder à des levés hydrographiques et fournir des services nautiques..." (extrait de l'article 21) ;
- de la *Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer*, dite convention SOLAS (*Safety of life at sea*), révisée en 2002, et en particulier sa règle 9 au Chapitre V relative aux services hydrographiques : "...les gouvernements contractants s'engagent notamment à coopérer pour assurer, dans la mesure du possible, les services de navigation et d'hydrographie..."

Ces obligations imposent en fait aux Etats côtiers de prendre les mesures nécessaires en matière :

- de diffusion de l'information nautique ;
- de levés hydrographiques ;
- de cartographie marine (y compris la tenue à jour).

Ce sont des contraintes et des responsabilités que seul l'Etat peut relever. En France, cette responsabilité nationale a été confiée au SHOM.

Possédant la deuxième zone économique exclusive au monde, la France est également le pays qui compte le plus grand nombre de voisins maritimes (une trentaine). Elle est en mesure de faire valoir sa souveraineté en matière de frontières maritimes grâce à sa maîtrise de l'ensemble des composantes de l'hydrographie (levés bathymétriques en mer

▶ grâce à une flotte hydro-océanographique très moderne, levés géophysiques, mesures géodésiques). Les délimitations maritimes sont traduites sur les cartes marines officielles, celles produites par, ou sous le contrôle, d'une autorité gouvernementale. Les cartes marines, papier ou électroniques, sont en fait le support de publicité principal de ces *frontières*. Le SHOM contribue également aux côtés de l'Ifremer, de l'Institut français du pétrole et de l'Institut Paul-Emile Victor, au programme national EXTRAPLAC coordonné par le Secrétariat général de la mer. Ce programme a pour objectif l'extension juridique du plateau continental de la France au-delà des 200 milles marins de la zone économique exclusive, conformément à l'article 76 de la convention des Nations unies sur le droit de la mer, signée en 1982 à Montégo Bay. Au-delà de sa mission de soutien à la défense, le SHOM assure donc le rôle de service hydrographique national.

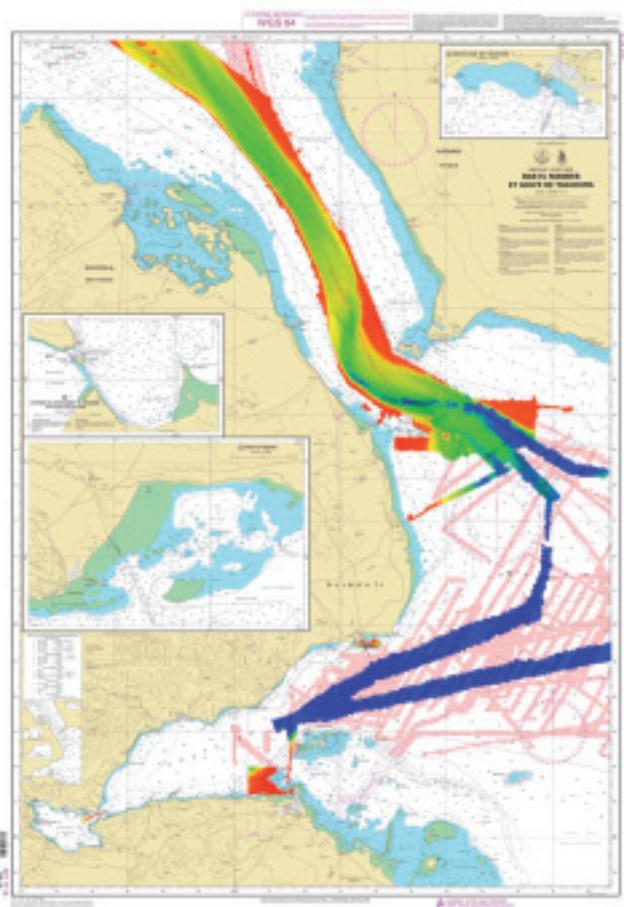
Au sein de l'Organisation hydrographique internationale (OHI), la France, représentée par le SHOM, joue effectivement un rôle important, tant sur le plan technique que pour le maintien de la francophonie. Cet investissement permet également à la défense de profiter du caractère dual de l'hydrographie : les autorisations de conduire des levés par des bâtiments "blancs" (navires hydro-océanographiques) dans les eaux sous juridiction étrangère s'obtiennent d'autant plus aisément que les travaux prévus sont justifiés par l'actualisation des connaissances et la mise à jour des levés aux normes modernes, pour améliorer la sécurité de la navigation... La France étant membre de huit commissions hydrographiques régionales (sur quinze), elle entretient de fait à travers le SHOM, des relations bilatérales avec tous les Etats côtiers, faisant valoir ses droits et responsabilités sur la production et la diffusion des cartes.

L'OHI est une organisation hydrographique intergouvernementale consultative et technique créée en 1921 pour promouvoir la sécurité de la navigation et la protection du milieu marin. L'objectif de l'OHI est d'assurer :

- la coordination des activités des services hydrographiques nationaux ;
- la plus grande uniformité possible des cartes et documents nautiques ;
- l'adoption de méthodes sûres et efficaces pour l'exécution et l'exploitation des levés hydrographiques ;
- le développement des sciences relatives à l'hydrographie et des techniques utilisées pour les levés océanographiques.

Les responsabilités de la France en matière d'hydrographie, de cartographie marine et d'océanographie ont donc une amplitude planétaire. Autorité cartographique de fait pour 23 Etats, par héritage historique et sous couvert de l'OHI, la France, par le biais du SHOM, est engagée depuis 2002 dans une série de négociations destinées à conclure des arrangements administratifs et techniques bilatéraux afin de formaliser les relations de coopération dans les domaines de l'hydrographie, de la cartographie et de l'océanographie.

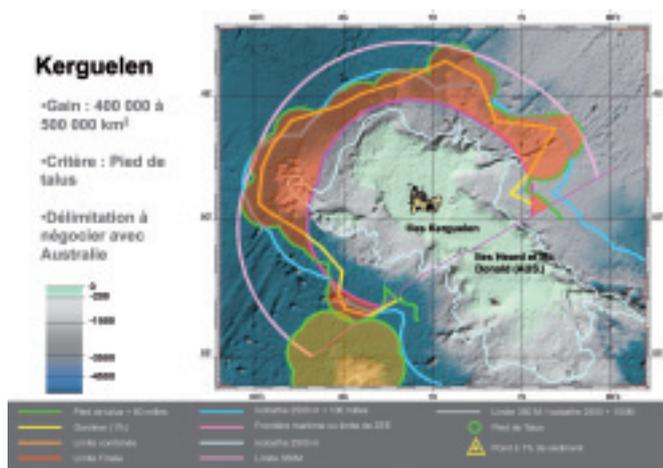
Dans le cadre de ces coopérations, un mécanisme de transfert progressif des responsabilités est instauré, en s'appuyant sur des actions de formation au sein de l'école du SHOM, et en formalisant les responsabilités hydrographiques et cartogra-



phiques par le biais d'arrangements administratifs entre Etats. Un arrangement a été signé à ce titre entre l'Etat français et la Principauté de Monaco en septembre 2005. En octobre 2006, c'est avec la République de Djibouti que la France signe un accord et en janvier 2008 avec le Maroc. Les cartes marines de ces pays sont donc officiellement publiées et entretenues par le service hydrographique français. Elles portent désormais le double sceau du SHOM et des services des ministères de ces pays, chargés de l'équipement et des transports, ou de la défense en charge des questions hydrographiques.

Des dispositions nouvelles, adoptées par les organisations internationales concernées, ont conduit le SHOM à formaliser ces pratiques au moyen de deux catégories d'arrangements bilatéraux :

- **Les arrangements administratifs de type SOLAS** sont négociés par le SHOM au nom du ministre de la défense avec un certain nombre de pays, notamment du Maghreb et de l'Afrique francophone. Ils consistent en une définition formelle et officielle de la délégation de compétence accordée à un pays tiers en matière d'hydrographie et de cartographie.
- **Les résolutions techniques concernant l'échange et la reproduction des produits nautiques.** Ces arrangements fixent les dispositions techniques et financières en matière d'échange et de reproduction de cartes et documents nautiques. Un premier arrangement de ce type fut conclu et signé le 15 juin 1998 entre le SHOM et le Département de la Navigation, de l'Hydrographie et de l'Océanographie de la Marine turque ; un second arrangement technique, signé le 15 juin 2001, lie



le SHOM à l'UKHO (service hydrographique britannique). Des arrangements sont en cours de préparation avec l'Allemagne, la Belgique, le Brésil, la Croatie, la Grèce, la Nouvelle-Zélande et le Venezuela. Un arrangement bilatéral administratif a été conclu à Brest le 15 juin 2006 entre la France et l'Espagne et signé au nom des deux ministres de la défense concernés.

C'est enfin grâce à un accord de coopération entre plusieurs services hydrographiques étrangers, et en particulier avec le service hydrographique norvégien, que le SHOM peut diffuser à travers le monde entier ses cartes électroniques de navigation (ENC) grâce au centre régional PRIMAR®.

Pour la marine, on peut sans doute regretter que la coopération dans les échanges d'ENC entre services hydrographiques ne soit pas plus active, mais cela tient au fait que les modèles économiques et statuts juridiques des différents services peuvent être très différents (cas du service hydrographique britannique en particulier qui "vend" ses cartes à la Royal Navy !) et que les productions nationales sont dans des volumes pas toujours comparables. Des solutions sont recherchées pour améliorer la situation, mais c'est un fait : l'information géographique a un coût.

La valorisation des ENC, pour des besoins autres que ceux consacrés stricto sensu à la sécurité de la navigation, est cependant en progrès constant. Les services hydrographiques ont par exemple lancé des services de type WMS pour satisfaire les besoins des administrations maritimes (contrôle du trafic, contrôle des pêches, contrôle de la documentation par l'Etat du port). L'agence européenne de sécurité maritime (EMSA) devrait être une des premières institutions européennes à bénéficier de ces services.

Répondre aux demandes d'assistance technique et de coopération

Qu'il s'agisse du Vietnam, de l'Arabie Saoudite, du Bénin, du Maroc, de Madagascar, des Emirats... il ne se passe pas une semaine sans que le SHOM soit sollicité pour proposer des offres de service, de formation, de travaux...

Confrontées à une situation où une fraction seulement de l'océan mondial est correctement cartographiée, les organi-

sations maritimes internationales s'efforcent d'inciter l'ensemble des pays côtiers à assumer les responsabilités découlant de l'application des conventions internationales.

En matière de sécurité de la navigation, la première action consiste à dresser un état des lieux ; c'est chose faite avec la publication numérique S-55 de l'OHI qui constitue la référence en matière de connaissances cartographiques et hydrographiques, et qui rappelle utilement qu'une carte marine n'a de sens que si elle est régulièrement tenue à jour et s'appuie sur des levés récents. C'est dans cette base de données tenue à jour que l'on trouve notamment la liste des zones "blanches" qui représentent encore aujourd'hui de grands dangers pour la navigation. On sera étonné, en la consultant, de découvrir que des régions très fréquentées, parfois même par des navires à fort tirant d'eau, sont concernées : mer de Chine méridionale, golfe de Guinée, canal du Mozambique ou une partie des Caraïbes.

Pour redresser la situation, l'OHI invite les pays qui en ont les moyens à améliorer leur couverture de cartes marines et ceux



LE SHOM EST L'HÉRITIÈRE DU PREMIER SERVICE HYDROGRAPHIQUE OFFICIEL AU MONDE

La vocation du SHOM est de garantir la qualité et la disponibilité de l'information décrivant l'environnement physique maritime, côtier et océanique, en coordonnant son recueil, son archivage et sa diffusion, pour satisfaire au moindre coût les besoins publics, militaires et civils.

Service hydrographique national

Le SHOM exerce les attributions de l'Etat en matière d'hydrographie générale au bénéfice de tous les usagers de la mer, en particulier pour assurer la sécurité de la navigation, conformément aux obligations internationales de la France.

Service de la défense

Dans ses domaines de compétence, le SHOM assure la satisfaction des besoins d'expertise et de soutien opérationnel de la défense en connaissance de l'environnement aéromaritime.

Soutien aux politiques publiques maritimes

Le SHOM soutient les politiques publiques maritimes dans de multiples domaines : action de l'Etat en mer, expert en matière de délimitations et frontières maritimes, gestion intégrée des zones côtières...

Environ 520 personnes

Budget annuel 2006 : 68 M € pour un chiffre d'affaires de 3 M €.

Portefeuille de plus de 500 cartes électroniques de navigation (ENC, 258 publiées à fin juillet 2008), de 1 100 cartes sous format papier et de 75 ouvrages.

Implantations : Brest (470 personnes), Toulouse, Saint-Mandé, Toulon, Nouméa et Papeete.

depuis 2006, l'ensemble de ses activités est certifié ISO 9001 : 2000.

Zones de responsabilité : ZEE (zone économique exclusive) de 11 millions de km², zones sous responsabilité historique (Afrique de l'Ouest, Madagascar, Bab el Mandeb) : accords bilatéraux en cours de formalisation en application de SOLAS, V/9.

► www.shom.fr - www.shom.eu

qui ne le peuvent pas à développer leurs capacités hydrographiques. C'est ici qu'intervient le comité de développement des capacités de l'OHI, CBC dans le jargon des spécialistes, au sein duquel la France joue un rôle important.

Pourquoi ce rôle ? Parce que, en plus de la gestion d'un portefeuille couvrant déjà l'une des toutes premières zones économiques du monde, le SHOM doit faire face aux responsabilités découlant de l'héritage historique de la France (voir ci-dessus). Sans cet engagement, il n'y aurait même plus de cartes pour couvrir les ports d'Afrique, véritables poumons économiques de ce continent !

C'est la raison pour laquelle le SHOM continue d'entretenir une collection de cartes marines concernant la plupart des pays de l'ex-Union française. Cette collection de cartes couvrant des eaux étrangères, qui représente 40 % du portefeuille de l'établissement public, constitue souvent la seule source d'information mise à la disposition des navigateurs, soit par le SHOM lui-même, soit par les services étrangers producteurs qui compilent les cartes françaises en application d'arrangements bilatéraux.

Pour contribuer au développement des capacités, et en s'appuyant parfois sur le budget dont dispose l'OHI grâce notamment à la générosité de pays tels que la Corée, le Japon ou la Norvège, le SHOM s'efforce de venir en aide aux pays francophones avec lesquels il est traditionnellement lié et pour le compte desquels il exerce *ipso facto* une autorité cartographique reconnue par les organisations internationales. Le développement des capacités s'articule en trois étapes :

- la première et la plus urgente concerne la mise en place d'un système de recueil des renseignements de sécurité maritime (RSM) afin d'assurer la tenue à jour des cartes existantes ;
- la seconde et la plus coûteuse implique la mise en œuvre des navires hydrographiques chargés d'exécuter les levés de réfection nécessaires à l'établissement de nouvelles cartes ;
- la dernière et la moins critique est relative à la production et à la diffusion des cartes marines elles-mêmes qui peuvent être confiées à un service hydrographique étranger.

Le SHOM rencontre les situations les plus diverses avec ses partenaires ; disparition totale de toute compétence hydrographique et incapacité d'assurer le simple recueil des RSM dans les cas les plus sévères, malheureusement rencontrés fréquemment sur les côtes d'Afrique subtropicale ; capacités réelles mais développées en dehors des normes internationales dans des pays à fort potentiel tels que le Vietnam avec lequel le SHOM étudie un projet de coopération et de diffu-

Décret portant création, organisation et fonctionnement de l'établissement public administratif Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) - Extrait.

Publication au Journal officiel le 12 mai 2007.

Art. 3 - 1° "[Le SHOM] exerce les attributions de l'Etat en matière d'hydrographie nationale dans les zones sous juridiction nationale et dans les zones où la France exerce des responsabilités du fait d'engagements internationaux particulier, en assurant le recueil, l'archivage et la diffusion des informations officielles nécessaires à la navigation."

Art. 5 - "Pour remplir ses missions le SHOM : [...] 4° représente la France auprès de l'organisation hydrographique internationale".

sion d'une production cartographique nationale encore très confidentielle ; maîtrise partielle ou totale du domaine, enfin, pour les pays du Maghreb et en particulier pour le Maroc qui a été associé par le SHOM à la production de la carte marine internationale du nouveau port de Tanger Med.

La coopération internationale n'est pas une fin en soi. En matière d'hydrographie, de cartographie marine et d'océanographie, les résultats acquis depuis de nombreuses décennies montrent pourtant que les actions afférentes ont porté leurs fruits : standardisation des cartes marines, aide aux pays émergents pour garantir la sécurité des accès aux ports en conduisant des levés modernes, partage des coûts dans les études et développements de l'océanographie opérationnelle, échange de programmes et de produits opérationnels, formation, réglementation...

"Les mers sont l'énergie vitale de l'Europe" (Livre bleu de la Commission européenne sur une politique maritime intégrée de l'Union européenne). C'est cette même énergie qui anime le SHOM et ses partenaires pour progresser ensemble dans la connaissance de notre planète : la terre et la mer, l'océan et l'atmosphère sans frontières, qu'il faut comprendre et préserver en y recueillant les données nécessaires et en les mettant sous la forme la plus appropriée à la disposition des navigateurs et de tous les usagers de la mer. ●

L'article d'Yves Guillam a servi de support à la conférence qu'il a donnée sur le sujet au Festival international de géographie 2008 de Saint-Dié-des-vosges.

Contact

Yves GUILLAM

yves.guillam@shom.fr

Ingénieur en chef - Directeur de la stratégie, de la planification et des relations extérieures, Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM)

ABSTRACT

SHOM, the French Naval Hydrographic and Oceanographic service, is a national establishment with large national and international relationships. SHOM's raison d'être is to make available qualified information depicting the physical maritime environment, coastal and offshore, to meet the requirements of civilian and military mariners as efficiently as possible. That objective is reached through three main missions. First of all, SHOM is the French national hydrographic service appointed to collect and check all the information necessary or merely useful to ensure the safety of maritime navigation. The SHOM is responsible for providing hydrographic, oceanographic and meteorological (HOM) support for military operations as well as for the development and use of weapon systems. Finally, techniques and skills developed for and involved in those two missions are also made available to support maritime public policies and meet the various requirements of other ministries and public entities. This article is about the limits between ocean and atmosphere, land and sea, military and civilian applications which are softening in the new geomatic world.

Evaluation du modèle d'erreur de capteurs MEMS-IMU

■ Jean-Marie BONNAZ

Les MEMS (Micro Electronic Mechanical Systems) ou microsystèmes sont des capteurs miniaturisés. Ils sont développés depuis une dizaine d'années et sont basés sur les microtechniques. La technologie des MEMS permet de produire de nouveaux systèmes inertiels : les MEMS-IMU. Ils sont généralement à base de silicium. Un MEMS-IMU est composé d'accéléromètres, de gyroscopes, de magnétomètres et de capteurs de température. Leur taille mais surtout leur coût (une dizaine de dollars) laissent entrevoir des possibilités novatrices dans le cadre d'applications inertielles. Les MEMS-IMU sont cependant entachés d'erreurs importantes. Leur comportement a encore été peu étudié et nous ne savons pas encore modéliser les erreurs qui affectent ces capteurs. L'objectif de cet article est de présenter une démarche visant à comprendre un peu mieux le comportement d'erreur de ces capteurs pour pouvoir le modéliser. Elle se base sur une comparaison de mesures réalisées dans différentes conditions par des MEMS-IMU et une centrale inertielle haut de gamme (LN200) que l'on considère comme référence. Les recherches présentées dans cet article mettent en évidence l'existence de biais et de facteurs d'échelle sur les MEMS-IMU. Sur des durées assez courtes, on observe que les dérives sont négligeables. Aussi cet article présente différentes méthodes d'estimation des erreurs avec leurs avantages et inconvénients.

MOTS-CLÉS

MEMS, intégration GPS/MEMS-IMU, filtre de Kalman, modèle d'erreur

tions dans le domaine de l'intégration GPS/INS mais ils sont entachés d'erreurs importantes dont la modélisation a été peu étudiée actuellement.

L'objectif de cet article est de présenter une analyse du comportement d'erreur des capteurs MEMS-IMU.

Pour ce faire, nous avons dans un premier temps comparé les performances des MEMS-IMU à celles d'une centrale inertielle haut de gamme (LN 200). Cette première étude permet d'évaluer un modèle d'erreur. Dans un deuxième temps, nous avons investigué la performance d'un modèle d'erreur statistique.

Essais à ski et à bicyclette

Afin de comparer les mesures réalisées par des MEMS-IMU aux données d'une centrale inertielle haut de gamme LN 200, l'EPFL et la société TracEdge (Grenoble, Isère) ont réalisé plusieurs tests sur vélo et sur ski. Une centrale inertielle LN 200 et des MEMS-IMU ont été arrimés solidement sur une plaque, elle-même fixée dans un sac à dos (Figure 3). La centrale et les MEMS-IMU sont fixés sur le même support afin qu'ils restent solidaires entre eux. Par la suite les éventuels déplacements de la centrale inertielle LN 200 et des MEMS par rapport à la plaque de fixation seront négligés.

Trois capteurs MEMS MT-9A fabriqués par la société Xsens Motion Technologies ont été utilisés (Figure 1). Ils sont constitués de quatre types de composants : trois accéléromètres, trois gyroscopes, trois magnétomètres et un capteur de température. Les accéléromètres ADXL 202 E sont fabriqués par la société Analog Devices et sont placés sur trois axes orthogonaux. Ils ont un bruit moyen de $200 \text{ g} \sqrt{\text{Hz}}$ RMS. Le défaut d'alignement des axes est de $0,01^\circ$. Ils peuvent travailler entre -45°C et 80°C . Les gyroscopes ENC03J sont

Les capteurs MEMS (Micro Electronic Mechanical Systems) sont des systèmes construits avec des techniques basées sur les circuits intégrés. Ils sont constitués de divers composants électroniques et mécaniques. Leurs principaux avantages sont leur taille minimale (10^{-4} à 10^{-6} m) pour un coût relativement bas (une dizaine de dollars). Les capteurs MEMS existent depuis deux décennies environ mais leurs performances sont restées très longtemps limitées.

Durant ces dix dernières années, des avancées techniques, de nouveaux composants et des investissements pour des applications technologiques et commerciales ont considérablement amélioré leurs performances. Aujourd'hui ils sont utilisés dans des domaines variés comme la construction automobile, les télécommunications, la médecine, etc. Un MEMS est

constitué d'un résonateur, d'un boîtier et de circuits assurant les fonctions d'oscillation, de compensation de fréquence et de température. Le résonateur vibre à une fréquence spécifique sous l'effet d'une excitation externe. Les MEMS sont généralement à base de silicium mais d'autres composants comme des matériaux piézoélectriques et des polymères peuvent être utilisés pour certaines applications.

Les MEMS-IMU (Inertial Measurement Unit) sont un type de capteurs MEMS constitués de trois accéléromètres et de trois gyroscopes montés orthogonalement. La résolution supérieure à $15^\circ/\text{h}$ des gyroscopes (rotation terrestre) oblige les fabricants à les coupler avec des magnétomètres pour déterminer l'orientation voulue (les magnétomètres indiquent le Nord magnétique). De part leur taille et leur coût, les MEMS-IMU laissent entrevoir de nouvelles applica-

fabriqués par la société Murata et sont également placés sur trois axes orthogonaux. Ils utilisent le principe de l'effet de Coriolis pour mesurer une vitesse angulaire. Les capteurs ENC03J permettent de mesurer des vitesses angulaires de $\pm 300^\circ/\text{s}$. Ils peuvent travailler entre -30°C et 85°C . Les magnétomètres KM251 ont été fabriqués par la société Philips. Bien que leur rôle soit important pour l'orientation, nous ne les avons pas étudiés.



Figure 1. MEMS-IMU MT-9A XSens

La centrale inertielle LN 200 est un système équipé de trois accéléromètres et de trois gyroscopes montés orthogonalement. Les accéléromètres comportent un biais de 300 g et un facteur d'échelle de 300 ppm alors que les gyroscopes comportent un biais de $1^\circ/\text{h}$ et un facteur d'échelle de 100 ppm.

Dans le cadre d'une autre étude, des GPS ont également été fixés dans le sac à dos. Il s'agit de récepteurs Javad Legacy bi-fréquence et blox mono-fréquence. Ils ont permis le calcul de solutions GPS /INS.

Une fois le dispositif mis au point, plusieurs tests ont été réalisés sur vélo et sur ski afin de pouvoir étudier le comportement d'erreur des MEMS-IMU dans différentes conditions de dynamisme.



Figure 2. Centrale inertielle LN 200.

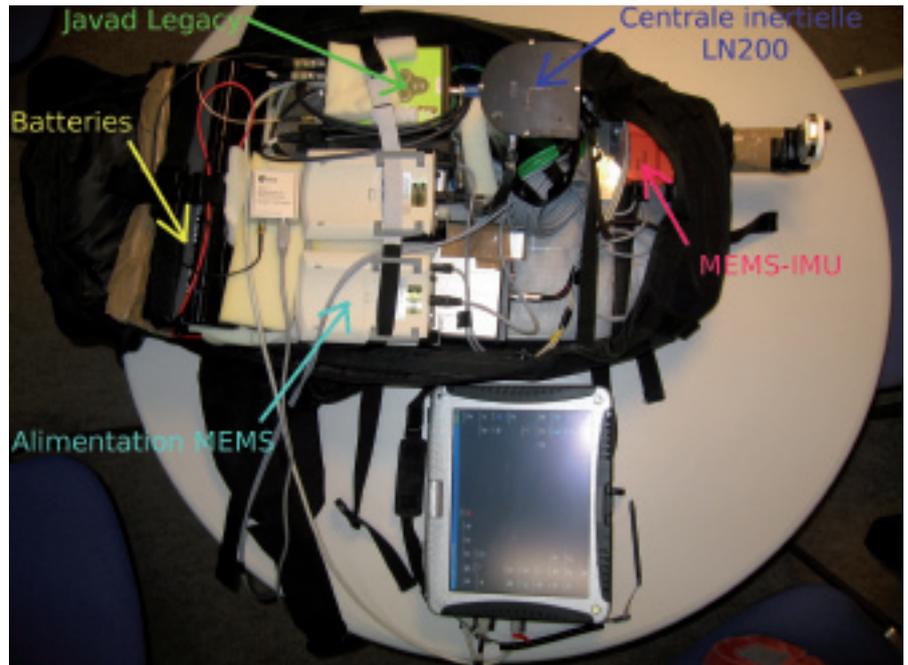


Figure 3. Dispositif expérimental.

Etapes préalables à la comparaison des signaux

Pour pouvoir comparer au mieux les signaux MEMS-IMU aux données de la centrale inertielle de référence LN 200, plusieurs phases ont été nécessaires :

- Filtrage des mesures
- Synchronisation des données
- Rééchantillonnage
- Calcul d'un défaut d'alignement

Les données LN 200 et MEMS-IMU ont été filtrés afin d'éliminer le maximum de bruit en utilisant un filtre passe-bas. Ensuite, il a été nécessaire de synchroniser les données. En effet, la centrale inertielle LN 200 fournit des mesures basées sur le temps GPS (la centrale inertielle était en liaison avec le récepteur GPS Javad Legacy) alors que les MEMS-IMU ont leur propre base de temps. Dans un premier temps, nous avons synchronisé grossièrement les données MEMS-IMU et LN200. Nous avons synchronisé plus finement les signaux en utilisant un procédé d'autocorrélation.

Nous avons ensuite rééchantillonné les données de la centrale inertielle de référence LN200 à la même fréquence que celle des MEMS-IMU afin de pouvoir comparer deux signaux qui sont à la même fréquence (nous avons préféré rééchantillonner les mesures LN200

plutôt qu'interpoler les mesures MEMS-IMU pour ne pas introduire de bruit).

Après avoir filtré, synchronisé puis rééchantillonné les données, nous avons été obligés de calculer un défaut d'alignement entre les axes liés à la centrale inertielle LN200 et ceux liés aux MEMS-IMU. La détermination du défaut d'alignement a nécessité le calcul de deux solutions GPS/INS. Une première a été calculée en utilisant le récepteur GPS bifréquence Javad Legacy et la centrale inertielle de référence LN 200. Cette solution fournit des angles d'orientation. Par la suite, nous avons réintroduit ces angles d'orientation en tant qu'observations dans un filtre de Kalman développé à l'EPFL et intégrant des mesures GPS (L1 uniquement ou L1/L2) et des données MEMS-IMU (Waegli, 2007) :

$$h(\hat{x}) = (I_3 + B) \cdot \Phi_{LN200} + \omega_\phi$$

$$\dot{B} = -\beta \cdot B + \sqrt{2\Phi_\beta \beta_\sigma} \cdot \omega_\beta$$

avec B la matrice symétrique gauche des angles de boresight (angles entre les repères liés à la centrale inertielle de référence LN200 et ceux liés aux MEMS-IMU), Φ_{LN200} les angles d'orientation fournis par l'intégration des données GPS L1/L2 avec les mesures de la centrale inertielle de référence LN200, ω_ϕ le bruit de mesure, β_B l'inverse du temps de corrélation fixé à l'infini. Ces défauts d'ali-

gnement sont estimés avec une précision de 0,5° (Waegli, 2007). Ils permettent de calculer une nouvelle orientation :

$$(\hat{R}_b^n) = (I - E^n)R_b^n$$

avec R_b^n l'orientation initiale,

(\hat{R}_b^n) l'orientation estimée,

$$E^n = \begin{bmatrix} 0 & -\varepsilon_z & \varepsilon_y \\ \varepsilon_z & 0 & -\varepsilon_x \\ -\varepsilon_y & \varepsilon_x & 0 \end{bmatrix}$$

matrice gauche symétrique des angles de boresight.

Le filtrage des données (élimination des hautes fréquences), la synchronisation des mesures effectuées par la centrale inertielle de référence LN200 et les MEMS-IMU, le rééchantillonnage des données LN200 et la correction du défaut d'alignement sont les quatre étapes préalables à la comparaison des données. Elles ont été décrites successivement ci-dessus. A celles-ci, nous pouvons également ajouter l'estimation statistique d'un modèle d'erreur (biais, facteurs d'échelle, dérives) sur la centrale inertielle de référence LN200. Celui-ci a été estimé par le calcul d'une solution de référence (GPS L1/L2 et centrale inertielle LN200).

Estimation d'un modèle d'erreur par comparaison des signaux MEMS/IMU et LN 200

Nous avons fait l'hypothèse que les erreurs que comportait le signal pou-

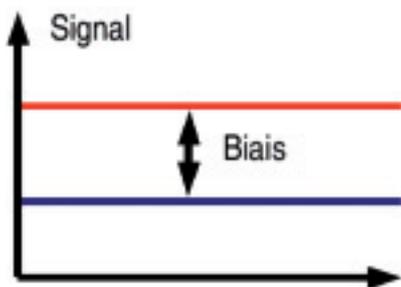


Figure 4. Biais.

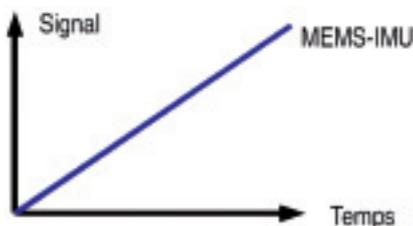


Figure 5. Facteur d'échelle.

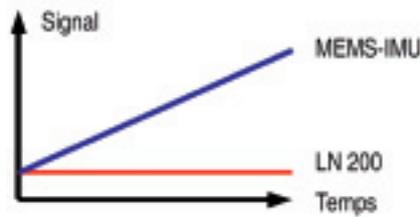


Figure 6. Dérive.

vaient être de trois natures : biais (Figure 4), facteurs d'échelle (Figure 5) et dérives linéaires (Figure 6).

Nous avons essayé de voir s'il était possible de modéliser le comportement d'erreur des MEMS-IMU avec cette hypothèse.

Une descente à ski et un tour de bicyclette sont composés de diverses périodes pendant lesquelles le dynamisme de l'athlète varie (Figure 7). On peut décomposer chaque descente en trois temps. Deux périodes pendant lesquelles le skieur est en position immobile (les capteurs mesurent des données constantes). Elles sont situées avant le départ et après l'arrivée (Figure 7, Figure 9, Figure 10). Leurs durées sont de trois minutes environ. Entre ces deux périodes statiques, on considère une période dynamique pendant laquelle le sportif est en plein effort. Durant cette dernière, les capteurs sont soumis à diverses variations.

Nous avons commencé l'étude du modèle d'erreur sur les deux parties où l'athlète est en position immobile (avant le départ, après l'arrivée). Nous rappelons que notre hypothèse considère que les capteurs sont affectés par des biais, des facteurs d'échelle et des dérives linéaires. Le fait que les don-

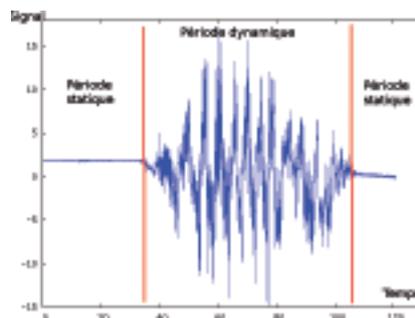


Figure 7. Décomposition d'une série de mesure (tour de vélo ou descente à ski).

nées mesurées soient constantes lorsque l'athlète est immobile, ne nous permet pas de mettre en évidence des facteurs d'échelle. Nous ne pouvons étudier que l'existence de biais et de facteurs d'échelle. Nous travaillons alors avec le modèle d'erreur suivant :

$S_{LN200} = S_{MEMS-IMU} + b$ avec S_{LN200} signaux de la centrale inertielle de référence, $S_{MEMS-IMU}$ signaux des MEMS-IMU, b biais sur les MEMS-IMU.

$$a \cdot \frac{dS_{MEMS}}{dt} + b \cdot S_{MEMS} \cdot t = 0$$

avec a et b constantes,

$S_{MEMS-IMU}$ signaux des MEMS-IMU.

Une première étape dans le traitement des données en position statique a été la soustraction durant les périodes statiques des données MEMS-IMU aux données de la centrale inertielle de référence LN200 :

$d = S_{LN200} - S_{MEMS-IMU}$ avec d différence, S_{LN200} signaux de la centrale inertielle de référence, $S_{MEMS-IMU}$ signaux des MEMS-IMU.

On calcule par la suite un biais en faisant la moyenne des différences sur chaque axe de chaque capteur :

$$b = \bar{d} = \overline{(S_{LN200} - S_{MEMS-IMU})}$$

avec b biais, \bar{d} différence moyenne, S_{LN200} signaux de la centrale inertielle de référence, $S_{MEMS-IMU}$ signaux des MEMS-IMU.

La plupart du temps on observe que les écarts-types associés aux moyennes ne sont pas très élevés sur toutes les descentes (Tableau 1). Les biais calculés sur chaque axe ne sont cependant pas tous significatifs (on considère qu'une mesure est significative dès lors que la barre d'erreur associée à la mesure ne coupe pas l'axe des abscisses). Les biais non significatifs sont colorisés en rouge dans le Tableau 1. Sur trois MEMS-IMU les biais suivant les mêmes axes varient fortement suivant les capteurs. Malgré le fait que les trois MEMS soient identiques, on observe que chacun comporte ses propres biais (Figure 8). On constate également que pour un même capteur, les biais suivant les différents axes sont très différents. Les valeurs des biais suivant chaque axe ne semblent pas être corrélées.

		f_x (m/s ²)	f_y (m/s ²)	f_z (m/s ²)	ω_x (°/s)	ω_y (°/s)	ω_z (°/s)
Capteur 1	Biais	0.034	-0.087	-0.021	-0.072	0.170	1.000
	Ecart-type	0.020	0.100	0.024	0.076	0.076	0.160
Capteur 2	Biais	0.013	-0.003	-0.034	-0.460	-0.740	0.530
	Ecart-type	0.010	0.024	0.016	0.089	0.089	0.110
Capteur 3	Biais	0.060	-0.038	-0.011	0.150	-0.310	0.160
	Ecart-type	0.014	0.082	0.021	0.240	0.240	0.160

Tableau 1. Biais sur la période statique.

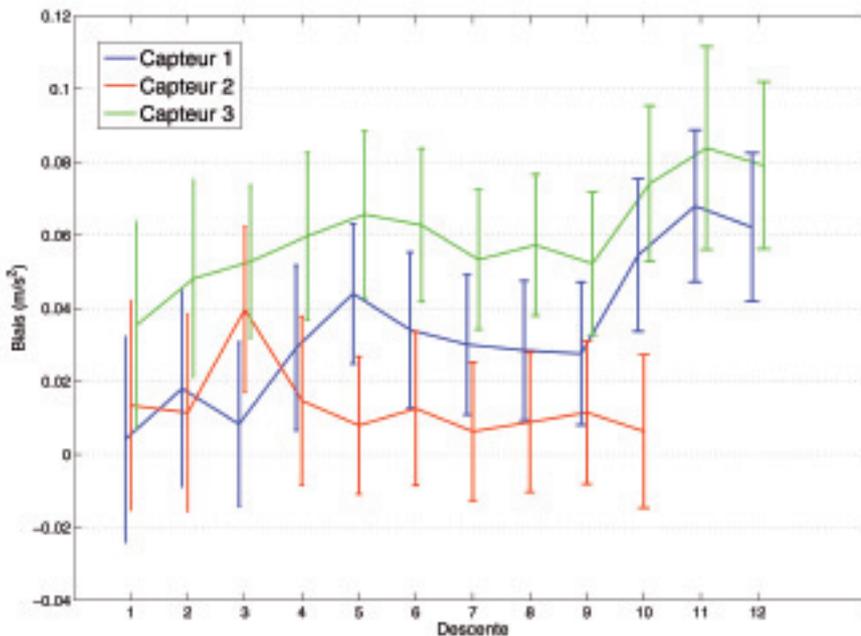


Figure 8. Biais en période statique sur trois capteurs MEMS-IMU.

▶ Par ailleurs, si l'on compare les biais calculés pendant la période statique précédant le départ et celle suivant l'arrivée, nous remarquons que les valeurs sont quasiment identiques (Tableau 2). Cela nous conduit à négliger l'existence

des dérives sur des durées de 90 secondes (temps moyen d'un skieur pour réaliser une descente). De cette première étape portant sur l'analyse des données pendant les périodes statiques, nous retiendrons trois éléments :

	Biais (périodes statiques)	
	Avant départ	Après arrivée
f_x (m/s ²)	0.034	0.038
f_y (m/s ²)	-0.087	-0.097
f_z (m/s ²)	-0.021	-0.019
ω_x (°/s)	-0.072	-0.073
ω_y (°/s)	0.170	0.171
ω_z (°/s)	1.000	0.997

Tableau 2. Biais avant le départ et après l'arrivée.



Figure 9 : Initialisation statique (avant départ).



Figure 10 : Phase statique après l'arrivée.

Les biais calculés sont pour la plupart statistiquement significatifs (les écarts-types ne sont pas trop grands). Les biais sont très différents d'un capteur à l'autre et d'un axe à l'autre (ils ne semblent pas être corrélés). Les dérives peuvent être négligées sur des périodes assez courtes (90 secondes).

La deuxième étape porte sur l'analyse des données lorsque l'athlète est en mouvement (période dynamique). Notre hypothèse de départ est toujours valable : les capteurs MEMS-IMU peuvent être affectés de biais, de facteurs d'échelle et de dérives linéaires. L'analyse en période statique décrite précédemment nous conduit à négliger l'influence des dérives. Il nous reste à étudier le rôle des biais et des dérives en partie dynamique.

En partie dynamique, nous modélisons les erreurs de la façon suivante :

$$\begin{bmatrix} s_x \\ s_y \\ s_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} fe_x & 0 & 0 \\ 0 & fe_y & 0 \\ 0 & 0 & fe_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_x - b_x \\ s_y - b_y \\ s_z - b_z \end{bmatrix}$$

avec S_i forces spécifiques ou mesures angulaires, fe_i facteurs d'échelle, b_i biais suivant les axes.

L'analyse en période statique nous a permis de mettre en évidence uniquement l'existence de biais sur les capteurs que nous avons pu calculer. Le traitement des facteurs d'échelle était impossible (dynamisme trop faible). En partie dynamique, plusieurs méthodes de calcul sont envisageables pour analyser le comportement d'erreur des capteurs MEMS-IMU. Cela dépend du nombre d'inconnues que nous considérons. Cherchons-nous à déterminer uniquement des facteurs d'échelle, uniquement des biais ou des biais et des facteurs d'échelle ?



		f_x (m/s ²)	f_y (m/s ²)	f_z (m/s ²)	ω_x (°/s)	ω_y (°/s)	ω_z (°/s)
Capteur 1	Biais	-0.110	-0.017	-0.130	-0.220	0.200	1.300
	Ecart-type	0.035	0.026	0.048	0.049	0.120	0.098
Capteur 2	Biais	-0.160	-0.057	-0.190	-0.520	-0.600	0.530
	Ecart-type	0.052	0.009	0.059	0.031	0.054	0.052
Capteur 3	Biais	0.010	0.005	-0.100	-0.140	-0.350	0.210
	Ecart-type	0.030	0.022	0.037	0.180	0.160	0.110

Tableau 3. Biais.



Figure 12 : Porte droite, le corps est penché de l'autre côté.

		f_x (m/s ²)	f_y (m/s ²)	f_z (m/s ²)	ω_x (°/s)	ω_y (°/s)	ω_z (°/s)
Capteur 1	FE	-0.004	-0.039	-0.024	-0.004	-0.010	0.002
	Ecart-type	0.005	0.007	0.006	0.002	0.003	0.001
Capteur 2	FE	-0.017	-0.038	-0.024	-0.005	-0.003	-0.001
	Ecart-type	0.006	0.006	0.008	0.001	0.002	0.001
Capteur 3	FE	0.008	-0.043	-0.022	-0.003	-0.008	-0.003
	Ecart-type	0.006	0.007	0.006	0.001	0.002	0.001

Tableau 4. Facteurs d'échelle.

	f_x (m/s ²)	f_y (m/s ²)	f_z (m/s ²)	ω_x (°/s)	ω_y (°/s)	ω_z (°/s)
Capteur 1	0.96	-0.33	0.98	0.29	0.45	0.25
Capteur 2	-0.96	0.31	0.98	0.32	0.50	0.31
Capteur 3	0.96	0.35	0.98	0.28	0.48	0.31

Tableau 5. Corrélations entre biais et facteurs d'échelle.



Figure 11 : Porte gauche, le corps est penché d'un côté.

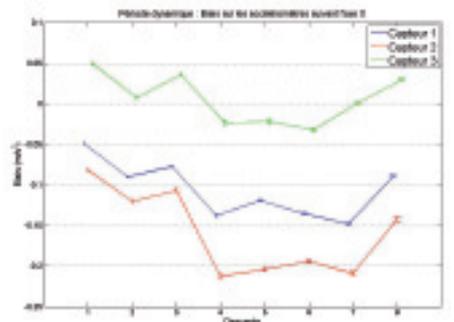


Figure 13 : Biais sur les accéléromètres en période dynamique.

Comme nous avons calculé des biais sur les parties statiques, nous pouvons considérer en premier lieu que nous cherchons à déterminer uniquement des facteurs d'échelle (on considère les biais connus) :

$$fe = \frac{S_{LN200}}{S_{MEMS-IMU} - b_i}$$

Cette méthode fournit des facteurs d'échelle importants avec des écarts-types grands. Elle n'est pas concluante et nous fait en partie douter quant à la validité de notre hypothèse.

Une autre méthode de calcul consiste à ne pas tenir compte des biais calculés en partie statique. Notre système comporte deux inconnues : un biais et un facteur d'échelle. Les dérives sont toujours négligées (période courte). Avec la méthode des moindres carrés, nous pouvons estimer les paramètres sur tous les axes des capteurs.

Les résultats révèlent que les biais et les facteurs d'échelle varient assez fortement suivant les séries de mesure (on rappelle qu'une série de mesure correspond à une descente à ski ou à un tour de bicyclette) (Tableau 3 et

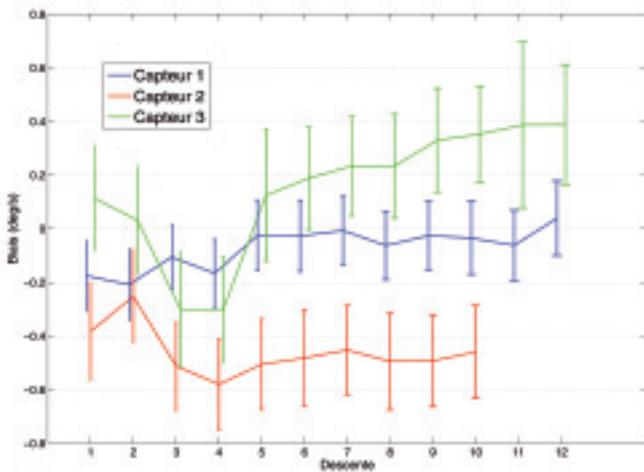


Figure 14. Biais sur les gyroscopes en période dynamique.

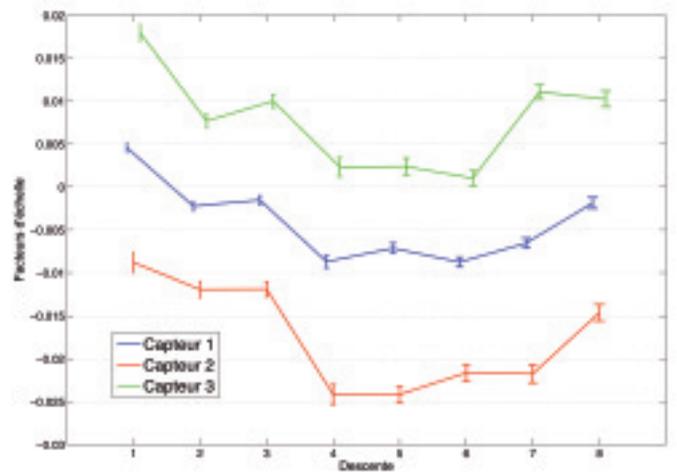


Figure 15. Facteurs d'échelle sur les accéléromètres.

Tableau 4, Figure 13 et Figure 14). Les corrélations entre les biais et les facteurs d'échelle sont également très fortes sur les accéléromètres (Tableau 5). Néanmoins sur l'axe Y des accéléromètres, la corrélation entre les paramètres est nettement plus faible. Cela peut s'expliquer par le mouvement du skieur lors de la descente : l'axe Y est orienté de telle manière que l'accéléromètre mesure un signal de forte amplitude (Figure 11 et Figure 12). Sur les gyroscopes les corrélations entre les biais et les facteurs d'échelle ne sont pas trop importantes. Nous pouvons retenir que cette méthode de calcul consistant à estimer deux paramètres (biais et facteurs d'échelle) fournit des résultats très précis (les écarts-types associés aux biais sont faibles). Néanmoins, les corrélations sur les accéléromètres sont élevées, excepté sur celui qui mesure les plus grandes variations.

Une autre méthode consiste à calculer des biais en considérant que le signal n'est pas affecté par un facteur d'échelle (ce qui revient à refaire l'étude faite en partie statique sur la période dynamique). On considère le modèle d'erreur :

$S_{LN200} = S_{MEMS-IMU} + b$ avec S_{LN200} signaux de la centrale inertielle de référence, $S_{MEMS-IMU}$ signaux des MEMS-IMU, b biais sur les MEMS-IMU et on calcule le biais en faisant la moyenne de la différence :

$$b = \bar{d} = \frac{(S_{LN200} - S_{MEMS-IMU})}{n}$$

avec b biais, \bar{d} différence moyenne, S_{LN200} signaux de la centrale inertielle de référence, $S_{MEMS-IMU}$ signaux des MEMS-IMU.

Les résultats montrent des biais constants suivant les séries de mesures (Tableau 6). Par contre les écarts-types associés sont très importants et les biais calculés sont non significatifs.

Estimation d'un modèle d'erreur par méthode statistique

Dans la partie précédente, nous avons cherché à comprendre le comportement d'erreur des capteurs MEMS-IMU par comparaison des données avec des mesures faites par une centrale inertielle de référence LN 200.

Or, il existe des procédés statistiques qui permettent d'estimer un modèle d'erreur au cours du temps. Les principaux sont la marche constante, la marche aléatoire, le procédé de Gauss-Markov du 1^{er} ordre. Ce dernier permet d'estimer un modèle d'erreur en temps réel. Ces méthodes de calcul sont couramment utilisées dans les filtres de Kalman pour le calcul de solution GPS/INS.

Nous avons donc essayé de calculer plusieurs solutions GPS/INS en se servant de données GPS L1/L2 et de mesures MEMS-IMU. Nous avons pu estimer des biais de manière assez précise avec un procédé de Gauss-Markov du 1^{er} ordre :

$$\hat{l}^b = l^b + b_{\rho} + w_{\rho}$$

$$b_{\rho} = -\beta_{\rho} + \sqrt{2\sigma_{\rho}^2 \beta_{\rho}^2} \cdot w_{\rho}$$

avec \hat{l}^b la mesure MEMS-IMU compensée (force spécifique, mesure angulaire), l^b l'observation, b_{ρ}^b le biais de la mesure inertielle, w_{ρ}^b le bruit de mesure, σ_{ρ}^b l'amplitude de la densité spectrale et β_{ρ}^b l'inverse du temps de corrélation.

		f_x (m/s ²)	f_y (m/s ²)	f_z (m/s ²)	ω_x (°/s)	ω_y (°/s)	ω_z (°/s)
Capteur 1	Biais	-0.078	-0.009	0.042	-0.226	0.151	1.323
	Ecart-type	0.012	0.030	0.007	0.050	0.116	0.099
Capteur 2	Biais	-0.047	-0.051	-0.018	-0.530	-0.612	0.525
	Ecart-type	0.012	0.005	0.008	0.031	0.049	0.053
Capteur 3	Biais	-0.041	0.014	0.059	-0.142	-0.393	0.201
	Ecart-type	0.012	0.025	0.004	0.180	0.150	0.107

Tableau 6. Biais.

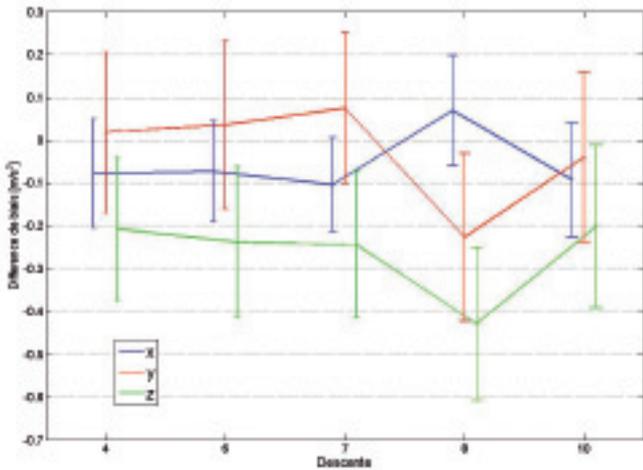


Figure 16. Comparaison des biais issus de la comparaison LN 200 / MEMS-IMU avec ceux estimés statistiquement (accéléromètres)

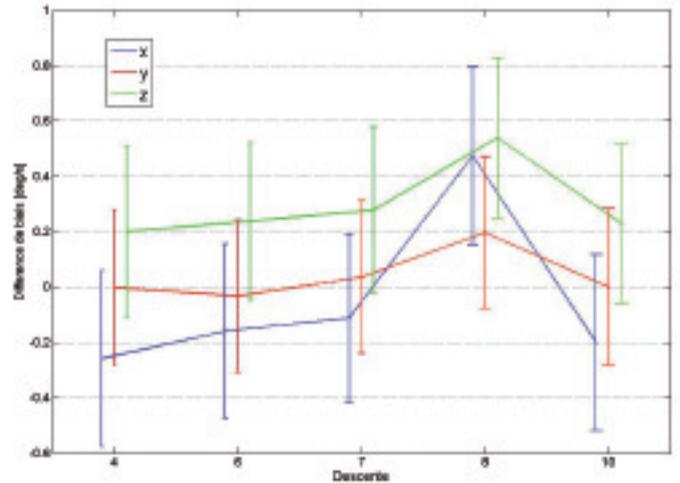


Figure 17. Comparaison des biais issus de la comparaison LN 200 / MEMS-IMU avec ceux estimés statistiquement (gyroscopes)

Confrontation des résultats obtenus par comparaison des signaux

Jusqu'à présent, nous avons réfléchi à différentes manières de modéliser les erreurs que pouvaient comporter les capteurs MEMS-IMU. Nous avons comparé les mesures MEMS-IMU aux données d'une centrale inertielle de référence LN200 dans différentes conditions de dynamisme. Nous avons vu que nous pouvions également estimer un modèle par des méthodes statistiques. Il nous reste maintenant à comparer les résultats obtenus qui devraient normalement être assez proches.

Rappelons que la comparaison des données MEMS/IMU avec celles de la centrale inertielle de référence LN 200 nous permet d'estimer des biais dans différentes configurations de mouvement. Nous avons pu déterminer trois biais :

Lorsque l'athlète est en position immobile (période statique) :

$S_{LN200} = S_{MEMS-IMU} + b$ avec S_{LN200} signaux de la centrale inertielle de référence, $S_{MEMS-IMU}$ signaux des MEMS-IMU, b biais sur les MEMS-IMU.

Lorsque l'athlète réalise son effort (période dynamique), nous avons calculé des biais par deux méthodes :

- Régression linéaire (moindres carrés) :

$$\begin{bmatrix} s_x \\ s_y \\ s_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} fe_x & 0 & 0 \\ 0 & fe_y & 0 \\ 0 & 0 & fe_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_x - b_x \\ s_y - b_y \\ s_z - b_z \end{bmatrix}$$

avec s_i forces spécifiques ou mesures angulaires, fe_i facteurs d'échelle, b_i biais suivant les axes.

Nous estimons des biais avec des facteurs d'échelle.

- En considérant que les facteurs d'échelle sont négligeables : $S_{LN200} = S_{MEMS-IMU} + b$ avec S_{LN200} signaux de la centrale inertielle de référence, $S_{MEMS-IMU}$ signaux des MEMS-IMU, b biais sur les MEMS-IMU.

La méthode statistique (procédé de Gauss-Markov du 1^{er} ordre) estime également des biais.

Dans l'idéal, il faudrait que les différents biais estimés soient identiques.

Dans un premier temps nous allons vérifier si les biais calculés sur la partie statique sont compatibles avec ceux estimés en période dynamique par régression linéaire. On observe des différences importantes qui peuvent provenir des coefficients de corrélation importants qui biaisent l'estimation.

Dans un deuxième temps, nous allons vérifier la compatibilité des biais estimés en partie dynamique par moindres carrés avec ceux calculés en ne tenant pas compte des facteurs d'échelle. On observe des différences importantes, notamment sur les axes X et Z des accéléromètres. Cela peut s'expliquer par l'existence de facteurs d'échelle qui ne sont soit pas pris en compte, soit très corrélés avec les biais. On remarque sur l'axe Y des différences moindres comparées aux autres axes.

Confrontation des résultats obtenus par comparaison des signaux bruts avec ceux estimés statistiquement

Un procédé de Gauss-Markov du 1^{er} ordre permet d'évaluer des biais de manière statistique en temps réel. Ces biais estimés sont-ils compatibles avec ceux calculés par comparaison des signaux MEMS-IMU / LN 200.

Pour répondre à cette question, nous avons réalisé trois comparaisons. Dans les paragraphes précédents, nous avons vu que les biais estimés par comparaison des signaux ne sont pas les mêmes selon que l'athlète soit en mouvement ou non. Nous allons maintenant les comparer aux biais estimés par la méthode statistique (procédé de Gauss-Markov du 1^{er} ordre).

Dans un premier temps, nous avons confronté les biais calculés lorsque l'athlète est immobile avec ceux estimés statistiquement. On observe sur les gyroscopes que les biais calculés en période statique sont quasiment identiques à ceux estimés par un procédé de Gauss-Markov du 1^{er} ordre. Ces résultats sont néanmoins à nuancer car les écarts-types associés à la comparaison sont importants (Figure 16 et Figure 17).

La comparaison des biais calculés sur la partie dynamique avec ceux estimés statistiquement ne fournit pas des résultats satisfaisants. Les écarts sont importants.

Tableau récapitulatif

		Paramètre estimé	Avantages	Limites
Comparaison des signaux	Partie statique	Biais	Influence des facteurs d'échelle négligeable	Certains biais sont non significatifs
		Biais	Valeurs proches de celles estimées en partie statique	Biais non significatifs
	Partie dynamique	Biais et facteur d'échelle	Précision élevée	Corrélations fortes
		Facteur d'échelle	Correction par les biais calculés en partie statique	Facteurs d'échelle proches de 1
Méthode statistique	Tout le signal	Biais	Précision	Facteurs d'échelle difficilement estimables

Tableau 7. Bilan.



Le Tableau 7 récapitule les méthodes que nous avons utilisées pour l'estimation d'un modèle d'erreur. En règle générale, la précision des résultats obtenus est le facteur limitant. Certains paramètres ne sont pas significatifs statistiquement. La méthode consistant à estimer un biais et un facteur d'échelle sur la partie dynamique fournit des résultats extrêmement précis. Cependant les biais et facteurs d'échelle sont très corrélés sur deux axes des accéléromètres.

Conclusion

Le comportement d'erreur des capteurs MEMS-IMU est peu connu. De part les possibilités novatrices qu'offrent de tels capteurs, il était nécessaire de se pencher sur les erreurs qui pouvaient les affecter. Dans un premier temps, nous avons cherché à comparer des mesures MEMS-IMU avec celles réalisées par une centrale inertielle de référence LN 200. Nous avons fait l'hypothèse que les capteurs pouvaient être affectés de biais, de facteurs d'échelle et de dérives linéaires. La comparaison des données MEMS-IMU et des mesures réalisées par la centrale inertielle de référence LN200 nous a permis de calculer des biais et des facteurs d'échelle dans différentes configurations de dynamisme. Cette comparaison nous a aussi conduit à considérer l'influence des dérives sur des intervalles de temps assez courts. La modélisation des biais

par un procédé de Gauss-Markov du 1^{er} ordre offre une estimation qui est quasiment identique aux résultats issus de la comparaison des données.

La décorrélation des biais et des facteurs d'échelle reste cependant difficile à effectuer. Aussi il est possible que le modèle d'erreur choisit ne convienne pas vraiment. On peut imaginer un modèle dans lequel les facteurs d'échelle ne soient pas linéaires mais suivent une autre fonction (polynomiale par exemple).

Dans le cas de futures intégrations GPS/MEMS-IMU, il conviendra de déterminer la meilleure méthode d'estimation de biais. C'est-à-dire celle qui permettra d'atteindre les meilleurs résultats par rapport à une intégration GPS /INS calculée avec du matériel performant. ●

Contact

Jean-Marie BONNAZ
jmbonnaz@gmail.com

NDLR : D'une façon générale, le sujet a été abordé dans le n° 113 sous la signature de A. Waegli, J. Skaloud et J.-M. Bonnaz. Ce dernier étant lauréat du prix AFT 2007, XYZ a le plaisir de porter à la connaissance de ses lecteurs le développement complet de sa propre recherche. L'AFT renouvelle ses félicitations à J.-M. Bonnaz.

Bibliographie

- A. Waegli, "Assessment of GPS/MEMS-IMU Integration Performance in Ski Racing", in ENC, Geneva, Switzerland, 2007.
- A. Waegli and J. Skaloud, "Turning Point - Trajectory Analysis for Skiers", InsideGNSS, 2007.
- A. Waegli, J. Skaloud, P. Tomé, and J.-M. Bonnaz, "Assessment of the Integration Strategy between GPS and Body-Worn MEMS Sensors with Application to Sports", in ION GNSS, Fort Worth, Texas, 2007.
- A. Waegli, J.-M. Bonnaz, J. Skaloud, "Evaluation de capteurs inertiels de type MEMS intégrés avec GPS pour l'analyse de performance sportive", XYZ, 2007.
- N. El-Sheimy and X. Niu, "The Promise of MEMS to the Navigation Community", InsideGNSS, 2007.
- J.-M. Bonnaz, "Analyse du comportement de capteurs inertiels en trajectographie", vol. Travail de fin d'études : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, 2007.

Remerciements

L'auteur remercie M. Adrian Wägli et le Dr Jan Skaloud, encadrants de ce travail et l'équipe du professeur Merminod pour son accueil dans le laboratoire de l'EPFL, sans oublier également la fondation Besnard de Quelen, les régions Rhône-Alpes, Pays de la Loire et le Conseil Général de l'Ain pour leur aide financière.

ABSTRACT

MEMS (Micro Electronic Mechanical Systems) are new sensors which have been developed during the last decade. They are used in a lot domain such as medicine, biology, car, airline etc. MEMS are both smaller and cheaper than IMU (Inertial Measurement Unit). Nevertheless MEMS-IMU are less accurate than conventional systems. Error behavior of MEMS-IMU is still unknown. The aim of this paper is to present research about error behavior of MEMS sensors. MEMS data had been compared with IMU data. This research presents the existence of important systematic errors in the MEMS data. Moreover, these errors are a fluctuating character. Considering a relative short duration (90 seconds), they are no drifts but they are important biases and scale factors.

Auscultation d'un bac de stockage de Gaz Naturel Liquéfié en excavation, par GPS

■ Habib TAIBI - Salem KAHLouCHE - Ali ZEGGAI - Boualem GHEZALI - Aomar AYOuAZ - Abdellah BELHADJ

MOTS-CLÉS

Auscultation, prévention, Gaz Naturel Liquéfié, GNL, GL4/Z, Bac, GPS, Déplacements

Le bac en sol gelé du terminal méthanier du complexe SONATRACH GL4/Z d'Arzew, d'une capacité d'environ 38 000 m³, a été construit en 1964. Il représentait pour le complexe

plus de 50 % de ses capacités en stockage. La prévention des risques industriels représentés dans notre cas par ce bac de stockage en excavation de GNL (Gaz Naturel Liquéfié) a nécessité l'utilisation des données de positionnement issues des satellites GPS (Global Positioning System).

Les tests effectués ont porté sur l'auscultation géométrique du réservoir à partir d'observations périodiques. L'opération a été étalée sur quatre campagnes d'observations GPS, espacées de dix-huit à vingt quatre mois (Février 2000, Juillet 2002, Juillet 2004, Février 2006). Le réseau d'auscultation, déterminé à quelques millimètres, est constitué de 15 points d'appuis éloignés d'une centaine de mètres du bac, de 72 points servant de repères pour le profil en long et le levé du terrain avoisinant le bac et de 42 points cibles répartis sur l'ossature du bac. La méthodologie développée dans ce contexte est basée sur l'exploitation de mesures de la phase des signaux GPS en modes statique, statique rapide et cinématique. La comparaison des résultats obtenus lors des traitements des deux campagnes d'observations GPS (2000-2004) a permis de mettre en évidence des déplacements de l'ordre de 90 mm en planimétrie et de 163 mm en altimétrie. Les profils restitués montrent que le terrain a subi un gonflement plus important côté terre que côté mer et que tous les points du réseau d'auscultation sont soumis à un phénomène de déplacement horizontal dans la direction Nord-Est. A l'occasion du 40^e anniversaire du complexe GL4/Z d'Arzew et à la suite des résultats de l'auscultation et des problèmes structurels, le Ministre de l'Energie et des mines en l'occurrence Monsieur Chakib Khelil, a décidé l'arrêt de l'exploitation de ce dernier bac de stockage souterrain de GNL. Les résultats de la troisième campagne d'auscultation réalisée en février 2006 ont confirmé les importantes déformations du BAC et de son voisinage immédiat. Suite à cette intervention, le dernier bac en excavation existant au monde a été mis hors service en juillet 2007.

L'auscultation géométrique du bac souterrain de GNL du complexe GL4/Z d'Arzew par techniques classiques de positionnement, triangulation et trilatération, a permis de constater des déformations importantes (déplacements de l'ordre de 30 mm en planimétrie et de 20 mm en altimétrie de juillet 1996 à avril 1997) du bac et de son voisinage immédiat qui demeurent en phase d'évolution continue.

A ces techniques traditionnelles de positionnement se sont substituées de nouvelles techniques plus évoluées et plus précises, basées sur l'utilisation de satellites artificiels. En effet, les impératifs de précision de positionnement pour un ouvrage de ce type (étendue, configuration géométrique, contraintes d'intervisibilité...) et l'existence d'outils performants, comme le GPS, rendent nécessaire la mise en œuvre de ces nouvelles techniques et leur application aux travaux de détection des déformations.

Les mesures périodiques basées sur l'établissement d'un canevas géodésique spécifique (auscultation d'ouvrages d'art et de sites industriels, surveillance sismique, etc.) permettent de quantifier les déplacements au cours du temps.

Dans le cadre de ce travail, la méthodologie développée est basée sur l'exploitation de mesures de la phase des signaux GPS en modes statique pour le réseau d'appui et statique rapide pour les points cibles. La précision obtenue sur les coordonnées des points du canevas est de l'ordre millimétrique.

La comparaison des résultats obtenus lors des quatre campagnes d'observations GPS, espacées de vingt-quatre mois, a permis de mettre en évidence des déplacements maximaux de l'ordre de 110 mm en planimétrie et de 252 mm en altimétrie.

Présentation du bac

Le réservoir en sol gelé du terminal méthanier du complexe SONATRACH GL4/Z d'Arzew a été construit en 1964 et a une capacité d'environ 38 000 m³. Il représentait pour le complexe plus de 50 % de ses capacités en stockage. Le réservoir a un diamètre de 37,20 mètres et une profondeur de 36 mètres ; il se situe à 100 mètres du bord de la mer.

La caractéristique principale de ce type de stockage est l'absence d'isolation et de barrière d'étanchéité sur les parois verticales et le fond. Seul le gel de l'eau contenue dans le sol assure son imperméabilité. Ce type de stockage ne peut être réchauffé sans se détruire. Les problèmes rencontrés dans l'exploitation de ce genre de stockage sont de différents types :

- Problèmes naturels (déformations du bac et de son voisinage immédiat).



Bac de stockage.

- Problèmes structurels (désordres au niveau de la structure de support du toit du bac).

Les origines de ces problèmes sont essentiellement liées à la nature du sol, à la proximité de la mer et à la progression du front de gel.

Méthodologie d'auscultation du bac

Ce type de réservoir est bien adapté à l'auscultation par GPS où toute la précision standard de cette technique ($EMQ = 5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$) peut être exploitée.

La méthodologie d'auscultation pour ce type de bac se résume comme suit :

- Implantation du réseau de base : choix des points à proximité de l'ouvrage sur des sites stables et matérialisation par des bornes en béton. L'altitude des stations de base a été choisie presque identique à celle du bac pour minimiser l'influence de la troposphère.
- Configuration optimale des cibles :
 - Nombre et distribution homogène des points cibles : selon la forme et le type d'ouvrage par un maillage approprié (mécanique des structures).
 - Matérialisation durable des points.
- Suivi de l'évolution ou de la stabilité de l'ouvrage :
 - Opération 0 : observation en mode statique ou statique rapide et détermination des coordonnées des points cibles. Les positions de ces points par rapport au réseau de base constituent la configuration de référence.
 - Opération i : détermination des positions des points cibles à partir d'une nouvelle campagne d'observations GPS pour quantifier les déplacements de l'ouvrage par rapport à la configuration de référence. La nouvelle configuration ainsi déterminée (opération i) servira de configuration de référence pour la prochaine opération d'auscultation (i+1). Les fréquences d'intervention varient selon l'amplitude des déformations, la vitesse de déplacement du bac et suite à des événements (séismes, glissement de terrain...).
- Interprétations des résultats :
 - Interprétations géodésiques : suivant les tendances des déformations et des déplacements.
 - Interprétations structurales : intégrer d'autres données (perméabilité, pression de consolidation du sol, isothermes, inspection interne du bac par endoscopie, etc.).

Campagne d'observations GPS

Le matériel dont dispose le CTS et qui a été utilisé lors des tests effectués pour l'auscultation géométrique du réservoir souterrain de GNL, se compose de trois récepteurs GPS bifréquences Ashtech Z-12 à 12 canaux indépendants et du logiciel de traitement des données GPS "WINPRISM".

Les tests effectués ont porté sur l'auscultation superficielle du bac souterrain. L'opération a été étalée sur quatre campagnes d'observations GPS, espacées de vingt-quatre mois.

Le réseau d'auscultation, observé en modes statique et statique rapide, est constitué de 15 points d'appuis éloignés d'une centaine de mètres du bac, 72 points servant de repère pour le profil en long et le levé du terrain avoisinant le bac et de 42 points cibles répartis sur l'ossature du bac (figure 1).

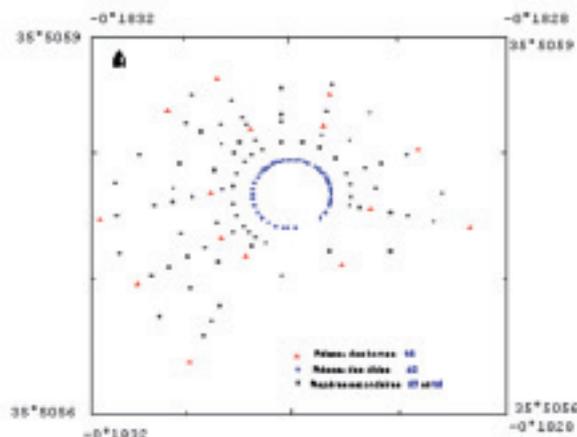


Figure 1. Réseau d'auscultation du bac de GNL en sol gelé (GL4/Z - Arzew).

Une campagne d'observations GPS est composée de plusieurs sessions d'observations dont chacune comprend au minimum 03 stations.

Le taux d'échantillonnage des observations est de 20 secondes et la durée de chaque session d'observation est comprise entre 15 et 45 minutes.

Les tests effectués ont montré la convergence de la solution, au niveau millimétrique, en fonction de la durée d'observation et de la longueur des lignes de base respectives.

Traitement des données GPS

Les paramètres (type d'éphémérides des satellites, configuration géométrique de la constellation, modèles atmosphériques, etc.) utilisés lors du traitement des trois campagnes d'observations GPS (opérations 0, 1 et 2) sont identiques.

Les principales étapes de traitement des données GPS sont :

- Prétraitement : traitement ligne de base par ligne de base et session par session.
- Compensation de l'ensemble des lignes de base de chaque campagne GPS (chaque opération d'auscultation).
- Détermination des coordonnées définitives des points des différents réseaux dans le système WGS84.
- Transformation des coordonnées GPS en coordonnées UTM fuseau 30 et en coordonnées LAMBERT VLU 1960 dans le système Nord Sahara.

La précision obtenue sur les coordonnées des points du réseau d'auscultation est millimétrique.

Résultats et analyse

La comparaison des résultats obtenus lors des quatre campagnes d'observations GPS a permis de mettre en évidence des déplacements de l'ordre de 110 mm en planimétrie et de 252 mm en altimétrie.

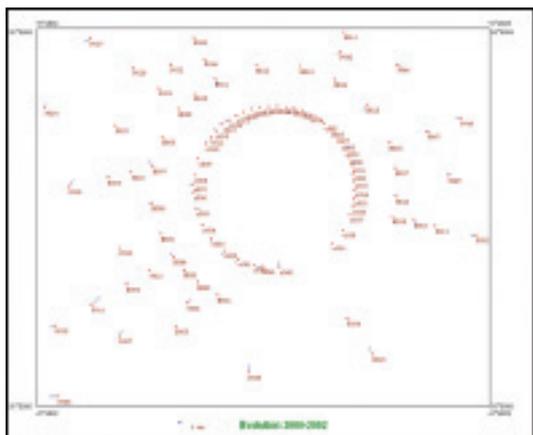


Figure 2. Déplacements planimétriques des points du réseau entre les époques Février 2000 et Juillet 2002.

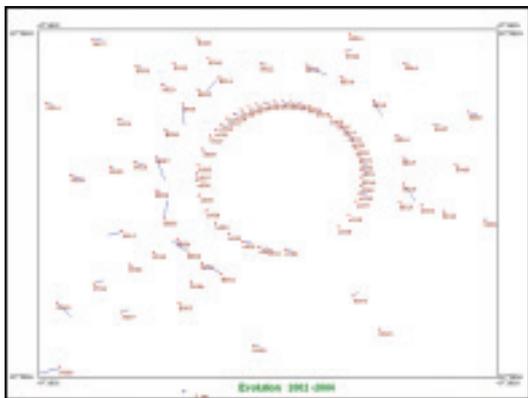


Figure 3. Déplacements planimétriques des points du réseau entre les époques Juillet 2002 et Juillet 2004.

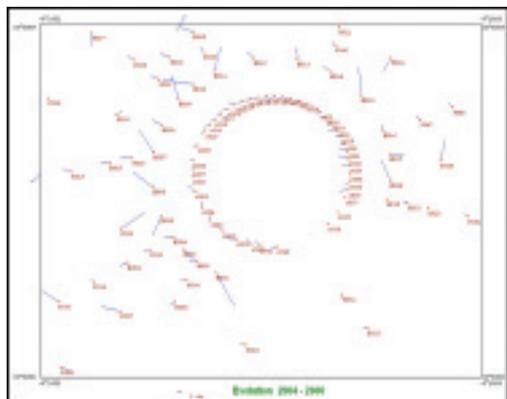


Figure 4. Déplacements planimétriques des points du réseau entre les époques Juillet 2004 et Février 2006

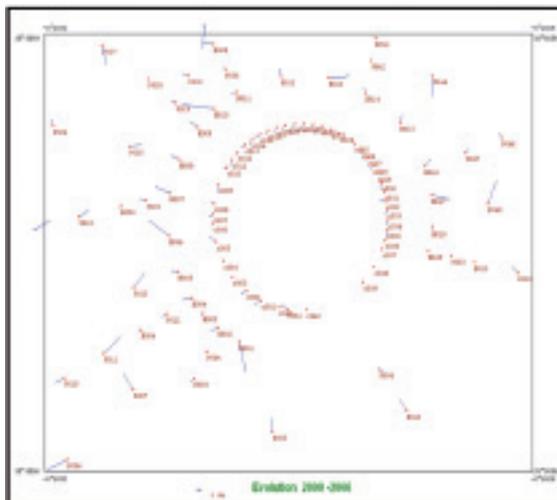


Figure 5. Déplacements planimétriques des points du réseau entre les époques Février 2000 et Février 2006.

Les figures 2, 3, 4 et 5 montrent que la majorité des points du réseau d'auscultation du bac en sol gelé sont soumis à un phénomène de déplacement horizontal dans la direction Nord-Est. La valeur maximale du déplacement est de l'ordre de 110 mm. Le traitement des données GPS multi-époques a permis la détermination des altitudes de tous les points et la restitution des déplacements verticaux au cours du temps. Pour avoir une vue d'ensemble de la déformation verticale, on a tracé sous forme de courbes de niveaux en figures 7, 8, 9, et 10 les déplacements verticaux interpolés sur la zone d'étude. La valeur maximale du déplacement vertical est de l'ordre de 252 mm.

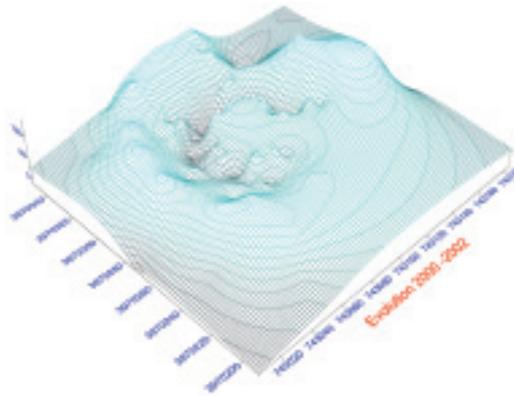


Figure 6 : Déplacements altimétriques des points du réseau entre les époques Février 2000 et Juillet 2002.

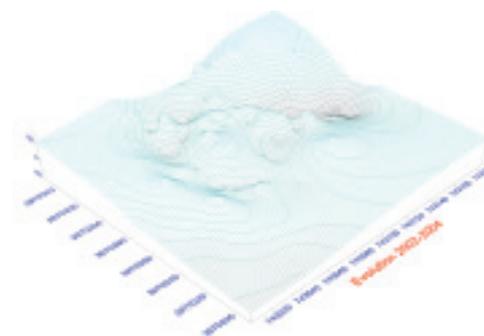


Figure 7 : Déplacements altimétriques des points du réseau entre les époques Juillet 2002 et Juillet 2004.

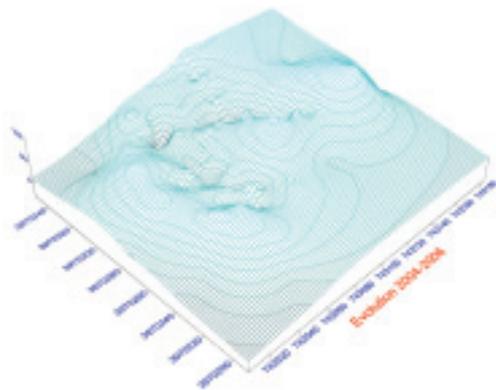


Figure 8 : Déplacements altimétriques des points du réseau entre les époques Juillet 2004 et Février 2006.

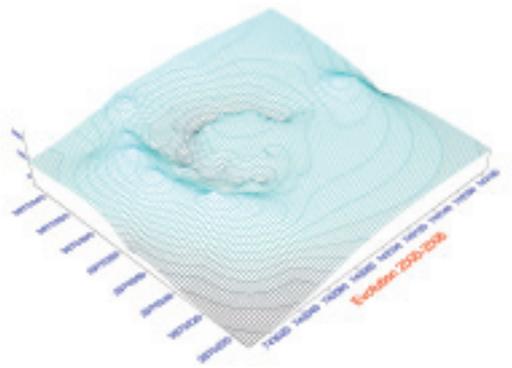


Figure 9 : Déplacements altimétriques des points du réseau entre les époques Février 2000 et Février 2006.

Déplacement altimétrique maximal
252 mm (2000-2006)



Sens des
déplacements
planimétriques

Déplacement planimétrique maximal
110 mm (2000-2006)

Figure 10 : Déplacements planimétriques et altimétriques maximums du bac et de son voisinage entre les époques 2000 et 2004.

- ▶ Les profils altimétriques restitués montrent que le terrain a subi un gonflement plus important côté terre (Sud) que côté mer (Nord).

Conclusion

Dans le cas du bac de stockage souterrain de GNL, toute la précision standard de la technique GPS (EMQ = 5mm ± 1 ppm) peut être exploitée. Le réseau d'auscultation par GPS est plus homogène et plus précis que celui obtenu par techniques classiques. La rapidité des observations et du traitement par GPS réduit considérablement le coût des missions d'auscultation. La figure 8 illustre les différents déplacements maximums du bac et de son voisinage.

Pour compléter les résultats géodésiques et aboutir à une interprétation rigoureuse et objective des déformations mises en évidence, il est impératif d'intégrer d'autres données relatives aux informations structurales (pression de consolidation du sol, perméabilité, isothermes, inspection interne du bac par le moyen endoscopique, etc.).

A l'occasion du 40^e anniversaire du complexe GL4/Z d'Arzew, le ministre de l'Énergie et des Mines, Monsieur Chakib Khelil, a décidé l'arrêt de l'exploitation de ce dernier bac de stockage souterrain de GNL. ●

Contacts

Habib TAIBI - Salem KAHLOUCHE - Ali ZEGGAI - Boualem GHEZALI - Aomar AYOUAZ

Centre des Techniques Spatiales - Arzew
h_taibi@caramail.com

Abdellah BELHADJ

Complexe GL4/Z - Sonatrach Aval - Arzew

Bibliographie

Benamar TOUATI *Expérience de près de 25 ans d'exploitation d'un stockage de GNL en sol gelé*. 1992, revue des hydrocarbures, Sonatrach, pp13

E. GROTEN, R. STRAIB *GPS-Techniques Applied to Geodesy and Surveying*, 1988.

Klaus Linkwitz, Viktor Eisele, Hans-Joachim Mönicke *Applications of Geodesy to Engineering*, Symposium N° 108, May 1991.

Rapport Technique (opérations 00, 01 et 02) DEPT / CNTS *Auscultation topographique du bac de stockage de GNL en sol gelé GL4/Z*, 1998, CNTS, pp 52.

H.TAIBI *Auscultation du bac de stockage : résultats (2000-2004)*, 40^e anniversaire de GL4Z, Septembre 2004, Arzew, pp12.

ABSTRACT

Key words: Auscultation, prevention, GNL, GL4Z, réservoir, GPS, displacement.

The prevention of industrial risks represented in our case by the storage tank (built in 1964) of GNL (Liquefied Natural Gas) in frozen ground of SONATRACH GL4 / Z complex required the use of GPS (Global Positioning System) satellites positioning data. The tests are performed for the geometric auscultation of the tank from periodic observations. The geodetic measurement campaigns consisted on four operations, spaced on twenty-four (24) months for the months of (February 2000, July 2002, July 2004 and February 2006). The methodology developed in this study is based on the use of a phase measurement of GPS signals in static and fast static modes. However, the comparison of the processing results provided by the four GPS campaigns observations, allowed us to highlight a displacements of about 110 mm in planimetry and 252 mm in altimetry. The profiles obtained show that the land has undergone a more important inflation side land than side sea, and all the stations of the network have an horizontal motion in the North-East direction. Following these results, the last tanks in excavation existing in the world were put out of service in July 2007.

Les toponymes : une source de conflits ?

■ Pierre JAILLARD

La Commission nationale de toponymie (CNT) paraît être représentée pour la première fois au programme du Festival international de géographie de Saint-Dié-des-Vosges. Mais la toponymie est présente à l'origine même du Festival. En effet, la création de celui-ci à Saint-Dié-des-Vosges est justifiée par le fait que c'est ici qu'a été imprimée en 1507 la première carte dénommant l'Amérique, du nom d'Améric Vespuce, comme on transcrivait naguère encore en français le nom du navigateur italien Amerigo Vespucci. Or, le prénom ainsi rendu éponyme de l'Amérique vient lui-même du nom germanique Amalric, qui comprend, comme presque tous les noms germaniques, deux racines : en l'espèce, amal, qu'on retrouve dans le nom des rois wisigoths Amalris mais dont le sens reste obscur, et rik, qui signifie "puissant". Voilà donc l'Amérique désignée étymologiquement comme puissante, prémonition qu'on ne peut manquer de relever en ouverture d'une conférence sur les toponymes comme sources de conflits, du moins en guise de clin d'œil...

Un autre exemple nous introduira à la fois dans les deux thèmes du Festival en 2008, les conflits et le Japon, en lien avec la toponymie. Il s'agit des rochers du Liancourt, dont la souveraineté est contestée entre le Japon et la Corée du Sud, conflit qui a rebondi en juillet dernier. Leur dénomination française se réfère au baleinier *Le Liancourt*, basé au Havre, qui a découvert l'archipel aux yeux des Occidentaux le 27 janvier 1849. Le nom français a servi de modèle aux noms anglais *Liancourt Rocks*, espagnol *rocas de Liancourt*, italien *rocce di Liancourt*, néerlandais *Rotsen van Liancourt*, portugais *rochas de Liancourt*...

Or, cette diffusion s'explique notamment par l'avantage que présente ce nom de neutraliser l'aspect lexical du différend territorial. En effet, cet archipel est appelé en coréen *Dokdo* (littéralement, "île isolée", avec le nom générique *do*, "île"). Mais le 22 février 1905, le Japon l'a rebaptisé en japonais *Takeshima* (avec le nom générique *shima*, "île"). Le nom spécifique japonais *Take* est, soit transcrit du coréen *Dok*, prononcé à la japonaise,

soit tiré du japonais *take*, "bambou", soit issu d'une confusion entre les deux. Aucun bambou ne pousse en effet sur ces rochers arides, mais la plante est difficile à déraciner une fois qu'elle a conquis un territoire, et elle pouvait symboliser le déploiement à venir de l'empire japonais. Le changement de nom par lui-même et le choix du nouveau nom semblaient donc bien l'un et l'autre exprimer une logique de conflit.

Plus positivement, comme tous les noms propres, les toponymes, ou du moins ceux qui désignent des lieux habités, sont signes et facteurs d'identité pour ceux qui s'y reconnaissent. Comme les noms de famille, ils fédèrent des groupes humains particuliers. Francis Bacon rangeait ainsi l'unicité du nom au centre de la constitution d'une unité politique. Il conseillait en 1603 à Jacques I^{er} Stuart de nommer Grande-Bretagne les royaumes réunis d'Angleterre et d'Écosse, "comme moyen privilégié d'une meilleure union et d'une agglutination de plusieurs royaumes (...) car, bien qu'il paraisse être une manière superficielle

et étrangère, le nom produit beaucoup d'impression et d'enchantement". Et Bacon alléguait les exemples de la Grèce constituée contre la Perse, de l'Helvétie unifiant la confédération suisse, et de l'Espagne.

Les toponymes sont très souvent issus d'une dénomination dans une langue donnée, comme le nom coréen des rochers du Liancourt. Le nom de Saint-Dié renvoie à saint Déodat ou Dieudonné, qui a fondé au VII^e siècle le monastère bénédictin autour duquel s'est constituée la ville ; la référence est ici historique. En revanche, le nom de la Meurthe pourrait venir du germanique *muor*, "marais", qu'on trouvait en amont de Saint-Dié. Et le nom de la préfecture dérive bien d'une description géographique : Épinal a été fondé vers le X^e siècle et connu alors sous le nom de *Spinalium*, qui vient du latin *spinalis*, qui peut avoir deux sens : "relatif à l'épine dorsale", ce qui s'applique bien à l'arête de grès sur laquelle a été fondé l'ancien château des évêques de Metz ; ou bien "couvert de buissons épineux", de *spina*, "épine, buisson épineux".

Par cette référence historique ou géographique, et peut-être plus encore par la langue dans laquelle elle s'exprime, les toponymes portent donc une mémoire historique et culturelle et se prêtent ainsi à cristalliser des tensions politiques. Ils peuvent donc apparaître, du niveau local au niveau international, comme des sources de conflits, dont ils sont peut-être des catalyseurs, ou au moins des enjeux.

Cette apparence peut être percée en trois temps :

- comment les toponymes sont-ils mis en place ?
- les types de conflits existant en toponymie ;
- les principes de traitement de la toponymie étrangère.

► La mise en place des toponymes

Ces enjeux symboliques justifient l'intervention publique dans la mise en place des toponymes. Cette intervention reste cependant variable, d'une part par le champ de compétence, et d'autre part par le processus suivi.

■ Les autorités toponymiques

La plupart des objets géographiques ressortissent à une souveraineté ou à une autorité internationale², qui sont susceptibles d'organiser la gestion de leurs noms et qui s'en privent rarement, que ce soit sous forme de décisions arbitraires ou de procédures élaborées.

Les décisions arbitraires dominent notamment les périodes de conflits, car rebaptiser les lieux est l'une des affirmations les plus visibles du pouvoir.

Parfois, ces décisions paraissent se référer à une histoire plus ou moins réécrite. En Afrique, plusieurs changements de nom ont marqué les indépendances nationales. Le nom de Soudan³ était donné à une colonie française et à une colonie britanno-égyptienne, à deux bouts du Sahara. Mais le Soudan français a pris son indépendance sous le nom de Mali⁴, reprenant le nom d'un ancien royaume musulman s'étendant de l'Atlantique au Niger. La toponymie dérivée en a été perturbée, car une rue du Soudan, à Paris, avait été dénommée en référence au Soudan français, alors qu'elle est maintenant perçue comme relative au Soudan actuel. Le Mali avait par ailleurs englobé au XIII^e siècle l'empire du Ghana⁵, dont le nom avait aussi été repris, par la Côte-de-l'Or en 1957.

Rebaptiser les lieux peut aussi constituer une affirmation idéologique. La Révolution s'est efforcée d'effacer toute référence "à la féodalité et à la superstition", assez souvent jusqu'à l'absurde. Elle a dénommé les nouveaux départements sans aucune référence aux provinces d'Ancien Régime, bien qu'ils en aient souvent épousé les frontières, règle que les Savoyards ont obtenu de ne pas se voir appliquer lors de leur rattachement en 1860. Les communes n'ont pas échappé à ce révisionnisme. Saint-Dié est devenu



© Festival International de Géographie.

Première carte au monde à porter le nom America. Dessinée par Martin Waldseemüller et imprimée à Saint-Dié-des-Vosges, "Marraine de l'Amérique", en 1507.

(Original : 1,29 x 2,32 m, 12 feuilles).

Ormont, du nom de son point culminant. Les nombreux Saint-Symphorien de France n'ont pas seulement perdu leur adjectif de sainteté, mais aussi la première syllabe du prénom, coupable d'y être homophone, et ces noms se sont trouvés "raccourcis" en Phorien⁶.

De même, Grenoble devenait Grelibre. Pourtant, si ce nom comprend le nom d'un "despote", ce n'est pas dans la syllabe "noble". C'est l'ensemble "Greno" qui vient du nom de l'empereur romain Gratien, donné au IV^e siècle à l'ancienne *Cularo*. La finale "ble" vient du grec polis, "ville", puisque le pouvoir s'était déplacé à Constantinople et que le grec était devenu la langue dominante : l'équivalent contemporain de *Gratianopolis*, Grenoble, c'est *Saddamcity*, dans la banlieue de Bagdad, rebaptisé depuis *Al Thawra*, "la révolution", ou encore *Sadrcity*, du nom du chef religieux tué par Saddam Hussein. En Hongrie, l'histoire et l'idéologie ont occulté de nombreux toponymes magyars. Après le traité de Trianon, les Carpates n'avaient que des noms hongrois. Après la Seconde Guerre mondiale, les noms des pays voisins ont été ré-exprimés en langue nationale, et les noms magyars strictement limités au territoire hongrois.

Du coup, c'est souvent une façon d'apaiser les conflits que d'élaborer des procédures de dénomination concertée des lieux. C'est d'ailleurs sur ce sujet que porte le seul cas en Europe où un référendum local soit obligatoire : en

Irlande, tout changement de nom de rue doit en effet être approuvé par référendum local.

En France, les procédures diffèrent selon les lieux à dénommer. Les noms de voies de communication (rues, places, quais, etc.) relèvent de la compétence exclusive des communes, par simple délibération municipale. En revanche, les noms des collectivités territoriales (les communes, les départements, et depuis 1982 les régions) ne peuvent être modifiés que par décret en Conseil d'État, sur proposition des collectivités intéressées, et le plus souvent à leur demande, après avis consultatif d'une Commission de révision du nom des communes instituée par arrêté du ministre de l'Intérieur du 15 août 1948⁷. C'est au terme de cette procédure que Saint-Dié est devenu des-Vosges par décret du 21 décembre 1999. Entre les voies de communication et les collectivités locales, il y a les établissements publics de coopération entre collectivités locales : communautés de communes ou d'agglomération, syndicats intercommunaux, interdépartementaux ou mixtes, pays, etc. Pour eux, le Code des collectivités territoriales n'a pas prévu de procédure spécifique, et par défaut, c'est celle de leur création qui s'applique : les collectivités territoriales participantes se choisissent un nom et le préfet l'approuve avec la création de l'établissement public.

Comme on le voit, la Commission nationale de toponymie n'intervient pas



directement dans ces processus, bien qu'elle soit largement représentée à la Commission consultative de révision du nom des communes. C'est que son rôle est moins celui d'une instance opérationnelle que celui d'une sorte d'académie chargée de dégager de l'usage des règles générales et de les faire appliquer par ses aînées, puisqu'elle n'a été créée qu'en 1987 et dotée de compétences officielles que par décret du 28 septembre 1999. Or, les soixante années de fonctionnement de la Commission consultative du ministère de l'Intérieur ont produit une doctrine solide et cohérente pour les noms de collectivités territoriales.

La CNT n'a donc pas lieu d'intervenir en tant que telle, et c'est l'avis de cette commission qui est déterminant auprès du Conseil d'État et du Gouvernement. D'autres commissions créées plus récemment pour d'autres catégories de noms n'ont pas acquis la même rigueur et obligent la CNT à intervenir directement dans leurs travaux ; mais ce n'est pas sur les conflits administratifs que porte cette conférence.

Dans beaucoup de pays en développement, aucune procédure n'existe encore. Il est vrai que la toponymie n'y joue pas forcément le même rôle pratique, par exemple pour l'adressage du courrier : pour l'Afrique noire, mieux vaut souvent inscrire sur l'enveloppe une boîte postale qu'une adresse avec numéro dans une rue, ni les numéros ni les noms de rues n'étant généralement affichés sur le terrain⁸. Mais le besoin de stabilité commence à se répandre, et avec lui le souci d'établir des procédures de dénomination. Une décision très encourageante vient d'être prise à cet égard pour l'Afrique de l'Ouest, en août dernier à Ouagadougou, par les directeurs d'instituts géographiques de ces pays.

■ *La lexicographie et la cartographie*

Mais en droit, l'officialisation d'une autorité toponymique n'est opposable qu'à ceux qui en relèvent. Or, beaucoup de lieux, même ressortissant à une seule souveraineté, n'ont aucune procédure de dénomination particulière : c'est souvent le cas des montagnes, des

cours d'eau, des régions naturelles ou historiques... Et puis certains ne ressortissent à aucune aire linguistique (les océans, l'Antarctique) ou ressortissent à plusieurs (la plupart des mers, beaucoup de fleuves). Dans tous ces cas, les noms relèvent de l'usage, qui est le souverain maître en matière de langage, comme toutes les autorités linguistiques en conviennent. Mais l'usage s'établit souvent à l'oral, et il a besoin de règles d'écriture générales pour être orthographié de façon cohérente (emploi des majuscules et des traits d'union, traitement des mots en langue régionale). La CNT s'efforce de dégager les tendances qui paraissent gouverner ce passage de l'oral à l'écrit et plus généralement l'usage, pour les proposer comme lignes directrices au public, et notamment à la presse d'une part, aux lexicographes et aux cartographes d'autre part.

Cette référence à l'usage est essentielle. La toponymie a longtemps été dominée par la cartographie, et une inscription sur une carte paraissait prévaloir sur toutes les attestations lexicographiques ou littéraires... Mais la géographie ne se limite ni à la cartographie ni à la lexicographie, et l'emploi des toponymes ne se limite pas à la géographie.

Il est cependant vrai que la cartographie constitue depuis l'Antiquité la principale modalité de présentation des toponymes en tant que tels, que ce soit sur les cadastres, qui ont été dressés depuis les civilisations mésopotamiennes et qui sont souvent incroyablement précis, comme le cadastre romain d'Orange, ou que ce soit sur les cartes purement géographiques, comme celle d'Eratosthène environ 200 ans avant Jésus-Christ, ou encore la "table de Peutinger", premier véritable guide de voyage, remontant probablement aux III^e-IV^e siècles après Jésus-Christ. Les cartographes ont par suite élaboré et appliqué, les premiers et avec le plus de constance, une méthode scientifique de recueil sur le terrain des toponymes en usage. Cet apport majeur est dû à César-François Cassini, qui a dirigé avec son fils Dominique une grande enquête systématique en France, de 1747 à la fin de l'Ancien Régime, afin de fixer l'ortho-

graphe des inscriptions portées sur la carte au 1/86400 qu'il élaborait en tant que membre de l'Académie des sciences. Leur carte a été achevée de publier en 1815, et elle est devenue la référence, non seulement pour les géographes civils, mais aussi pour les écrivains alors en veine de couleur locale. La fiscalité locale motiva un nouveau recensement de la toponymie française, de 1807 à 1850 par le Cadastre, avec cette fois le niveau de détail correspondant à une cartographie à des échelles supérieures au 1/10 000. En 1940, le service géographique de l'armée est devenu l'Institut géographique national (IGN), et celui-ci s'est doté en son sein d'une commission de toponymie chargée d'arbitrer l'orthographe des mentions toponymiques de ses cartes, dans l'esprit de l'enquête de Cassini. Cette commission travaille toujours pour collecter, ou le plus souvent maintenant pour vérifier tel ou tel toponyme contesté par un lecteur.

L'ancienneté et le systématisme de ces travaux donnent à la cartographie une nette avance, non seulement en matière de rigueur, mais aussi en matière d'exhaustivité. L'IGN recense environ 1 500 000 toponymes, et le cadastre 6 000 000, ce avec quoi aucun dictionnaire ne peut rivaliser. Mais la méthode de Cassini a aussi été reprise par les lexicographes pour objectiver l'orthographe de leurs entrées, qui restait parfois arbitraire⁹.

■ *Les modes de mise en place des toponymes*

Ce survol des procédures des autorités toponymiques et des méthodes lexicographiques et cartographiques a déjà mis en évidence plusieurs modes de dénomination des lieux. Pour récapituler et systématiser, on peut distinguer la création toponymique et l'officialisation de l'usage, mais l'un et l'autre modes sont moins différents qu'il n'y paraît à première vue.

En effet, la création toponymique se caractérise par l'existence d'une décision de dénomination, mais elle est finalement tellement décentralisée que sa connaissance peut être difficile à établir. Elle repose entièrement sur les autorités publiques qui créent les enti-





tés désignées (l'État pour les noms des collectivités locales, les communes pour les noms des voies de communication) ou sur les propriétaires publics ou privés des objets désignés (maisons, îles désertes, lacs canadiens). Même lorsque l'auteur est une personne publique, et que la décision est donc formalisée, il reste à en avoir connaissance : par exemple, l'obligation pour les communes d'informer le Cadastre de toute nouvelle dénomination de voie est très mal appliquée. En tout cas, en France, les autorités spécialisées en toponymie ne contribuent paradoxalement pas du tout à la création toponymique, alors que, par exemple, la Commission de toponymie du Québec rend un avis obligatoire, et parfois conforme, sur tous les projets de dénomination.

Mais la plupart des toponymes naissent d'un usage qui demande à être reconnu et officialisé. Souvent en effet, plusieurs usages coexistent et la tâche des autorités toponymiques ou des lexicographes consiste justement à identifier et à consacrer un "bon usage" préférable aux autres variantes. Ce choix peut reposer notamment sur la cohérence interne au regard des règles générales, sur les fréquences respectives des différentes variantes si elles sont significatives (ce qui par exemple n'est le cas pour aucune des plus de soixante variantes d'Iekaterinbourg), ou parfois encore sur la fidélité étymologique (mais seulement pour arbitrer entre variantes réellement en usage, et sans reconstitution hasardeuse). Parfois, ces différents critères se combinent. Par exemple, la forme "rochers du Liancourt" est la plus conforme à l'origine du nom.

Cependant, on rencontre plus fréquemment une variante sans préposition : "rochers Liancourt". Elle s'explique par un glissement de la référence, du baleinier à son propre éponyme : le duc de Liancourt. En effet, les toponymes se référant directement à des anthroponymes se composent par apposition (le boulevard Voltaire, l'avenue Foch, les îles Cook, etc.). D'ailleurs, les pays portant le nom d'une personne ne prennent pas d'article : on parle de l'atlas d'Israël, et non de l'Israël. On rencontre aussi la forme "rochers de Liancourt", mais elle

doit être évitée, car elle correspondrait grammaticalement à une référence directe à l'actuel chef-lieu de canton de l'Oise dont le philanthrope portait le nom, ce qui est très improbable¹⁰.

Mais il arrive aussi, lorsque ces usages sont des enjeux de conflits culturels ou politiques, que les toponymistes les traitent moins en arbitres qu'en partisans, notamment lorsque l'objet géographique ne relève pas d'une seule autorité. Ainsi, en août 2007 à New York, le délégué israélien à la IX^e Conférence des Nations unies sur la normalisation des noms géographiques a présenté le projet d'hébraïser systématiquement les toponymes du Grand Israël, y compris dans les Territoires palestiniens, sous le titre "ne marchons pas sur les plates-bandes les uns des autres". Inutile de dire qu'il a été rejeté, même pour une application limitée au seul territoire d'Israël.

Les types de conflits existant en toponymie

Voilà un bel exemple de conflit finalement évité en matière de toponymie. Malheureusement, tous ne sont pas évités, et on peut caractériser quelques exemples de traduction de ces conflits en toponymie, en distinguant les nombreux conflits positifs entre variantes désignant un même lieu et les curieux conflits négatifs.

■ Les conflits positifs entre désignations d'un même lieu selon la référence géographique

De nombreux conflits, dans leur très grande majorité paisibles, opposent des variantes liées à des différences de référence géographique. On peut en effet facilement comprendre que des objets géographiques communs à plusieurs cultures peuvent assez naturellement être identifiés par ces différentes cultures en fonction de références différentes. Et inversement, voir un objet géographique de ce type désigné par un même nom dans différentes langues est le signe, soit d'échanges entre les cultures concernées, soit le plus souvent d'une dénomination par une culture lointaine et donc globalisante.

Le nom de l'Amérique illustre cette distance entre l'objet désigné, en l'occurrence le Nouveau Monde, et l'auteur du nom, un cartographe déodatien qu'on me pardonnera de qualifier d'obscur. La dénomination européenne, ou plutôt sa deuxième syllabe, *mé*, a été transcrite en chinois pour former 美洲, *Meizhōu*, où *měi*, signifiant "beau", n'a qu'une valeur phonétique, et où *zhōu* signifie "continent", puis 美国, *Měiguó*, avec *guó* signifiant "pays, empire". En revanche, le japonais désigne l'Amérique d'un nom tout à fait autonome, qui n'est ni une transcription ni une traduction : 米国, *Beikoku*, où *bei* est tiré du "grain de riz" (qui a une grande valeur symbolique) et *koku* signifie "patrie" et se trouve représenté par le même idéogramme que le chinois *guó*, "pays", dans l'écriture idéographique du japonais.

À défaut de conflit, ce genre de différence de dénomination peut avoir au moins provoqué des hésitations dans l'usage. Par exemple, le grand lac frontalier entre la France et la Suisse est appelé en Suisse, selon le canton, soit lac de Genève (ou en allemand *Genfersee*, de *Genf*, "Genève" et *See*, "lac"), soit lac de Lausanne, et chez nous, plutôt lac de Genève du XVI^e au XVIII^e siècle, et plutôt lac Léman depuis, sans d'ailleurs que l'origine de ce dernier nom soit bien connue.

■ Les conflits positifs entre désignations d'un même lieu selon l'origine linguistique

Ce dernier exemple montre aussi que la langue d'expression peut entraîner des différences importantes, même à référence géographique identique. Beaucoup de ces cas sont parfaitement apaisés, mais il est très significatif de relever que, lorsqu'ils sont conflictuels, ces conflits apparaissent souvent beaucoup plus sensibles que ceux qui ne dépendent que de la référence géographique. C'est évidemment particulièrement le cas quand les langues en question sont proches et peu ou prou concurrentes.

Par exemple, le français, l'allemand et l'italien ne sont plus guère concurrents, même en Suisse, et nous pouvons sans chagriner personne appeler Forêt-Noire



le massif appelé en allemand *Schwarzwald*, de même que le mont Blanc est appelé en italien *monte Bianco*. Mais en France même, la question se pose souvent pour les langues régionales, et avec une sensibilité croissante. De même, l'anglicisation des toponymes québécois paraît incongrue au Canada, et les toponymes belges sont l'enjeu de tensions bien connues entre les communautés wallonne et flamande, qui vont jusqu'à interdire à des commerçants tout affichage bilingue en zone non officiellement bilingue.

Un cas extrême a été atteint lors de la guerre des Malouines de 1982, où le général britannique, Sir Jeremy Moore, a refusé au général argentin Menendez une version de son acte de reddition dans lequel il ajoutait entre parenthèses le nom espagnol, *islas Malvinas*, après le nom anglais, *Falkland Islands*, au prétexte que cela aurait été un "terme de propagande". Naturellement, il s'agissait surtout d'humilier l'ennemi, puisque l'emploi du nom français, dont dérivait le nom espagnol, était loin d'être autant contesté à la France, qui soutenait le Royaume-Uni... Un accord britannico-argentin du 14 juillet 1999 mentionnait encore que "*The Argentine Government is prepared to look at the question of toponomy in the Falkland Islands.*"

Plus récemment, l'indépendance du Kosovo a aussi donné lieu à un débat de ce genre. Elle a été proclamée le 17 février 2008 à Pristina, et reconnue par la France le lendemain. Elle présente évidemment surtout des enjeux politiques, mais elle pose aussi des questions de langage. En effet, le Kosovo se sépare de la Serbie, où le serbe est la seule langue officielle, écrite sous deux formes : officiellement en alphabet cyrillique et couramment en alphabet latin. Mais l'indépendance est principalement le fait de la majorité parlant l'albanais, langue écrite en alphabet latin. Et d'autres langues y sont aussi parlées : le tzigane, le turc, le croate, etc. Or, le nom de la capitale se prononce de la même façon en serbe (Priština) et en albanais (Prishtina) mais s'écrit différemment, et nous avons dû prendre position sur l'orthographe française, selon des règles évoquées ci-après. Mais aupa-

ravant, il y a quelques années, l'association Patrimoine sans frontières y avait organisé une exposition et affiché des calicots dans trois langues, en commençant par le calicot anglophone, où Pristina s'écrit comme en serbe (à l'exception du *hasek*, dit aussi la *kljukica* ou encore "l'hirondelle", sur le S). Un attroupement hostile s'est alors constitué, et ne s'est dispersé que quand a enfin été déployé le calicot albanophone.

Des réactions similaires ont été observées par Radio-France pour des questions de prononciation, quand ses journalistes interrogeaient les Caiotes sur le Sinaï, prononcé *Sinail. En effet, cette prononciation vient de l'hébreu, alors que la prononciation arabe est *Sinaa. Cette radio nous a alors interrogés. Nous observons quant à nous que la façon naturelle de prononcer en français le nom écrit est *Sinahi, et nous estimons préférable de s'y tenir pour éviter de paraître prendre parti sur une question de légitimité qui reste sensible.

À défaut de choix dicté par les principes en vigueur, ces conflits positifs se règlent souvent en reconnaissant une forme principale et des variantes, en limitant le nombre au minimum, et en les soumettant toutes à l'arbitrage de l'usage.

■ *Les conflits négatifs ou dénis de toponymie*

À l'inverse de ces conflits qu'on peut qualifier de positifs entre plusieurs variantes, il existe curieusement aussi des conflits négatifs. Ils sont plus rares mais souvent très douloureux, car ils surgissent quand une autorité veut empêcher l'usage de tel ou tel toponyme, le plus souvent en vue de manipuler la mémoire historique.

Le plus souvent, il s'agit de revendiquer l'exclusivité du toponyme, afin d'éviter un argument irrédentiste. Le cas le plus brûlant actuellement est celui de la Macédoine. À l'époque de la Yougoslavie, une république yougoslave et trois "périphéries" grecques portaient ce nom, hérité d'une Macédoine antique qui débordait de ces quatre entités sur la Bulgarie, un peu sur l'Albanie et même sur la Serbie.

La dissolution de la Fédération yougoslave en 1992 a fait de l'ancienne république yougoslave de Macédoine un sujet de droit international, à la différence des Macédoines grecques.

Du coup, la Grèce s'est alarmée des irrédentismes que cela pourrait faire naître, et elle s'oppose farouchement depuis lors à toute officialisation du nom constitutionnel de ce nouvel État, qui se traduirait par "République de Macédoine". Son opposition s'est portée contre absolument tout ce qui pouvait valoriser le radical du nom, jusqu'au code MK attribué par l'ISO, et même le classement alphabétique de ce pays à la lettre M dans les listes. Dans les années 1990, le premier ministre grec Constantin Mitsotakis avait même proposé le nom de République du Vardar ou Vardarie, du nom du fleuve qui arrose la capitale, Skopje. En 2005, les Nations unies ont lancé l'idée d'un nom macédonien sans traduction : "Republika Makedonija-Skopje".

Les Nations unies empruntaient là deux voies déjà ouvertes par d'autres pays, avec des succès variables. L'idée d'une absence de traduction est tout à fait contraire aux pratiques linguistiques, notamment pour les noms de pays. Elle est revendiquée par quelques pays, pour des raisons diverses et à des degrés divers. Par exemple, la Biélorussie, la Moldavie ou la Birmanie souhaiteraient être appelées dans toutes les langues par leur nom local, ce qui est une prétention tout à fait contraire à l'usage en tout cas pour le français. Le Timor oriental voudrait qu'on ne traduise pas l'adjectif portugais et qu'on l'appelle le Timor-Leste. Le Salvador voudrait qu'on ne traduise pas son article et que nous l'appelions "le El Salvador", ce dont on appréciera la pertinence... Les anglophones ont une approche moins linguistique et plus normative, et la Côte d'Ivoire a obtenu que son nom ne soit plus traduit en anglais par Ivory Coast, comme c'était l'usage, ce qui lui a permis de gagner quelques places aux Nations unies, où c'est l'ordre alphabétique anglophone qui sert à classer les pays. Quant à nous, même si nous voulions imposer le nom macédonien envisagé, l'usage se chargerait de toute façon de le traduire en



▶ français par République de Macédoine-Skopje, et de l'abrégier en Macédoine-Skopje si ce n'est en Macédoine tout court, comme c'est déjà le cas au moins oralement.

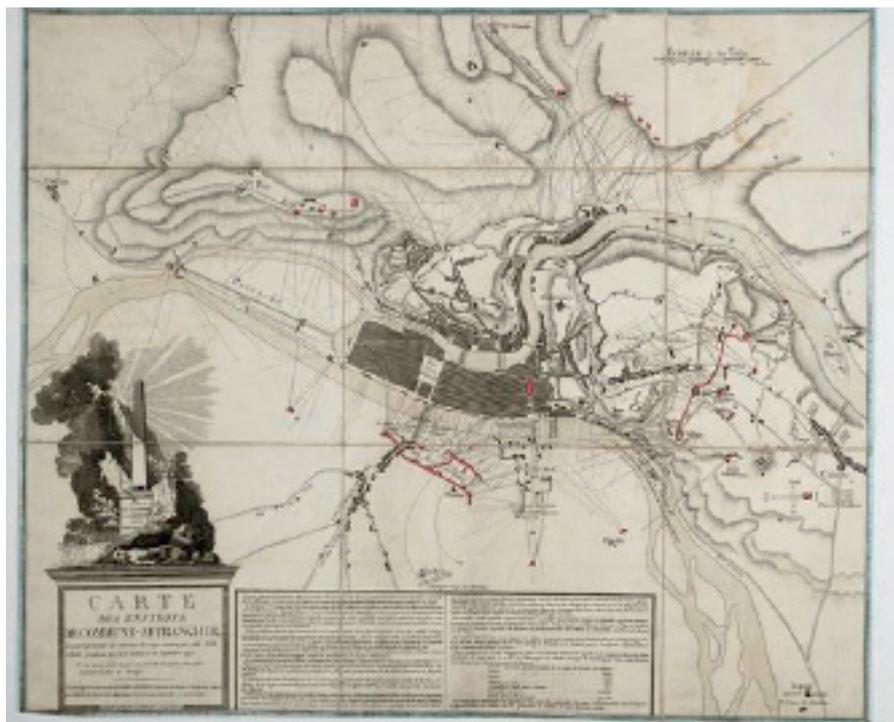
L'autre voie empruntée par la proposition des Nations unies consiste à qualifier des pays homonymes pour les distinguer. On a déjà ajouté à un nom de plusieurs pays homonymes celui de sa capitale : les deux Congos étaient naguère encore officiellement distingués par l'ajout du nom de leurs capitales respectives, Brazzaville et Kinshasa, ce qui reste couramment usité ; la Guinée-Bissau se distingue de la Guinée équatoriale et de la Guinée tout court, qu'on appelle du coup souvent la Guinée-Conakry. Mais on peut aussi qualifier des homonymes par une opposition géographique, comme le français le fait pour les deux Corées, du Nord et du Sud. Et on peut enfin adopter des variations morphologiques, comme pour la Dominique et la République dominicaine (parfois appelée aussi la Dominicanie), ou pour le Guyana anciennement britannique, qui se distingue ainsi de la Guyane toujours française. Mais il faut évoquer aussi les conflits toponymiques négatifs les plus douloureux : ceux qui visent expressément à nier l'histoire. Deux exemples peuvent être cités.

Le premier, c'est celui de ma ville de Lyon. En 1793, elle s'insurge contre la Terreur. Le 12 octobre, pendant son siège par les armées révolutionnaires, la Convention vote sur instruction de Barrère un décret qui dispose :

"La ville de Lyon sera détruite ; tout ce qui fut habité par les riches sera démoli ; il ne restera que la maison du pauvre, les habitations des patriotes égorgés ou proscrits, les édifices spécialement employés à l'industrie et les monuments consacrés à l'humanité et à l'instruction publique."

« Le nom de Lyon sera effacé du tableau des villes de la République. La réunion des maisons conservées portera désormais le nom de Ville-Affranchie."

"Il sera élevé sur les ruines de Lyon une colonne qui attestera à la postérité les crimes et la punition des royalistes de cette ville, avec cette inscription : « Lyon fit la guerre à la liberté, Lyon n'est plus »."



Carte de Lyon sous la Terreur avec en cartouche le monument prévu par décret.

Le 31 octobre, un nouveau décret proscribit les mots de ville, bourg ou village, au profit de celui de commune, et le nom devient Commune-Affranchie. De fait, les armées révolutionnaires prennent la ville, massacrent les "contre-révolutionnaires", démolissent la place Bellecour. Heureusement, la dictature montagnarde tombe le 9 thermidor an II (27 juillet 1794), et le conseil municipal de Lyon reçoit le 21 vendémiaire an III (par un hasard du calendrier, le 12 octobre suivant, celui de 1794) le décret de la Convention réhabilitant la ville et lui rendant son nom. La liesse est telle qu'il arrête à l'unanimité une fête annuelle tous les 21 vendémiaire.

Le second exemple est celui des villages contaminés par l'explosion nucléaire de Tchernobyl, le 26 avril 1986, principalement en Biélorussie, bien que Tchernobyl soit en Ukraine, compte tenu de la direction du vent. Dans la zone dite d'exclusion, jugée trop gravement contaminée pour rester habitée, plus de 400 villages ont été non seulement vidés de leurs habitants, mais littéralement enterrés ("on a enterré la terre" a un jour déclaré un ancien habitant), et leurs noms rayés des cartes, privant de racines toute une population. Eh bien, cette privation de racine s'avère avec le temps plus douloureuse

encore que l'apprentissage d'une nouvelle vie, et un cimetière a été créé il y a quelques années avec une pierre tombale par village, où beaucoup d'exilés de la zone d'exclusion viennent se recueillir, ou montrer à leurs enfants nés depuis lors les lieux auxquels ils se rattachent.

Il faut rappeler qu'au contraire, en France, sur neuf villages qui ont été entièrement détruits en 1916 par la bataille de Verdun, cinq, comme Beaumont-en-Verdunois, n'ont jamais retrouvé d'habitants mais ont gardé une existence symbolique, avec chacun un budget, un maire et deux autres conseillers municipaux nommés par le préfet, pour entretenir leurs lieux de mémoire.

Les principes de traitement de la toponymie étrangère

Pour régler tous ces types de conflit, les prévenir ou en limiter les conséquences, deux types de démarche existent. L'une, plutôt diplomatique, consiste à discuter cas par cas avec les parties prenantes, comme on le fait pour la Macédoine, mais cet exemple même montre non seulement que cela mobilise des forces disproportionnées,



mais encore que cela ne permet pas toujours d'aboutir dans des délais raisonnables. L'autre voie, plutôt technique, consiste à établir de façon consensuelle des règles directrices générales, à la fois aussi simples et aussi précises que possible, et à les appliquer avec discernement. Comme l'établissement de procédures pour la mise en place des toponymes, elle est par elle-même une voie d'apaisement. C'est évidemment celle qui est très généralement empruntée par les toponymistes de par le monde, notamment sous l'impulsion du Groupe d'experts des Nations unies pour les noms géographiques (GENUNG). Elle inspire notamment les règles de traitement de la toponymie étrangère élaborées en France, officialisées depuis plus de vingt ans et formalisées en dernier lieu par la recommandation de la CNT approuvée le 15 novembre 2000 par le Conseil national de l'information géographique.

■ Les toponymes, phénomènes linguistiques et culturels

Pour bien comprendre ces règles, il faut partir de ce que la dénomination d'un lieu, et en particulier celle de la partie générique qu'il comprend souvent, est un phénomène linguistique et culturel, et non politique ou géographique. Il peut même arriver que seul un regard extérieur constitue un objet géographique : les Amérindiens n'avaient aucune raison de dénommer le continent où ils vivaient.

Les noms des fleuves montrent bien ce caractère linguistique et culturel. Les fleuves africains avaient traditionnellement souvent autant de noms que de peuples arrosés, signifiant souvent "fleuve" ou "eau" dans leur langue, avant que les explorateurs européens n'unifient leur dénomination à partir de l'un d'entre eux. Le fleuve Congo porte, dans son cours moyen, le nom de Zaïre (de *nzadi*, "fleuve"), qui a été porté l'ancien Congo belge de 1971 à 1997. En Europe, le Danube arrose aussi bien des peuples indo-européens que les Magyars, qui ne le sont pas, et il est appelé *Donau* en allemand, *Dunaj* en slovaque, *Dunav* en serbe et en bulgare, *Dunărea* en roumain et *Dunaj* en



© Patrimoine sans frontières.

Cimetière des villages disparus autour de Tchernobyl.

russe, langues indo-européennes, mais aussi *Duna* en hongrois. L'unité de cette racine dans des langues aussi différentes provient de la dénomination antique grecque et romaine¹¹, d'ailleurs limitée à son cours supérieur, en amont d'Axiopolis (près de l'actuelle Cernavoda en Roumanie), en aval duquel il prenait le nom d'Ister¹². En France même, la Maine¹³ est la rivière qui résulte de la confluence de la Mayenne et de la Sarthe, et qui ne parcourt que quelques kilomètres avant de se jeter dans la Loire. Or, Maine ne paraît pas être une sorte d'abréviation de Mayenne : celle-ci prenait autrefois la forme *Meduana*, peut-être du gaulois *medio*, "milieu" (peut-être entre la Sarthe et la Vilaine), ou plus probablement d'origine pré-celtique, alors que la Maine viendrait du gaulois *Magina*, avec la racine *mag*, "grand, fort" ; si l'évolution ultérieure les a fait converger, ces deux formes anciennes paraissent en tout cas incompatibles avec une étymologie commune.

■ Les exonymes

Même pour les entités ponctuelles, le nom n'a aucune raison d'être le même dans différentes langues, et les lieux les plus couramment désignés dans une langue donnée sont généralement dénommés par un nom propre à cette langue, qu'elle soit ou non parlée localement. Rome et Lisbonne sont des noms propres français au même titre

que Nice ou Perpignan. Mais si la langue du nom n'est pas parlée dans le lieu qu'il désigne, ce nom est appelé un *exonyme*. Les exonymes sont toujours créés par l'usage, jamais par une procédure officielle, et ils peuvent fluctuer avant qu'une forme finisse par s'imposer. Mais ils peuvent avoir plusieurs types d'origine.

Un petit nombre s'est constitué sur des bases communes, par différence de dynamique entre langues, notamment pour les noms de pays et de villes européennes : Londres et *London* viennent tous deux du latin *Londinium*¹⁴, comme Paris et *Parigi* du nom des Parisis, mais chaque langue (français, anglais, italien) a fait évoluer ces étymons selon sa dynamique propre ; c'est le même type de divergence qui a conduit à ce que le nom grec du Danube prenne toutes les formes locales déjà citées, ou à ce que le nom des Francs produise les noms différents de France, Francie, ou Franconie pour désigner des lieux différents.

D'autres exonymes apparaissent par adaptation phonétique ou morphologique du nom local. Les noms formés dans la langue locale, notamment pour des lieux habités ou des peuples (très souvent tirés du mot "homme" dans cette langue), ne sont en effet pas nécessairement adaptés aux particularités d'une autre langue. Sur le plan phonétique, Pékin n'est pas plus éloigné du nom chinois que *Beijing* prononcé à la française.

Sur le plan morphologique, le nom de la Biélorussie fait porter la francisation des noms russe et biélorusse (*Biélorous* et *Belarous*) sur leur terminaison, par une analogie avec la francisation du nom de la Russie qui est étymologiquement justifiée, même si c'est justement ce lien que souhaiteraient gommer les autorités biélorusses. Notons aussi que ce type d'exonyme n'est pas particulier au français, comme on le dit souvent : l'anglais ajoute par exemple des S finaux aux noms de Lyon et de Marseille dont l'origine n'est sûrement ni française ni latine.

Certains noms, ou une partie de certains noms, portent un sens qui reste perçu dans la langue locale. Lorsque





c'est une partie seulement du nom, on l'appelle la partie générique, parce qu'elle sert à préciser la nature de l'objet géographique concerné. Elle appartient visiblement à la langue commune, et en français, elle ne prend d'ailleurs pas la majuscule. Elle peut donc, et même doit être tout simplement traduite comme le reste de la phrase dans laquelle le nom peut s'insérer : l'île d'Elbe, le mont Cassin.

La question est différente quand l'autre partie du nom, qualifiée par opposition de spécifique, garde elle aussi son sens courant : les *Rocky Mountains* et les *Nordfriesischen Inseln* sont traduites par les montagnes Rocheuses et par les îles Frisonnes du Nord. Encore l'usage varie-t-il en français, puisque l'on rencontre aussi bien les Rocheuses que les montagnes Rocheuses, comme la Méditerranée pour la mer Méditerranée.

Certains exonymes ont aussi une origine culturelle. Certains expriment simplement une hystérésis historique plus ou moins importante : mille cinq cents ans après les invasions franques, le grec "moderne" appelle toujours la France *Gallia*. Certains exonymes sont aussi qualifiés d'historiques s'ils ne désignent plus la réalité actuelle mais se réfèrent expressément à une époque donnée de l'histoire du lieu, comme justement la Gaule ou Lutèce désignent la France ou Paris à une époque donnée. De même, Istamboul est notre exonyme actuel pour la capitale économique turque, mais Byzance et Constantinople sont des exonymes historiques.

On trouve même des cas où c'est la langue de transcription du nom local qui donne une connotation historique. Nous appelons toujours Mogadiscio la capitale de la Somalie, alors que l'italien n'y est plus langue officielle depuis 1960 et que ses noms dans les deux langues officielles locales n'évoquent rien au Français moyen, puisqu'il s'agit de *Muqdisho* en somali et *Muqdishu* en arabe. Le nom français de Madras en Inde reproduit l'ancien nom hindi, *Madrās*, probablement dérivé du sanscrit *mandarastra*, "royaume de Manda", une divinité souterraine, avec *rastra*, "royaume", apparenté à rajah. L'adoption en hindi du nom tamoul

(*Chennai*) a simplement transformé en exonyme un nom hindi qui avait déjà donné au XVIII^e siècle le nom commun d'une étoffe.

Tous ces types d'exonymes ont en commun de constituer la façon usuelle de dénommer en français le lieu concerné. Aussi, l'exonyme est prioritaire en français sur le nom local. Le décret statutaire de la CNT fonde cette priorité sur la "conservation du patrimoine toponymique de la France". C'est plus généralement une application de la primauté de l'usage, et aussi une façon de dissoudre les conflits dans une forme de décision collective plus ou moins palpable et dont les autorités toponymiques peuvent ne se présenter que comme les greffiers.

Cette priorité aux exonymes a été expressément combattue par les Conférences des Nations unies sur la normalisation des noms géographiques tenues tous les cinq ans depuis 1967. Mais un renversement pourrait être entériné lors de celle prévue en 2012, comme le laisse espérer la dernière réunion du groupe de travail du GENUNG sur les exonymes, tenue en septembre dernier à Timifloara (Roumanie). Des évolutions majeures ont en effet marqué les mentalités depuis quarante ans en matière culturelle et linguistique.

On peut les résumer par un glissement de définition : j'ai présenté l'exonyme comme le nom d'un lieu où la langue du nom n'est pas parlée ; pour les Nations unies, c'était traditionnellement le nom d'un lieu dans une autre langue que celles qui y sont parlées. Cette inversion de perspective suffit à poser la question tout à fait différemment. De plus, sur le simple plan des faits, les Conférences des Nations unies ont constaté depuis 1987 que les exonymes tendaient au contraire à se répandre, ce qu'on peut attribuer à la mondialisation et au respect de la diversité culturelle, auquel la Conférence de 2007 a expressément appelé en matière de toponymie, appelant aussi à classer les toponymes parmi le patrimoine culturel immatériel protégé par la convention de l'UNESCO du 17 octobre 2003.

Cette priorité aux exonymes peut inspi-

rer aussi une révision de la politique de protection des toponymes en langues régionales, même non officielles. En Finlande, les noms finnois sont doublés des noms suédois pour les zones où la minorité suédoise est supérieure ou égale à 6 % de la population. En France, les principes généraux de leur traitement ont été parfaitement exprimés par la charte de toponymie de l'IGN : "En règle générale, la commission de toponymie [de l'IGN] a pour principe de respecter la forme usuelle actuelle d'un toponyme : elle s'efforce tout d'abord de déterminer l'aire dialectale à laquelle appartiennent les toponymes de la région étudiée, puis elle applique les principes de notation propres à cette aire dialectale. La toponymie est traitée de manière à être comprise et acceptée par les premiers utilisateurs de la carte, à savoir les habitants de la région intéressée. Il n'est question ni de franciser, ni de dialectiser a priori des formes connues, la toponymie devant être aussi proche que possible de l'usage local." Par exemple, la partie spécifique de la combe d'Escane-Cabre dans les Corbières n'est pas traduite de l'occitan pour devenir la combe d'Égorgechèvre ; seule la partie générique, "combe", est naturellement écrite en français, seule langue officielle. Inversement, les nombreux toponymes historiquement formés en langue française n'ont aucune raison d'être volontairement traduits en langue régionale si l'usage de la langue en question ne l'a pas déjà fait spontanément. C'est un débat que nous avons encore avec de trop nombreux militants régionalistes, qui voudraient contraindre l'usage des locuteurs de leur propre langue, en contradiction flagrante avec leur propre cause.

■ La translittération et la transcription

Lorsqu'il n'existe pas d'exonyme français, il est nécessaire de revenir au nom local. Or, certains de ces noms font appel à des particularités d'écriture, qui tiennent à la diversité des systèmes de langue.

Certaines langues utilisent un alphabet non latin (grec, cyrillique, arabe, hébreu, amharique...) ou un système d'écriture syllabique ou idéographique (chinois, japonais...), ou encore, et bien



plus souvent qu'on ne peut le croire, ne sont qu'orales. Ces particularités sont surmontées par des systèmes de transcription et de translittération.

La transcription tente, toujours imparfaitement, de rendre dans une langue donnée la prononciation d'une autre langue, même au sein d'un même alphabet. Elle dépend donc cruciallement de la langue dans laquelle on transcrit. L'étymologie du nom de l'Amérique repose ainsi sur une transcription. Une véritable traduction française du nom italien d'Amerigo Vespucci aurait en effet plutôt été Amaury La Guêpe qu'Améric Vespuce, les deux prénoms, Amerigo et Amaury, ou encore Aymeric, venant du même nom Amalric.

La translittération établit des correspondances biunivoques entre caractères d'alphabets différents. En théorie, cet ensemble de correspondances est une pure convention, plus attachée au signe graphique qu'à la prononciation, et toutes les graphies sont donc acceptables dès lors que la correspondance est bien biunivoque. Des systèmes de translittération ont été mis au point et recommandés par les principaux organismes internationaux de normalisation dans ce domaine, à savoir l'ISO et le GENUNG. Ces systèmes se trouvent parfois en concurrence avec ceux élaborés par les pays eux-mêmes, selon des principes et des objectifs différents, mais qui ne sont pas tous appliqués, même par les pays qui les ont élaborés pour eux-mêmes...

La CNT aborde la translittération dans une perspective plus proche de la transcription, en acceptant de raisonner aussi sur des groupes de caractères, et en tenant compte de la façon dont les alphabets non latins ont été transcrits dans le passé, du moins pour ceux qui ont laissé des traces importantes dans la langue française, comme les alphabets grec ou arabe. Dans cette conception, un système de translittération ne dépend pas seulement des alphabets considérés, mais aussi des langues concernées, comme la transcription elle-même. Des systèmes fondés sur la phonétique française ont en particulier été largement utilisés pour l'arabe. Les graphies résultant de ces systèmes ne

constituent pas des exonymes du fait de l'application de ces systèmes, mais ils peuvent entrer dans l'usage au point de constituer des exonymes faisant obstacle à l'application de nouveaux systèmes, comme on l'a vu pour le nom de l'Irak, qui n'a pas été supplanté par la translittération 'Iraq conforme au système officialisé en 1972 par le GENUNG.

Mais même dans les nombreux pays qui ont adopté l'alphabet latin, on y a souvent ajouté des signes graphiques particuliers, appelés signes diacritiques, qui modifient la valeur phonétique habituelle du caractère de base, comme en français. Lorsqu'il n'a pas créé d'exonymes, l'usage francophone a réservé des sorts très différents à ces noms, suivant leur origine. Pour les noms d'origine espagnole, portugaise, ou issus des langues africaines, ce sont les formes locales, sans accent sur les voyelles, qui ont le plus souvent prévalu tant dans les publications courantes (presse et dictionnaires) que dans les documents scientifiques et techniques, à l'exception de noms entrés dans l'usage courant comme les noms de pays (Nigeria, Venezuela), et cela dès les textes français des accords internationaux du début du XX^e siècle. En revanche, les caractères latins des langues slaves ont toujours été dépouillés de tous leurs signes diacritiques jusqu'à une époque récente, probablement du fait de l'impossibilité de reproduire matériellement ces signes particuliers et du manque d'information sur comment les lire.

Aujourd'hui, les techniques modernes d'imprimerie et la diffusion rapide de l'information ont résolu ces questions. Aussi, la règle de traitement de ces signes diacritiques est la même pour les signes de l'alphabet latin dans d'autres langues et pour les signes introduits par les systèmes de translittération ou de transcription. Elle résulte de la recommandation du 15 novembre 2000, qui prévoit, "en l'absence d'exonyme français attesté, d'utiliser la ou les formes locales actuellement en usage, avec leurs signes diacritiques, pour les noms écrits en alphabet latin, les autres noms étant translittérés ou transcrits selon des principes définis". On admet cependant que les signes diacritiques

qu'il est techniquement impossible de composer puissent être omis, tout en maintenant que la graphie la plus correcte reste celle qui conserve tous les signes diacritiques d'origine.

En conclusion, revenons au Japon pour montrer comment ces principes conduisent à une position équilibrée dans le conflit qui l'oppose aux deux Corées sur la dénomination de la mer qui les sépare. Le Japon soutient la dénomination officielle de l'Organisation hydrographique internationale de mer du Japon. En revanche, les deux Corées sont d'accord entre elles pour revendiquer un nom comme mer de l'Est ou mer Orientale. Ce conflit apparaît de prime abord comme un conflit classique entre variantes désignant un même lieu.

Il est du même genre que celui qui oppose les pays arabes à l'Iran au sujet du golfe Persique, que les pays arabes voudraient que nous qualifions de golfe Arabe. Les Américains utilisent désormais couramment une forme qu'on peut traduire par "golfe Arabe-Persique", et la presse parle plus simplement du Golfe. Mais il faut faire trois remarques :

- une première remarque porte sur la notion d'exonyme. En effet, le conflit ne porte en réalité pas sur les toponymes respectifs des deux pays, mais sur les noms que doit retenir l'Organisation hydrographique internationale (OHI) dans ses langues officielles : l'anglais et le français. Or, aucune de ces deux langues n'est officiellement, ni même couramment parlée dans les pays riverains de la mer du Japon : le Japon, les deux Corées et la Russie. Les noms de l'OHI doivent donc reposer sur l'usage dans les pays anglophones et francophones et non au Japon ou en Corée, et ce sont nécessairement des exonymes. Or, en France, il apparaît clairement que c'est le nom de "mer du Japon" qui est d'usage courant : on trouvera toujours des Français ne sachant pas où c'est, mais aucun qui sache en revanche localiser une "mer de l'Est". Une langue officielle, en fait ou en droit, subit des contraintes particulières ;
- une deuxième remarque est géopolitique. En effet, les positions du Japon et des deux Corées manifestent moins





un banal conflit toponymique qu'un renversement dans la géopolitique des mers : classiquement, la mer est vue comme un espace de communication, ce qui justifierait au contraire que le Japon parle de mer de Corée et la Corée de mer du Japon (comme l'avenue de Versailles est à Paris et l'avenue de Paris à Versailles). Tout au contraire, le conflit présente donc la mer comme un territoire à s'approprier. Pour les lecteurs de Jacques Pirenne¹⁷ et d'Emmanuel Todd¹⁸, ce renversement de perspective évoque d'autres évolutions perceptibles dans le monde contemporain et correspondant bien à un basculement entre deux grands types de civilisation ;

- une troisième remarque est grammaticale. En effet, le conflit prospère aussi sur l'ambiguïté de la préposition "de" en français. Dans les noms des avenues de Paris et de Versailles, la préposition marque la direction (destination ou provenance : cf. le train de Paris). Le conflit la réinterprète dans son sens possessif (cf. les arbres de la forêt). Mais dans le nom français de la mer du Japon, la préposition ne marque aucun de ces deux rapports sémantiques. Elle correspond à l'acceptation que l'Académie décrit ainsi dans son Dictionnaire : "La préposition de introduit un complément permettant de désigner une personne ou une chose parmi d'autres en y associant un nom qui lui est propre." Et pour un locuteur francophone, le nom du Japon situe bien mieux cette mer que le nom de l'Est.

Alors, les toponymes sont-ils sources de conflits ? Oui sans doute, comme tous les éléments d'identité, si on refuse au nom de l'universalisme de les prendre en compte, et si on les laisse donc dominer par les passions. Mais les toponymes sont parfaitement pacifiques si, d'une part, on s'efforce de pacifier les questions d'identité en assumant le potentiel d'enrichissement mutuel que portent les différences culturelles, et si, d'autre part, on convient de traiter la toponymie, non pas d'un point de vue étroitement technique, mais justement de ce point de vue linguistique et culturel qui lui est naturel. ●

Contact

Pierre JAILLARD

Président de la Commission nationale de toponymie.

► **Pour tout renseignement :**
www.toponymie.gouv.fr

- (1) Ernst KANTOROWICZ, *Mourir pour la patrie*, Paris, 1984, p. 130.
- (2) Un astre est dénommé par l'Union astronomique internationale, sur proposition du découvreur, c'est-à-dire du premier à décrire son orbite. Mais la tendance actuelle de cette Union à des noms de code associant des chiffres et des lettres épelées plutôt qu'à de véritables noms comme ceux du système solaire ou des galaxies les plus anciennement connues. Par exemple, l'astéroïde qui pourrait passer entre la Terre et la Lune le 13 avril 2029 s'appelle 2004 MN 4 : 2004 pour l'année de sa découverte, M pour la quinzaine de cette année (I non compris), N et 4 en fonction du nombre de découvertes dans la quinzaine.
- (3) Du pluriel arabe *sūdān*, "noirs".
- (4) *malī* signifie en mandingue "là où le roi vit".
- (5) *ghana* signifie en sarakolé "roi".
- (6) Iès-Charolles, sur-Loire, sur-Sèvre, etc. Symphorien vient du grec *sumphoros*, "qui accompagne, qui convient", avec *sum*, "avec", et *phoros*, "qui porte".
- (7) pris en application de l'ordonnance du 2 novembre 1945.
- (8) Cf. l'étude de Me Titinga Frédéric Pacéré sur l'odonymie de Ouagadougou (<http://www.lefaso.net/spip.php?article28519>).
- (9) La lexicographie était née de l'humanisme de la Renaissance et de son encyclopédisme. Le premier dictionnaire des noms de lieux est issu de travaux préparatoires au premier Dictionnaire de l'Académie française. L'Académie avait en effet considéré à sa création, en 1635, que sa mission d'établir "un dictionnaire de la langue française" comprenait des développements encyclopédiques sur les noms communs, ainsi que les noms de lieux. Mais un demi-siècle de travail un peu chaotique l'a amenée, comme le dit la préface de la première édition de son Dictionnaire, de 1694, à "se retrancher à la langue commune, telle qu'elle est dans le commerce ordinaire des honnêtes gens, et telle que les orateurs et les poètes l'emploient." Le reste des travaux préparatoires a alimenté deux autres dictionnaires : dès 1695 *Le Grand Dictionnaire des arts et des sciences*, signé par "des messieurs de l'Académie française", et en 1708 celui qui nous intéresse, sous la signature de Thomas Corneille : *le Dictionnaire universel, géographique et historique, contenant la description des royaumes, empires, États, provinces, pays, contrées, déserts, villes, bourgs, abbayes, châteaux, forteresses, mers, rivières, lacs, baies, golfes, détroits, caps, îles, presqu'îles, montagnes, vallées...* Il faut retenir de cet épisode que la toponymie était déjà bien vue comme une partie de la langue, comme on le redécouvre après la

contestation de Saussure dans son Cours de linguistique générale (troisième partie, chapitre V, § 3). D'autres dictionnaires de noms de lieux ont bien sûr suivi, et notamment en 1726 celui de l'abbé Saugrain, limité à la France mais très complet. Ce type de travaux a été renouvelé, d'une part par l'imitation de la méthode de Cassini, et d'autre part par l'établissement à la fin du XIX^e siècle d'une science de l'étymologie des noms de lieux, qui est la toponymie au sens propre. Dans un but d'érudition qui a ensuite malheureusement disparu, le ministère de l'Instruction publique créa alors une commission de toponymie, qui recensa systématiquement les toponymes français, en commençant par le Nord et l'Ouest de la France. Mais ses publications ont été interrompues par la Première Guerre mondiale, et n'ont jamais repris ensuite. Une Commission nationale de toponymie et d'anthroponymie fut à son tour créée par arrêté du ministre de l'Éducation nationale du 30 mai 1939, puis recrée par un arrêté ministériel du 1^{er} février 1954, mais elle n'a produit aucun document général, sans doute parce qu'elle n'était composée que de spécialistes.

- (10) Le nom Liancourt prenait anciennement la forme *Landulfi curtis*, "domaine de Landulf", du bas latin *curtis*, "domaine", et d'un nom de personne germanique... et ce dernier nom viendrait lui-même du germanique **landa*, "territoire", et *wulf*, "loup". Même si ce dernier territoire est sans doute à prendre au sens figuré, cette chaîne étymologique montre particulièrement bien la proximité entre les noms de lieux et de personnes !
Un autre exemple est celui du golfe du Bénin : le spécifique Bénin est le nom (masculin) d'un pays appelé localement *Bîni* ou *Ibîni*, avec un article masculin singulier contracté avec la préposition. Mais ce golfe se dénommait autrefois "de Bénin", sans article, par référence à une ancienne cité, aujourd'hui ville du Nigeria : Bénin-City.
- (11) Diodore de Sicile, Appien ; César, Horace. Son étymologie est probablement composite, du sarmate *danū-avi*, où *danū* s'apparente à l'avestique (langue iranienne ancienne) *danū*, "rivière", comme pour le Don, et *avi* au latin *ovis*, "".
- (12) Hésiode, Hérodote.
- (13) C'est la Maine qui a donné son nom au département de Maine-et-Loire, qui aurait donc dû être féminin, et qui est devenu masculin par confusion avec le nom de la province du Maine, ce qui montre la pérennité des identités provinciales au-delà de la création des départements.
- (14) et plus loin du celte *Llyn-Din*, "fort du lac".
- (15) Istanbul vient du nom turc actuellement écrit en alphabet latin Istanbul, qui est considéré comme une altération du grec *eis tēn polin*, "vers la ville". Byzance s'appelait en grec *Byzantion*, et Constantinople *Kōnstantinoupolis*, "ville de Constantin [1^{er} le Grand]".
- (16) § 1.2 (c'est nous qui soulignons).
- (17) *Les Grands Courants de l'histoire universelle*.
- (18) *Après l'empire*, Paris, 2002.

Photogrammétrie et vision par ordinateur

■ Mahzad KALANTARI - Michel KASSER

■ MOTS-CLÉS

Photogrammétrie, vision par ordinateur, matrice essentielle, matrice fondamentale, orientation relative.

Une comparaison est effectuée entre les façons employées en photogrammétrie et en vision par ordinateur pour traiter les problèmes liés à l'acquisition de la 3D à partir d'images stéréoscopiques. Le formalisme

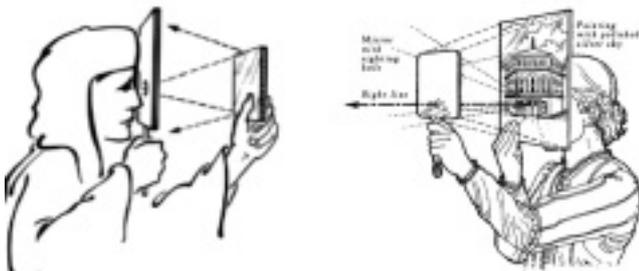
adopté, assez différent, est présenté, et quelques perspectives d'évolution en sont déduites.

Au cours des dernières années, il est devenu de plus en plus apparent que la communauté de vision par ordinateur (*Computer Vision* en anglais), après avoir plus ou moins réinventé tout le corpus de connaissances de la photogrammétrie en partant de zéro, en plus d'un très grand nombre d'autres choses, était en train de marginaliser nettement celle-ci. Le présent article vise donc à évaluer les situations respectives de ces deux domaines techniques, vus par des géomaticiens, et à présenter leurs liens les plus apparents, afin d'essayer d'anticiper ce que sera la photogrammétrie de demain.

Des domaines techniques très proches, et d'histoires très différentes

La photogrammétrie est une technique qui a suivi très directement l'invention de la photographie au XIX^e siècle. Déjà au cours des siècles précédents, différents peintres avaient étudié la perspective en utilisant des dispositifs optiques simples : par exemple, Brunelleschi (Figure ci-dessous), Albert Dürer, etc. L'idée était déjà de fixer sur le papier une image aussi neutre, objective et conforme à la réalité que possible.

Ensuite, l'exploitation d'images pour mesurer les distances de différents objets n'était qu'un simple remploi de techniques de topographie, de type triangulation et intersection.



Et comme les publications de ces techniques, dès le XVI^e siècle, le montraient bien, les applications envisagées étaient d'abord de type militaire : comment ajuster le tir d'un canon, comment cartographier une place forte ennemie sans s'en approcher, etc.

Dès que Nadar a produit au milieu du XIX^e siècle les premières images aériennes, depuis un aérostat, ce sont des applications militaires qui ont encore été le moteur principal de la photogrammétrie naissante. Et A. Laussédad, l'inventeur de cette technique, était polytechnicien et officier du Génie. A cette époque, la cartographie nationale était elle aussi sous tutelle militaire, comme dans pratiquement tous les pays. C'est donc très logiquement que cette technique a été rapidement orientée vers des applications de cartographie, sur des surfaces très étendues, et donc de façon de plus en plus industrielle. En parallèle, les applications architecturales ont aussi été développées dès le début, mais sans rencontrer des débouchés commerciaux de même niveau, et ce ne sont donc pas elles qui ont été prépondérantes.

Ceci pour expliquer que la principale orientation de la photogrammétrie, quasiment dès sa naissance, a été la cartographie à partir de vues aériennes. Beaucoup de conséquences en découlent, en particulier :

- une recherche de précision au meilleur niveau, afin de faire la meilleure cartographie possible avec un nombre minimal de photos,
- un travail avec un axe optique quasi vertical, et donc des photos à axes presque parallèles,
- un travail de restitution qui peut prendre beaucoup de temps, le délai entre la prise de vues et la cartographie résultante pouvant se chiffrer en mois, voire en années.
- des développements qui progressivement ont quitté le domaine académique (avec de nombreuses publications), pour devenir quasi exclusivement du domaine industriel, sans aucune publication. Ceci s'est traduit dans les dernières décennies, lors du passage au numérique, par de véritables boîtes noires sans aucun moyen pour l'utilisateur de savoir ce qu'il s'y faisait exactement. On a d'ailleurs assisté régulièrement à des travaux de recherche, dans des domaines connexes potentiellement usagers de cette technique, qui en réinventaient tout ou partie, par faute de publications accessibles. Quand une technique est ainsi portée par les seuls industriels, c'est un écueil fréquent, les étudiants cherchent des publications de recherche et n'en trouvent pas, alors qu'il s'agit de sciences de l'ingénieur, la partie récente étant presque totalement couverte par le secret industriel.

► **La vision par ordinateur** est par contre un domaine qui n'a guère plus de trois décennies d'existence. Il s'est développé dès qu'on a su numériser des images vidéo, et il couvre de nombreuses applications orientées vers le temps réel, ceci incluant l'extraction automatique d'éléments dans l'image. D'abord, simplement les contours, puis des éléments de plus en plus évolués, tels que des objets connus (des pièces mécaniques empilées en vrac), ceci allant jusqu'à des objets très complexes (reconnaisances de visages). Et puis ensuite, la volumétrie des objets visibles, à partir d'images prises de deux points de vues différents, et permettant un effet stéréoscopique. Une utilisation évidente a été le domaine de la robotique, l'objectif étant de permettre à une plate-forme autonome de cartographier en temps réel son environnement immédiat, avec une exigence de précision assez modeste, mais variable : comme pour tout être vivant, le besoin de précision est d'autant plus grand que les objets sont proches, et la vision humaine est parfaitement adaptée à ce besoin.

Dans cette communauté règne une intense activité de recherche, poussée par des demandes industrielles très fortes, qui atteignent actuellement le grand public : citons par exemple, dans ce domaine, pour les appareils photos actuels les mises au point automatiques qui localisent d'elles-mêmes la zone d'image sur laquelle elles doivent s'exercer, ou même mieux, la photo qui ne se déclenche que quand le sujet photographié sourit et ne ferme pas les yeux : véritable prouesse, quand on y réfléchit. Mais dans les domaines techniques professionnels, la multiplication des surveillances vidéo a contribué, à son tour, à susciter une demande considérable pour trouver de façon automatique, parmi des millions d'heures d'enregistrements, tel type d'objet, de véhicule, de visage, etc.

Donc la photogrammétrie et la vision par ordinateur partagent indiscutablement une même recherche de mesure 3D à partir d'images permettant la stéréoscopie, mais leurs passés respectifs et leurs clientèles très différentes les ont amenées à se développer de façon complètement parallèle, avec peu de zones communes.



Figure 1. Les applications inattendues de la vision par ordinateur ne manquent pas, du temps réel, des résultats robustes, mais pas vraiment de besoin de grande précision (RoboCup2007-Day3-06, crédit photo Rob Felt, 2007 Georgia Tech).

Une même géométrie, deux formulations

Une étape importante, pour ces deux communautés, est la mise en place des images dans l'espace, c'est-à-dire le calcul de la position et l'orientation des images au moment des prises de vues. En photogrammétrie cette étape est appelée l'orientation externe, en symétrie de l'orientation interne qui cherche à déterminer les paramètres de calibration de la caméra comme la focale, le centre principal d'autocollimation, le polynôme de distorsion ainsi que le centre principal de symétrie. L'orientation externe est basée sur les équations de colinéarité. Comme le nom l'indique, celles-ci consistent à dire que le point terrain M , le sommet de prise de vue S (qui correspond au centre optique), et m la projection de A sur l'image, sont sur la même droite [1].

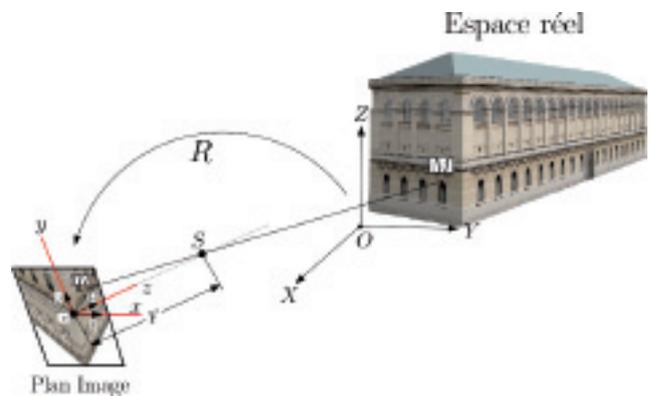


Figure 2. La projection conique utilisée en photographie, formalisée par l'équation de colinéarité (illustrée par un modèle 3D de la bibliothèque Ste Geneviève réalisé par Leonhard Pröttel)

En entrée de l'équation de colinéarité on a comme paramètres les coordonnées images des points, et la calibration de la caméra, un point terrain étant nécessairement vu au moins sur deux images. Certains des points terrain sont exprimés dans un référentiel connu (les points d'appui), ce qui permet de réaliser l'orientation absolue. Mais on peut très bien dans un premier temps ne pas disposer de points d'appui, auquel cas on travaille dans un espace euclidien, mais sans échelle (orientation relative).

En sortie des équations de colinéarité, nous pouvons obtenir l'orientation des images, les sommets de prises de vues, ainsi que les coordonnées terrain des points de liaison. Ces coordonnées sont obtenues soit dans un référentiel connu et avec une échelle si nous avons fait l'orientation absolue, soit dans le référentiel de la première image et sans échelle si seule l'orientation relative a été effectuée. Il est tout à fait possible, à tout moment, de faire basculer les points 3D, obtenus à partir de l'orientation relative, dans un référentiel connu, et pour cela donc il faut disposer de points connus dans le référentiel voulu.

Revenons maintenant à la résolution de ces équations de colinéarité. Il faut au minimum 5 points homologues pour pouvoir effectuer l'orientation relative, or en général bien plus de 5 points homologues peuvent être disponibles (par



exemple en utilisant des outils d'extraction automatique de points d'intérêt, cf § 3 ci-après). Dans ce cas il faudra minimiser par moindres carrés le carré de la distance entre le point théorique terrain et celui que l'on calcule. Le problème de ces équations est leur non-linéarité : une étape de linéarisation est donc nécessaire. Et une fois la linéarisation effectuée il faut posséder toutes les valeurs initiales des inconnues recherchées. En photogrammétrie aérienne, ces valeurs sont faciles à déterminer. Outre le fait que les prises de vues sont quasi verticales et donc à axes parallèles, la hauteur de vol ainsi que la position des sommets de prises de vues peuvent être aisément connus de manière approchée. Ce qu'on peut retenir ici est que la photogrammétrie dans son utilisation classique sur vues aériennes simplifie de manière significative la résolution des équations de colinéarité. Et par la suite la compensation par faisceaux, traitement qui s'applique lorsqu'on traite en bloc un grand nombre d'images.

Le problème est plus compliqué quand la photogrammétrie s'attaque à des prises de vues terrestres. La première grande différence est que les prises de vues ne sont plus à axes quasi parallèles, mais deviennent convergentes. D'autre part, à moins d'avoir des points d'appui connus, le calcul des paramètres approchés devient lui aussi plus compliqué qu'en photogrammétrie aérienne.

Dans un contexte de vision par ordinateur et de robotique des années 80, il y avait ce besoin de pouvoir déterminer de manière directe et surtout linéaire les paramètres d'orientation et de position. Pensons à un robot qui doit se déplacer et voir le monde en trois dimensions pour obtenir des informations de type topologique, du genre "la table est der-

rière la chaise" : premièrement il n'est pas nécessaire pour ce genre d'application d'avoir des points d'appui, et ensuite une grande précision telle que celle que l'on cherche en photogrammétrie n'est pas nécessaire.

C'est pour cela qu'une nouvelle modélisation a été proposée, basée non pas sur les équations de colinéarité, mais sur une autre contrainte très simple elle aussi, appelée contrainte de coplanarité.

Comme on le voit mieux sur la figure 3, la condition de coplanarité entre deux images exprime le fait que le vecteur de visée depuis le premier sommet de prise de vues, le vecteur de visée depuis le deuxième sommet de prise de vues (et exprimé dans le référentiel du premier), ainsi que le vecteur de la translation (entre les deux sommets de prises de vues) se trouvent dans le même plan, appelé le plan épipolaire.

On peut traduire cette condition par un produit mixte nul entre ces 3 vecteurs. En d'autres termes :

$$\vec{V}_2^T \cdot (R\vec{V}_1 \wedge \vec{T}) = 0 \quad (1)$$

En exprimant le produit vectoriel de manière algébrique (la translation étant exprimée sous forme d'axiateur), l'équation (1) peut être simplifiée dans sa forme matricielle :

$$\begin{bmatrix} x_{o2} & y_{o2} & f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & Tz & -Ty \\ -Tz & 0 & Tx \\ Ty & -Tx & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{o1} \\ y_{o1} \\ f \end{bmatrix} = 0 \quad (2)$$

Le produit des deux matrices 3 x 3, l'axiateur formé sur le vecteur translation \vec{T} , et la matrice rotation R, est une matrice 3 x 3, qui a été dénommée, un peu pompeusement certes, mais c'est maintenant un terme d'usage, matrice Essentielle (E) [2]. Pour définir la matrice E, les paramètres de calibration doivent être connus. Dans ce cas, et c'est comme avec l'orientation relative en photogrammétrie, nous travaillons dans un espace euclidien à une échelle près.

L'autre façon d'aborder le problème par cette communauté a été de gérer au mieux des cas où la calibration est inconnue : on ne sait rien de la caméra, de sa focale, du centrage de l'optique, etc, un peu comme quand on regarde une photo d'album [3]. Dans ce cas-là, avec les mêmes équations que (2), au lieu d'avoir la matrice E, nous obtenons ce qu'il a été convenu d'appeler la matrice Fondamentale (F), qui exprime simplement la stéréoscopie d'images acquises en géométrie conique, ce qui conduit à travailler dans l'espace projectif, parfaitement adapté à ce cas : un espace où les angles ne sont pas préservés et où les droites parallèles se coupent au point de fuite.

Ici nous insistons sur le fait que beaucoup de photogramètres pensent que la communauté de vision par ordinateur ne travaille que dans l'espace projectif. Ce qui est inexact car, dans bien des cas, c'est la matrice E qui est employée, et nous travaillons alors dans un espace euclidien classique.

Un autre point très important auquel il faut faire attention est que, pour la résolution de la matrice E ou F, la notion de moindres carrés est sans objet. Car dans ces équations,

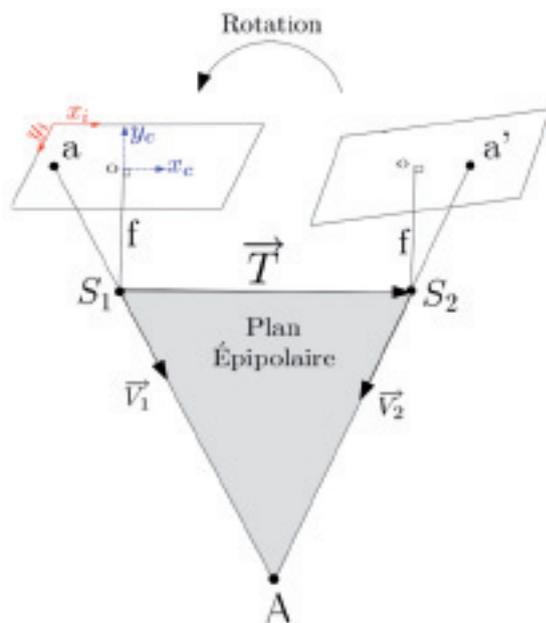


Figure 3. La matrice rotation de la seconde caméra par rapport à la première est appelée R, et le vecteur de translation T est la base qui relie les centres optiques des caméras (S1 et S2). O est le point principal d'autocollimation (ppa). Les images du point terrain A sur les 2 images sont a et a'.

▶ comme on peut le voir, les points terrains ne figurent pas, à l'inverse des équations de colinéarité, et il n'y a donc rien à minimiser. La résolution de ce genre d'équations homogènes se fait à l'aide d'une décomposition SVD (*Singular Value Decomposition*), que nous ne détaillerons pas ici.

La première résolution de la matrice E dans les années 80 nécessitait 8 points [2]. Rappelons que, comme dans un contexte d'orientation relative il n'y a que 5 inconnues (3 paramètres de la rotation et 2 paramètres pour la base, car on travaille à une échelle près), donc 5 points suffisent. Or avec la nouvelle résolution à partir de 8 points, 3 degrés de liberté qui ne correspondent pas à la physique réelle ont été rajoutés.

C'est pour cela qu'avec cette résolution, quand l'objet est plan, par exemple un mur, cela devient un cas dégénéré. Pendant les vingt dernières années, une recherche de la communauté de vision par ordinateur a été de donner une résolution directe avec le minimum de points possible, c'est-à-dire 5, avec une contrainte de temps réel [4][7].

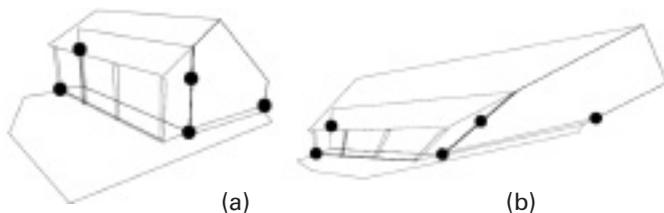


Figure 4. Reconstruction basée avec l'aide de la matrice Essentielle (a) et Fondamentale (b). Tiré de "Multiple View Geometry in Computer Vision" de Hartley & Zisserman [3].

Quelle place pour le traitement d'image ?

Comme nous l'avons déjà évoqué, la notion de traitement d'image couvre un champ bien plus vaste que celui de la photogrammétrie, avec en particulier tous les domaines d'extraction automatique de segments, de formes plus ou moins complexes, où les aspects 3D n'interviennent que peu, voire pas du tout. Mais par ailleurs, dans l'activité du photogrammètre, interviennent toute une série d'aspects qui sont du même registre, sauf qu'elle n'est pas encore bien automatisée compte tenu de sa grande complexité : c'est la phase de photo-identification, où on ne parvient pas encore

à se passer de l'intelligence humaine. Extraire un segment, oui, mais est-ce un bord de chemin, un mur, une limite de parcelle, le bord d'une meule de foin ? Jusqu'ici l'homme est nécessaire, et il reste encore une grande marge de progrès possibles pour des démarches d'automatisation. On n'a pas encore tiré tout le profit de l'extraordinaire puissance de calcul disponible, ainsi que de la très grande dynamique des images que l'on obtient couramment, avec un bruit extrêmement faible, créant des conditions pourtant très favorables aux traitements numériques.

Néanmoins, certains algorithmes de traitement d'image sont déjà très largement employés, ce sont ceux qui permettent l'extraction automatique de points d'intérêt. Une phase critique, qui intervient au cours de l'orientation relative de deux images, est en effet celle qui consiste à identifier, sur deux photographies différentes, les deux points qui sont les images d'un même point du terrain. Pour automatiser cette phase, on commence par extraire de chaque image des points faciles à pointer, et logiquement, si ces points ont été bien choisis, on parvient ensuite à mettre en

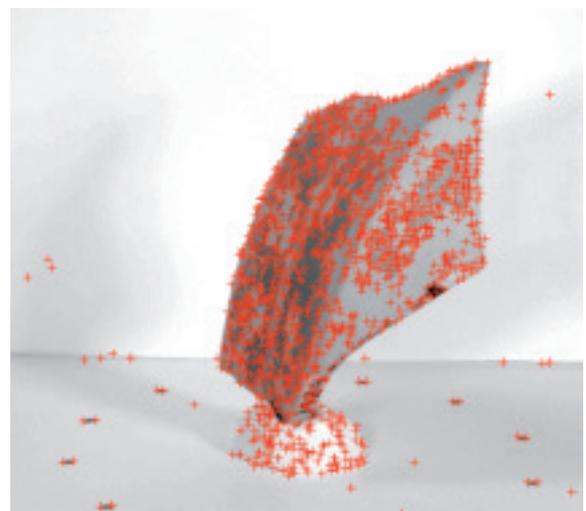


Figure 5. Exemple de détection de points avec l'aide du détecteur de Harris.



correspondance la plupart des points d'une image avec ceux de l'autre dans la zone vue en stéréoscopie : on appelle ces points les points d'intérêt. Bien évidemment il est important d'éviter les points mal définis (p. ex. pris le long d'une bordure), ceux qui n'ont pas de définition géométrique stable (p. ex. bordure d'une ombre, intersection de lignes qui ne sont pas dans un même plan), etc. L'automatisation de l'extraction des points d'intérêt est directement liée à l'emploi d'images numériques, et l'un des premiers outils utilisés a été publié par Harris en 1986 [5] : son détecteur est basé sur l'extraction automatique de coins, et si assez rapidement ses insuffisances ont été connues, sa simplicité d'implémentation en a fait un outil très employé. Néanmoins il a fallu attendre les résultats de deux décennies de recherche pour disposer d'une méthode réellement plus fiable, la méthode SIFT.

La méthode SIFT de Lowe, 2004 (*Scale Invariant Feature Transform*) [6] permet d'obtenir des points d'intérêt dont la détermination est très peu sensible à des changements, même importants, de facteurs d'échelle et d'orientation, et aussi assez peu sensibles aux variations locales de radiométrie (différences d'éclairage, différences de point de vue, etc.), toutes sortes de situations rencontrées très fréquemment en vision par ordinateur et où le détecteur de Harris est souvent tenu en échec. Sur des images de taille réduite (500 x 500 pixels), on peut généralement identifier



Figure 6. Exemple de détection et d'appariement avec l'aide de l'extracteur SIFT.

plusieurs milliers de points d'intérêt, ce nombre dépend du réglage plus ou moins critique de nombreux paramètres, à toutes les étapes du calcul. Il est clair qu'avec un nombre aussi important de points trouvés, la mise en correspondance peut être aisément assortie de critères de qualité très stricts, et même ainsi, il reste couramment plusieurs centaines de points d'intérêt correctement extraits [7].

En résumé, il ne pourrait plus y avoir de photogrammétrie sans traitement d'image, maintenant que tout y est numérique, et il reste encore beaucoup à faire pour épuiser tous les progrès possibles, et automatiser tout ce que fait un opérateur de saisie actuellement. Mais dès qu'il s'agit de recherche des plus grandes précisions possibles, les photogramètres forment probablement la communauté qui dispose de la plus importante compétence opérationnelle, même si elle n'est pas assez identifiée comme telle.

Conclusions

On peut donc se faire maintenant une idée un peu plus précise du paysage autour des deux domaines techniques évoqués ici.

La photogrammétrie s'est construite entièrement sur la recherche de la meilleure précision possible et, science ancienne, elle est surtout entre les mains d'acteurs industriels. Si elle est enseignée dans diverses universités étrangères, c'est comme une branche de la géomatique. Et en France, elle ne figure dans aucun cursus universitaire, depuis un demi-siècle que la chaire ouverte au CNAM, alors tenue par G. Poivilliers, est restée vacante : elle n'a été enseignée que dans les quatre grandes écoles de géomatique (ENSG, ESGT, ESTP et INSA-S), l'essentiel des développements étant menés à l'IGN, usager majeur et presque exclusif du domaine pendant plusieurs décennies. En outre, l'immense majorité des thèses soutenues dans le domaine l'ont été à l'université, donc à l'étranger, ce qui a progressivement effacé les traces pionnières de la photogrammétrie française de la scène mondiale. Par ailleurs, les développements menés chez les industriels, et les regroupements de ceux-ci en un nombre extrêmement réduit au plan mondial, ont conduit à des outils très performants, mais complètement fermés, et dont le détail est lourdement couvert par le secret industriel. C'est une science qui a atteint sa maturité, et qui évolue essentiellement par ses matériels et logiciels industrialisés.

A l'opposé, la vision par ordinateur est encore en pleine phase de croissance juvénile, s'attaquant sans états d'âme à des quantités de problèmes nouveaux. Les congrès internationaux couvrant ce domaine, même les plus sélectifs, sont plusieurs dizaines de fois plus nombreux que ceux consacrés à la photogrammétrie. Cette effervescence se traduit aussi au niveau des enseignements, et de très grandes quantités de cursus en universités et grandes écoles font une large place à ce domaine. En parallèle, un nombre considérable de thèses y sont menées, de sorte que la plupart des éléments d'actualité sont disponibles sur Internet et largement publiés. En outre, comme nous l'avons vu, certains





Figure 7. Illustration tirée de PhotoSynth [9]

▶ résultats commencent à entrer dans des applications réellement grand public, ce qui est un accélérateur de progrès considérable.

Alors, cela veut-il dire que la photogrammétrie est condamnée à ne plus être qu'une sous-branche secondaire de la vision par ordinateur ? Sous sa forme actuelle, peut-être, mais seulement si elle cessait de progresser, ce qui apparaît plutôt improbable. Tout de même il est clair que face aux recherches et progrès dont elle a besoin, elle n'a pas une puissance d'attraction comparable à celle dont jouit la communauté de vision par ordinateur. Elle va donc probablement progresser désormais comme la plupart des domaines de la topométrie, et par exemple comme le GPS : de façon opportuniste, en réemployant de façon appropriée des résultats obtenus pour des clientèles bien plus puissantes. Ce sera peut-être moins gratifiant, mais c'est très efficace, et c'est une chance à ne pas manquer !

Nous terminerons en montrant, à cheval entre les deux domaines, l'application PhotoSynth de Microsoft et l'Université de Washington, qui permet d'assembler automatiquement et intelligemment des photos quelconques trouvées sur Internet, en fabriquant une 3D partielle mais rigoureuse... nous sommes dans le domaine grand public, mais les outils développés sont directement réemployables en photogrammétrie. [8] ●

Références

- [1] Kasser M, Egels Y., 2001. *Photogrammétrie Numérique*. Hermès-Sciences.
- [2] Longuet-Higgins, H., 1981. *A Computer Algorithm for Reconstructing a Scene from Two Projections*, Nature, 293(10):133-135.
- [3] Hartley R., Zisserman, A., 2000. *Multiple View Geometry in*

Computer Vision, Cambridge University Press, ISBN 0-521-62304-9.

[4] Nister, D., 2004. *An Efficient Solution to the Five-Point Relative Pose Problem*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 26(6):756-770.

[5] Harris, C. and Stephens, M. 1988. *A combined corner and edge detector*. In Fourth Alvey Vision Conference, Manchester, UK, pp. 147-151

[6] Lowe, D. G. 2004, *'Distinctive image features from scale-invariant keypoints.'* Int. Journal of Computer Vision 60(2), 91-110.

[7] M. Kalantari, F. Jung. *Estimation automatique de l'orientation relative en imagerie terrestre*. Revue XYZ, n°114.

[8] Noah Snavely, Steven M. Seitz, Richard Szeliski. *Modeling the World from Internet Photo Collections*. International Journal of Computer Vision, 2007.

[9] <http://photosynth.net/>

Contacts

Mahzad KALANTARI

laboratoires IVC (IRCCYN) et Matis (IGN)
mahzad.kalantari@ign.fr

Michel KASSER

ENSG (IGN)
michel.kasser@ensg.eu

ABSTRACT

A comparison is done between the ways used in photogrammetry and in computer vision to process the problems bound to the acquisition of 3D from stereoscopic pictures. The formalisms adopted, somewhat different, are presented, and some perspectives of evolution are deduced.

La loi fédérale suisse sur la géoinformation

■ Fridolin WICKI - Olivier REIS

La plupart des décisions prises en politique, en économie, voire dans la vie privée, s'appuient sur une référence spatiale. Ainsi, nous recourons tous, quotidiennement ou presque et bien souvent sans même nous en rendre compte, à des géoinformations¹ qui "sont la représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné" [1]. Dans notre société moderne placée sous l'égide de la communication, elles sont à la base de processus et de décisions de tous ordres et leur importance ne cesse de croître dans bon nombre de domaines : transports et énergie, protection de la nature, aménagement du territoire, défense nationale, prévention des catastrophes pour n'en citer que quelques-uns. Élément central de l'infrastructure nationale des géodonnées (INDG), elles revêtent une importance comparable à celle des réseaux de transport et de communication ou d'approvisionnement en énergie et en eau d'un état moderne. Par leur énorme potentiel, les géoinformations constituent en outre un bien économique de premier ordre.

MOTS-CLÉS

géoinformation, harmonisation, infrastructure de géodonnées, législation (constitution, loi, ordonnance), directive INSPIRE

L'objectif : une harmonisation accrue pour plus d'efficacité

Dans bien des pays, une multitude de jeux de géodonnées différents existe sous forme numérique dans des domaines très divers. Leur acquisition s'est effectuée sans concertation ni harmonisation par des services différents et leur gestion s'opère au moyen d'un large éventail d'applications informatiques. L'absence de politique commune et d'uniformisation des technologies et des systèmes empêche ainsi leur utilisation d'être pleinement efficace. De plus, la conscience de l'im-

portance des géoinformations dans le processus décisionnel reste encore insuffisamment développée de sorte que de trop nombreuses sources de données incompatibles subsistent aujourd'hui et que la production de nouvelles données s'effectue sans coordination. Afin que l'immense richesse de ces données puisse enfin trouver sa pleine expression, une plateforme conviviale, interconnectée et décentralisée est indispensable, garantissant partout et à tout moment un accès rapide et peu onéreux à des géoinformations fiables, pour l'administration, pour l'économie et pour tout un chacun. La mise en place d'une IDG, généralement à l'échelle d'un pays, est donc indispensable. Elle consistera en un système d'une grande disponibilité, incluant des méthodes, des organes institutionnels, des technologies, des données et du personnel afin de permettre l'échange et l'utilisation efficace de géodonnées [2].

Les projets en cours aux Etats-Unis et en Europe

Aux Etats-Unis, le gouvernement a communiqué dès avril 1994 les conditions-cadre à respecter par une telle infrastructure baptisée NSDI (National Space Data Infrastructure) en publiant le décret-loi (Executive Order) 12906. La gestion de la NSDI est confiée à un organisme interministériel placé sous l'autorité du vice-président. Ses compétences s'étendent en outre à la mise au point d'un réseau, largement informatisé, facilitant le partage des ressources en géodonnées (Clearinghouse), à la mise au point de mécanismes permettant aux producteurs de décrire les données qu'ils détiennent au travers de métadonnées et à la définition du canevas de base en géoinformations destinées à être largement mises à la disposition des utilisateurs potentiels [3].

L'Union européenne (UE) quant à elle, consciente du fait qu'une bonne politique dépendait souvent de la pertinence des informations et de la participation d'une opinion publique bien informée, a demandé le développement d'un nouveau concept pour la surveillance, le compte rendu, la gestion et la transmission de données aux différents niveaux de l'administration. L'objectif visé était de réduire les doublons en matière de saisie et d'encourager l'harmonisation des données ainsi qu'une diffusion et une utilisation aussi larges que possible de celles-ci afin de gagner en efficacité et de voir la disponibilité et la qualité des informations s'en trouver améliorées. Il a en outre été reconnu que les géodonnées pouvaient jouer un rôle particulier dans le nouveau concept en permettant l'intégration d'informations issues d'autres disciplines.

(1) Le choix a été fait, dans la phase finale de ce projet, de généraliser l'usage du préfixe "géo". Ainsi l'information géographique a cédé la place à la géoinformation et les données géographiques sont devenues des géodonnées. Le caractère tardif de ce choix explique par ailleurs la survivance des expressions précitées dans certaines abréviations telles que l'INDG (infrastructure nationale de données géographiques), dont l'usage s'était déjà largement répandu.

▶ C'est sur cette base que la Commission européenne a présenté une proposition de directive visant à créer une infrastructure de géodonnées au sein de l'Union (Infrastructure for Spatial Information in Europe, INSPIRE) dans le but de mettre des géodonnées interopérables au service des mesures politiques de la Communauté comme de ses Etats membres et de permettre l'accès du public à ces informations. Cette directive a été approuvée par le Parlement européen et le Conseil de l'Union européenne le 14 mars 2007 et est entrée en vigueur le 15 mai 2007.

Notons ici l'accent prioritairement mis sur la politique environnementale, INSPIRE étant également ouvert à l'utilisation et à une extension future dans d'autres domaines tels que l'agriculture, les transports ou la politique énergétique.

INSPIRE n'entraînera pas le lancement d'un programme extensif de saisie de nouvelles géodonnées dans les Etats membres. En revanche, celles existant déjà sous forme numérique devront faire l'objet d'une documentation afin d'optimiser leur utilisation. Des services facilitant l'accès aux géodonnées et en accroissant l'interopérabilité seront par ailleurs promus et il sera tenté de résoudre les problèmes posés par leur emploi. INSPIRE ouvrira ainsi la voie à une harmonisation progressive des géodonnées dans les Etats membres [4].

Le projet suisse

Bien que non membre de l'UE, la Suisse a observé les développements d'INSPIRE avec le plus vif intérêt – nous aurons d'ailleurs l'occasion d'y revenir – et a, elle aussi, déployé une intense activité dans ce domaine. Pour broser un tableau

aussi complet que possible du projet conçu, nous nous intéresserons d'abord au contexte dans lequel il s'inscrit et aux objectifs poursuivis. Nous exposerons brièvement la structure fédérale de la Suisse et la hiérarchie de ses actes législatifs, puis nous arrêterons sur quelques spécificités et aspects particuliers d'importance.

Nous détaillerons ensuite la structure de la législation en évoquant les différentes ordonnances d'exécution qui en font partie avant de mettre en lumière quelques rapprochements entre les droits suisse et européen en matière de géoinformation.

Contexte du projet et objectifs visés par le droit de la géoinformation

Nous l'avons déjà abondamment souligné, les géoinformations ne cessent de gagner en importance : l'omniprésence de Google Earth, les ventes records d'équipements de navigation par satellite ou les téléphones portables à module de navigation GPS intégré n'en sont que quelques témoignages particulièrement visibles. Mais en politique, en économie et dans le domaine scientifique aussi, les géoinformations affirment une prédominance toujours plus marquée. Le gouvernement suisse a pris conscience très tôt de cet état de fait et a décidé dès juin 2001 d'une stratégie pour l'information géographique au sein de l'administration fédérale [5]. Deux ans plus tard, il a adopté un concept de mise en œuvre de cette stratégie [6] dont l'une des mesures phares a été la création de bases légales modernes et durables régissant le domaine de la géoinformation dans le but de permettre la traduction dans les faits des objectifs stratégiques définis.

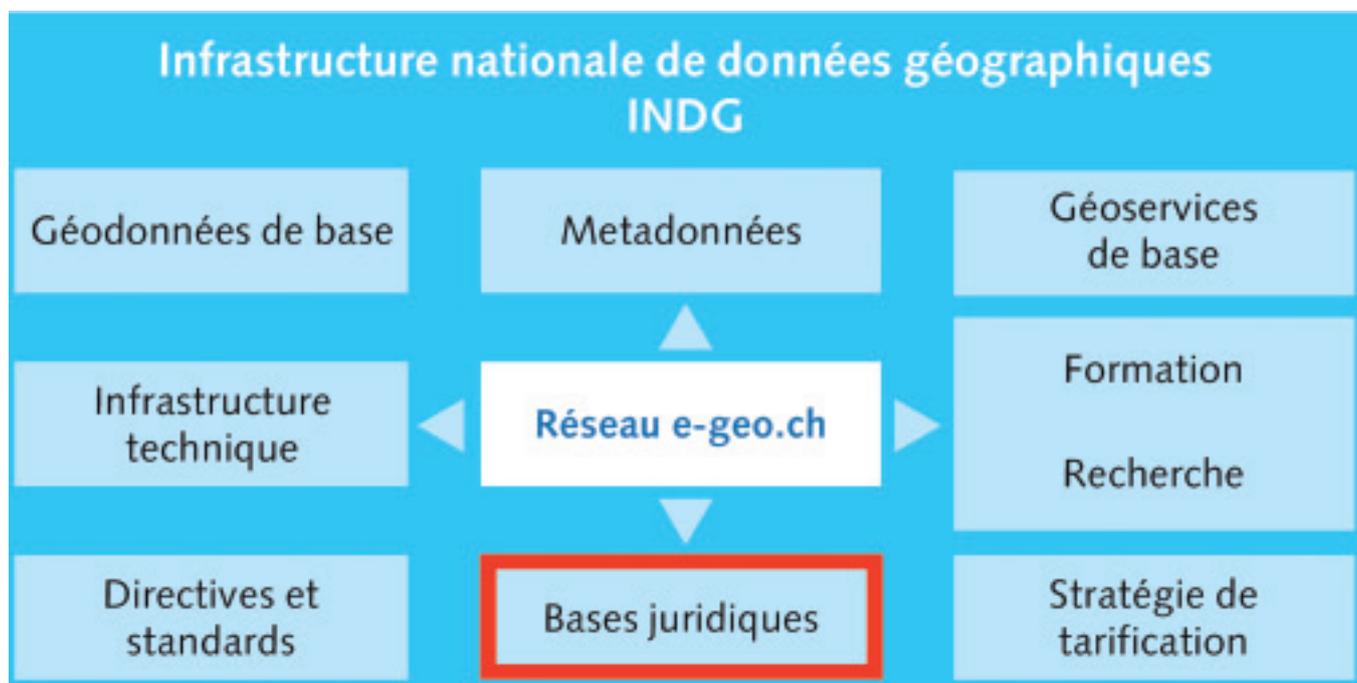


Figure 1. Éléments de l'INDG

Le réseau e-geo.ch rassemble l'ensemble des acteurs concernés par la géoinformation, à savoir l'administration (échelons fédéral, cantonal et communal), le secteur privé, le milieu associatif et l'enseignement supérieur.

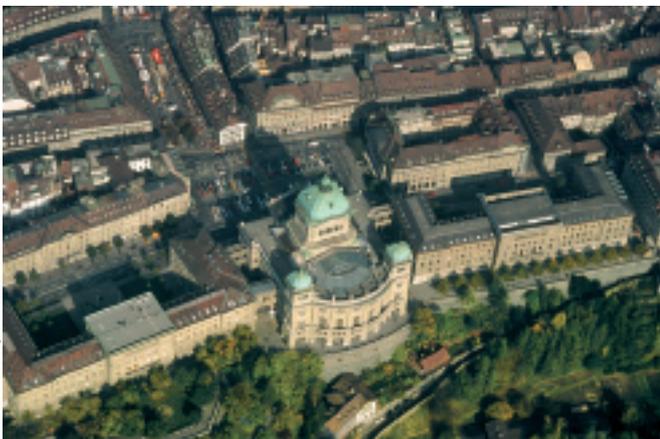


AG = Argovie	GE = Genève	OW = Obwald	UR = Uri
AI = Appenzell Rh.-int.	GL = Glaris	SG = Saint-Gall	VD = Valais
AR = Appenzell Rh.-Ext.	GR = Grisons	SH = Schaffhouse	VS = Valais
BE = Berne	JU = Jura	SO = Soleure	ZG = Zug
BL = Bâle-Campagne	LU = Lucerne	SZ = Schwytz	ZH = Zurich
BS = Bâle-Ville	NE = Neuchâtel	TH = Thurgovie	
FR = Fribourg	NI = Nidwald	TI = Tessin	

La disponibilité accrue de géoinformations d'un niveau de qualité élevé pour l'administration, l'économie et les particuliers est au cœur de cette stratégie. Une INDG doit être mise en place à cette fin, visant à garantir qu'un accès simple aux géodonnées couvrant le territoire national – qui existent déjà en grande partie et sont gérées de façon décentralisée – soit accordé à toutes les parties intéressées et que celles-ci puissent disposer durablement de ces données. Des règles contraignantes s'appliquant partout en Suisse sont donc nécessaires pour la saisie, la modélisation et l'échange de géodonnées, raison pour laquelle une structure législative appropriée a été créée (voir plus loin), centrée autour de la loi sur la géoinformation (LGéo).

Au final, la LGéo et par voie de conséquence l'INDG, doivent permettre un accès simplifié à des géodonnées actuelles et de grande qualité. A tous les niveaux, les décisions doivent pouvoir être prises plus vite sur des bases plus solides et plus complètes. Les dispositions de la LGéo apporteront ainsi une contribution de poids à la croissance économique, à la préservation de l'environnement, au développement durable et au progrès social.

L'harmonisation des géoinformations entraînera par ailleurs des économies substantielles à tous les échelons de l'Etat et



Palais fédéral à Berne, capitale de la Suisse.

lors de toute acquisition de données, du fait par exemple de la possibilité d'obtenir sans difficulté des données auprès de plusieurs sources sans que la diversité de leurs provenances n'entraîne de post-traitements coûteux.

A présent que le contexte et les objectifs sont précisés, ouvrons une petite parenthèse sur la structure fédérale de la Suisse, afin que le lecteur comprenne bien le lien unissant les cantons et la Confédération, puis sur la hiérarchie des actes législatifs au sein du droit fédéral, de façon à donner une vision claire des différents niveaux auxquels le projet s'articule.

La structure fédérale de la Suisse

La **commune** est la plus petite unité politique en Suisse. On en dénombre actuellement 2 715. Leur nombre tend toutefois à diminuer, certaines d'entre elles – les petites localités surtout – choisissant de fusionner afin de mieux assumer leurs tâches. Le **canton** est l'unité politique qui se superpose à la commune. A l'origine, les cantons sont des Etats qui se sont regroupés en 1848 pour donner naissance à la Confédération en lui déléguant une partie de leur souveraineté. Etats fédérés, les cantons sont égaux devant la Constitution fédérale. Ils jouissent d'une large souveraineté (notamment fondée sur leur propre constitution) et disposent d'une grande autonomie dans plusieurs domaines dont la santé publique, la formation et la culture.

En Suisse, l'Etat fédéral est appelé la **Confédération**, compétente dans tous les domaines qui lui sont confiés par la Constitution fédérale et notamment l'élaboration de la législation de portée nationale. Les tâches qui ne sont pas attribuées expressément à la Confédération sont du ressort des cantons. [7]



La salle du Conseil national pendant une session au palais fédéral à Berne.

▶ Notons dès à présent qu'un parallèle peut être dressé entre la structure fédérale de la Suisse et celle de l'Union européenne, toutes proportions gardées bien sûr. En effet, tout comme la Suisse, l'UE se compose d'Etats autonomes qui ont choisi de se regrouper au sein d'une entité plus vaste, aux prérogatives cependant plus limitées que celles de l'Etat fédéral suisse. Il existe donc une certaine similitude entre le lien qui unit la Confédération aux cantons et celui qui unit l'Union à ses Etats membres.

Hiérarchie des actes législatifs fédéraux et spécificités suisses

Le droit fédéral suisse connaît une hiérarchie des actes législatifs. Au sommet de celle-ci, la Constitution fédérale assigne des tâches et attribue un pouvoir de légiférer à la Confédération, régit les principes selon lesquels l'Etat est organisé et garantit les droits individuels fondamentaux. Toute modification de la Constitution fédérale doit être approuvée par le peuple et les cantons dans le cadre d'une consultation populaire.

Puis vient la loi au sein de laquelle toute règle fondamentale du droit fédéral doit être formulée. Ce principe vaut notamment pour les règles touchant aux droits fondamentaux et pour celles relatives aux tâches assignées aux cantons. En Suisse, les lois sont promulguées par le Parlement. Le peuple a cependant la possibilité de s'exprimer à deux stades distincts du processus législatif :

- Avant que le Parlement ne délibère à son sujet, une loi est mise en consultation. Durant cette procédure, toute personne le souhaitant peut donner son avis concernant le projet de loi et demander des modifications. En pratique, cette possibilité est surtout utilisée par les cantons, les communes, les partis politiques et les associations des milieux concernés par le texte en discussion.
- Après l'adoption d'une loi par le Parlement, un délai de trois mois est accordé pour demander l'organisation d'un référendum. Si au terme de cette période, 50 000 signatures ont pu être rassemblées et déposées auprès des autorités, la loi est soumise à l'approbation populaire.

Viennent enfin les ordonnances, au sein desquelles les dispositions d'application de la loi sont formulées. Des règles de délégation, stipulées dans la loi, établissent le lien entre les deux niveaux de la législation. En principe, les ordonnances sont édictées par le Conseil fédéral, l'instance suprême du gouvernement suisse. Il peut toutefois, dès lors que la loi l'y autorise, déléguer son pouvoir de légiférer à un département (équivalent d'un ministère français) ou à un office (comparable en France à la direction générale d'une administration). En général, les ordonnances sont soumises à une procédure dite d'audition, version allégée de la procédure de consultation mise en œuvre dans le cas d'un texte de loi. La possibilité est ainsi laissée aux organisations concernées de se prononcer sur le projet d'ordonnance qui leur est adressé et de proposer des changements.

Une voie plutôt atypique pour la législation suisse a été suivie pour l'élaboration de la LGéo comme de ses ordonnances. En effet, des groupes de travail ont été formés par domaines thé-

matiques, composés de représentants de la Confédération, des cantons, des communes et des organisations professionnelles concernées. Ces groupes ont élaboré des projets de texte initiaux dans le cadre de réunions de travail, ont dépouillé les résultats des consultations / auditions ayant concerné un très large public et ont amélioré en permanence les projets de texte dont ils avaient la charge. Cette procédure participative a pris beaucoup de temps et a impliqué un grand nombre d'acteurs. Elle a toutefois porté ses fruits : au Parlement, le texte de loi a suscité une très large approbation – tous partis confondus – et un degré d'acceptation très élevé est perceptible dans les milieux professionnels concernés par les divers actes législatifs. Cette large acceptation facilitera d'autant la mise en application de la nouvelle législation dont la structure va maintenant être exposée après que deux éléments majeurs auront été précisés : son assise constitutionnelle et le rôle joué par l'Office fédéral de topographie (swisstopo).

L'assise constitutionnelle et le rôle de swisstopo

L'introduction d'un nouvel article dans la Constitution fédérale a été la toute première étape du processus. Les compétences de la Confédération en matière de mensuration (on entend par là l'"ensemble des mesures topographiques intéressant un territoire donné" [8], ce terme est d'usage courant en Suisse) y sont clairement délimitées.

Art. 75a Mensuration

- 1 La mensuration nationale relève de la compétence de la Confédération.
- 2 La Confédération légifère sur la mensuration officielle.
- 3 Elle peut légiférer sur l'harmonisation des informations foncières officielles.

La mensuration nationale recouvre schématiquement la cartographie du pays jusqu'à l'échelle du 1/25 000 environ (elle englobe donc tous les domaines concourant à l'établissement de ces cartes : géodésie, topographie, cartographie) et fait donc partie des attributions de swisstopo, l'équivalent suisse de l'IGN français. La mensuration officielle, c'est-à-dire le cadastre, est supervisée par la Direction fédérale des mensurations cadastrales, intégrée à swisstopo depuis 1999. Si l'on ajoute à cela, pour être complets, que le service géologique national, en charge du relevé géologique du territoire, a été rattaché à swisstopo en 2006 (en France, il ferait partie du BRGM), il apparaît très clairement que swisstopo joue donc un rôle central dans le dispositif législatif élaboré, ce qui a valu à l'Office de piloter le projet de bout en bout.

La structure de la législation

Les dispositions fondamentales et générales en matière de géo-information sont regroupées dans la partie générale de la LGéo. Sauf dispositions contraires prévues par d'autres lois fédérales, cette partie générale de la LGéo s'applique à l'ensemble de la législation fédérale. Toutes les géodonnées régies par celle-ci doivent en conséquence suivre ces règles générales.



La LGéo est subdivisée en 7 chapitres. Le premier d'entre eux contient des dispositions générales et des définitions de notions dont l'une des plus importantes est celle de géodonnées de base. On entend par là des géodonnées qui se fondent sur un acte législatif fédéral, cantonal ou communal. Les règles prescrites par la loi s'appliquent aux géodonnées de base relevant du droit fédéral, donc aux géodonnées de base qui se fondent sur un acte législatif fédéral.

Le chapitre 2 établit des principes valant pour des exigences qualitatives et techniques, en lien notamment avec l'harmonisation des données, des géométradonnées et des géoservices. La saisie, la mise à jour et la gestion des données sont par ailleurs réglementées au même titre que l'accès aux données et leur utilisation, la perception de taxes (appelées émoluments en Suisse), la protection des données et les bases sur lesquelles se fonde le cadastre des restrictions de droit public à la propriété foncière (RDPPF) sur lequel il sera revenu ultérieurement.

Les chapitres 3, 4 et 5 sont respectivement consacrés à la mensuration nationale, à la géologie nationale et à la mensuration officielle.

Le chapitre 6 traite de questions d'ordre organisationnel en lien avec les compétences, le financement et les collaborations. Ainsi, la mensuration nationale et la géologie nationale sont-elles des tâches du ressort de la Confédération, tandis que la mensuration officielle (le cadastre) et la gestion du cadastre RDPPF sont des tâches conjointement assurées – y compris au niveau de leur financement – par la Confédération et les cantons : la Confédération est compétente pour l'orientation stratégique et la surveillance, la responsabilité opérationnelle incombant aux cantons. Les travaux sont en règle générale exécutés par des bureaux privés. Il est enfin stipulé que les pouvoirs publics se doivent de promouvoir la formation et la recherche dans le domaine de la géoinformation et le cadre régissant les activités des ingénieurs géomètres brevetés (l'équivalent des géomètres experts français) est fixé.

Le chapitre 7 se résume à des dispositions transitoires.

La LGéo joue par ailleurs le rôle de loi spécialisée dans les domaines de la mensuration nationale, de la géologie nationale et de la mensuration officielle. La limitation à ces trois domaines s'effectue d'une part dans l'optique de l'administration fédérale, parce qu'il s'agit de compétences clés de swisstopo, office qui assumera la charge de l' "entretien" de la LGéo, et d'autre part du point de vue technique, parce que les géodonnées de base en tant que telles (et non d'autres critères techniques) sont ici le thème central. Tous les autres champs d'application des géodonnées de base (exemple : cadastre du bruit) à réglementer par la Confédération seront en outre abordés dans la législation propre au domaine concerné (exemple : loi sur la protection de l'environnement ou ordonnance sur la protection contre le bruit).

Les ordonnances d'exécution sont elles aussi subordonnées, par analogie, à la partie générale ou aux trois parties spécialisées. Prise dans son ensemble, la législation forme un bloc homogène : les éléments déjà réglementés au niveau de la loi ne sont pas repris dans les ordonnances d'exécution, ils y sont précisés au besoin. De même, les dispositions contenues dans les ordonnances d'exécution subordonnées à la partie générale s'appliquent aussi aux ordonnances des parties spécialisées (cf. figure 3) [9].

Les ordonnances d'exécution

Les ordonnances d'exécution suivantes ont été établies ou révisées dans le sillage de la LGéo ou sont en cours d'élaboration :

Droit général de la géoinformation

Les ordonnances sur la géoinformation concrétisent la partie générale de la LGéo.

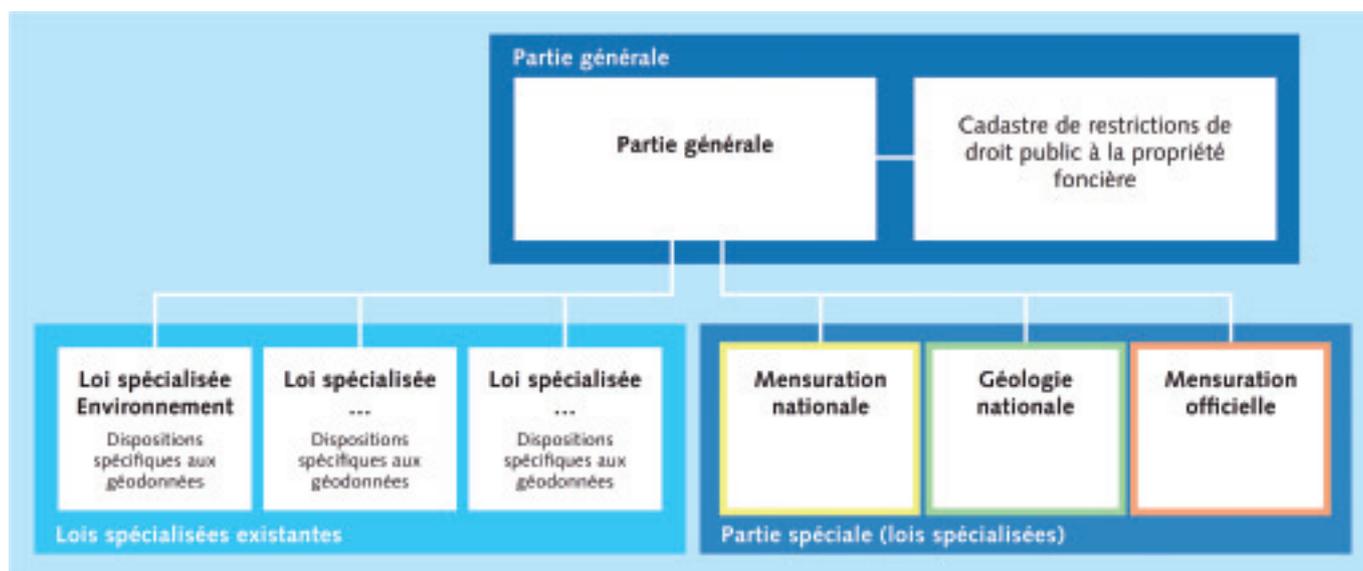


Figure 2. structure de la loi.

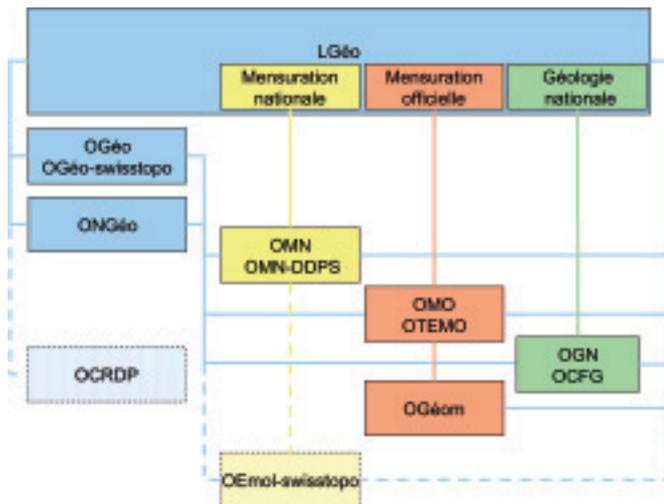


Figure 3. Liens entre la loi et les ordonnances d'exécution.

Les dispositions sont réparties entre deux ordonnances, celle sur la géoinformation et celle de l'Office fédéral de topographie sur la géoinformation. La première regroupe les dispositions fondamentales, restant inchangées sur une plus longue période tandis que la seconde rassemble des dispositions techniques de détail soumises à des changements plus fréquents.

Comme la partie générale de la LGéo, ces ordonnances s'appliquent à toutes les géodonnées de base relevant du droit fédéral.

Elles contiennent notamment

- des définitions supplémentaires, fondées entre autres sur les notions employées dans la directive INSPIRE,
- la détermination des cadres et systèmes de référence applicables aux géodonnées,
- des dispositions relatives aux modèles de géodonnées, aux modèles de représentation, aux géométadonnées, aux géoservices, à la mise à jour, à l'établissement d'historique et à l'archivage,
- les principes régissant l'accès à ces données et leur utilisation de même que l'échange de données entre autorités et
- les principes de la réglementation fédérale en matière d'émoluments.

Le *catalogue des géodonnées de base* (CGDB) annexé à l'OGéo "visualise" toutes les géodonnées de base relevant du droit fédéral. Tous les jeux de données y figurant sont soumis à la législation sur la géoinformation. Ce catalogue définit en outre les jeux de données considérés comme des géodonnées de référence ou comme des données du cadastre RDPPF. Il fixe aussi les règles d'accès aux jeux de données énumérés (accès public, partiellement public, non public) et ceux devant être proposés dans le cadre d'un service de téléchargement.

Ordonnance sur les noms géographiques (ONGéo)

Ordonnance sur le cadastre des restrictions de droit public à la propriété foncière (OCRDP)
[entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2009 au plus tôt]

Il est aujourd'hui important, pour des raisons de coordination, d'harmonisation et tout particulièrement dans un pays qui compte quatre langues nationales (français, allemand, italien et romanche), d'édicter des règles législatives régissant les noms géographiques que l'on retrouve entre autres dans le système de localisation universel de notre civilisation, à savoir les adresses. L'ordonnance sur les noms géographiques clarifie et fixe les compétences des divers acteurs concernés.

Depuis un certain temps déjà, des efforts sont déployés tant au niveau politique que dans les domaines technique et juridique pour résoudre les questions concernant

la publication d'informations sur les restrictions de droit public à la propriété foncière (comme celles inhérentes à l'aménagement du territoire, à la protection de l'environnement et des cours d'eau, à l'agriculture, etc.). Au contraire du droit privé, bien documenté par le registre foncier et la mensuration officielle et simple d'accès pour tout un chacun, les restrictions de droit public existantes qui touchent la propriété foncière ne font l'objet d'aucune documentation systématique et sont par ailleurs d'un accès malaisé. En outre, les RDPPF sont de plus en plus nombreuses, ce qui entraîne une réduction croissante de la sécurité juridique. Il en résulte en retour que des investisseurs potentiels se retirent, craignant d'encourir des risques trop élevés.

La LGéo constitue ici l'occasion d'améliorer la situation en créant un cadastre RDPPF. Son instauration nous faisant avancer en terrain inconnu, différents travaux et études préliminaires ont été nécessaires. Un groupe de travail s'est ainsi consacré aux questions d'ordre organisationnel, technique, financier et juridique entourant un tel cadastre et a publié son rapport final en 2007 [10]. Les travaux relatifs à l'ordonnance sur le cadastre RDPPF, qui se fondent sur les résultats des études préliminaires conduites, ont débuté au deuxième trimestre 2007. Si le calendrier actuel est respecté, l'ordonnance devrait entrer en vigueur à la mi-2009.

Mensuration nationale

Les ordonnances sur la mensuration nationale s'attachent surtout à délimiter les activités de swisstopo dans ce domaine. L'ordonnance sur la mensuration nationale régit les principes qui ne sont pas sujets à des modifications à court terme. L'ordonnance du DDPS (Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports, ministère de tutelle de swisstopo) sur la mensuration nationale, contient des dispositions détaillées d'importance purement technique ou qui sont susceptibles de subir des modifications assez rapides.



Ordonnance sur la mensuration nationale (OMN)

Ordonnance du DDPS sur la mensuration nationale (OMN-DDPS)

- Elles contiennent notamment
- la description du contenu de la mensuration nationale géodésique, topographique et cartographique,
 - la définition des systèmes et cadres de référence déterminants pour toutes les géodonnées de base relevant du droit fédéral,
 - l'établissement des compétences en matière de frontière nationale,
 - la délimitation entre les prestations officielles et les prestations commerciales et
 - la description des atlas nationaux et des services particuliers.

Ordonnance du DDPS sur les émoluments de l'Office fédéral de topographie (OEmol-swisstopo) [entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2010]

Les émoluments perçus par l'Office fédéral de topographie pour les prestations officielles de la mensuration nationale et de la géologie nationale sont régis par une nouvelle ordonnance du DDPS, sur la base des principes fixés dans l'OGéo. Cette ordonnance entrera vraisemblablement en vigueur le 1^{er} janvier 2010.

Géologie nationale

Ordonnance sur la géologie nationale (OGN)

Ordonnance du DDPS sur la commission fédérale de géologie (OCFG)

La tâche assignée par la législation au service géologique national est de fournir à l'Etat et à la société des informations sur la nature et les propriétés du sous-sol ainsi que sur les processus qui y sont en œuvre. Les données géologiques de la Confédération constituent, par analogie, un sous-ensemble des géodonnées. Les notions principales sont définies au sein de l'OGN, au même titre que l'exécution des tâches assignées au service géologique national.

La mise en place de la commission fédérale de géologie est désormais régie par une ordonnance du DDPS.

Mensuration officielle

Ordonnance sur la mensuration officielle (OMO)

Ordonnance technique du DDPS sur la mensuration officielle (OTEMO)

L'OMO a été édictée par le Conseil fédéral en 1992 et l'OTEMO en 1994. L'entrée en vigueur de la LGéo a imposé l'adaptation de ces ordonnances à la nouvelle législation. Il a en outre été remédié à des incohérences relevées avec d'autres bases juridiques existantes et les ordonnances ont été adaptées au contexte actuel.

Ordonnance sur les ingénieurs géomètres (Ordonnance sur les géomètres, OGéom)

En raison des modifications intervenues au niveau de la formation supérieure (modèle de Bologne, système de crédits, réorganisation des programmes d'enseignement), des changements touchant les habitudes d'étude, du regroupement des filières

d'enseignement et de l'évolution des écoles d'ingénieurs, une importante libéralisation par rapport à la règle en vigueur actuellement s'imposait en matière d'admission au brevet d'ingénieur géomètre. Les exigences en termes de formation et l'examen d'Etat ont par ailleurs été adaptés au nouveau contexte de la profession tandis que la création d'un registre fédéral permettait de mieux séparer la justification de la formation, l'exercice de la profession et les mesures disciplinaires. L'ordonnance régit en outre l'organisation, la composition et les tâches incombant à la commission fédérale des géomètres, une commission administrative extraparlamentaire.

Les différents éléments composant la structure législative mise en place ont maintenant été exposés, très succinctement pour certains. Ainsi, toute personne désireuse d'obtenir une information plus approfondie sur l'un de ces éléments ou souhaitant se procurer le texte de la LGéo ou des ordonnances peut consulter l'adresse Internet suivante : www.swisstopo.ch-swisstopo - Bases légales.

Applicabilité de la directive INSPIRE en Suisse [11]

Comme déjà souligné à diverses reprises, la loi sur la géoinformation et la directive INSPIRE entretiennent des liens étroits. C'est bien naturel : cela ne servirait pas à grand-chose de promouvoir une certaine forme d'harmonisation au sein de son pays alors que tous les pays voisins ont opté pour une démarche différente.

Toutefois, l'application directe d'INSPIRE n'entre pas en ligne de compte, cette directive n'étant explicitement mentionnée et déclarée applicable dans aucun des accords bilatéraux conclus entre l'UE et la Suisse.

En revanche, une applicabilité indirecte d'INSPIRE et des règles de mise en œuvre qui lui sont associées aux géodonnées de base relevant du droit fédéral est envisageable et paraît même vraisemblable. En effet, la Suisse est membre à part entière de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) et participe activement au réseau européen d'information et d'observation pour l'environnement (EIONET). L'AEE est en droit d'adresser des prescriptions qualitatives et techniques à ses Etats membres concernant les données environnementales – parmi lesquelles des géodonnées – à injecter dans le réseau d'observation. Il est donc légitime de supposer que l'AEE déclare obligatoires les prescriptions contenues dans les règles de mise en œuvre d'INSPIRE pour l'échange de données environnementales, d'autant que cette directive vise principalement à apporter un soutien à la politique environnementale de l'UE.

Ainsi, au-delà, du simple bon sens évoqué précédemment, le lien étroit entre la LGéo et INSPIRE se fonde-t-il aussi sur des



▶ principes de droit international, ce qui n'empêche toutefois pas quelques différences.

LGéo et INSPIRE : convergences et divergences

De larges plages de convergence peuvent être observées entre la directive INSPIRE et le droit suisse de la géoinformation, notamment sur les aspects suivants :

- La mise en place d'une IDG s'appuie sur une structure en réseau et non sur une base de données centralisée ; un portail centralisé doit cependant voir le jour.
- Les deux systèmes juridiques concernent une structure fédérale et en tiennent compte de façon appropriée.
- Les informations géologiques font partie des géodonnées.
- Un rôle important d'harmonisation est conféré aux métadonnées.
- Les restrictions d'accès aux géodonnées motivées par la protection des données personnelles et la sécurité publiques sont largement identiques.
- Des modèles simples et spécifiques sont prévus pour l'échange de données entre autorités.
- Des délais de transition différenciés sont prévus, se rapportant à chaque fois à la date de mise à disposition des prescriptions qualitatives et techniques concernées.

En revanche, le champ d'application du nouveau droit suisse de la géoinformation va au-delà de celui de la directive INSPIRE dans les domaines suivants :

- Il s'étend à toutes les géodonnées de base relevant du droit fédéral, indépendamment de la forme dans laquelle elles existent (électronique ou autres).
- Il ne vaut pas uniquement pour les géodonnées d'importance pour l'environnement.

La loi sur la géoinformation contient en outre des prescriptions relatives au financement – portant notamment sur les contributions fédérales – de même que des règles régissant l'exercice de la profession de géomètre dans le domaine de la mensuration officielle. Elle se différencie, de ce point de vue, d'une directive de l'UE en contenant des dispositions de droit national.

Conclusion

La LGéo et les ordonnances qui lui sont associées (à deux exceptions près) sont entrées en vigueur le 1^{er} juillet 2008. La balle est à présent dans le camp des cantons qui disposent d'un délai transitoire de trois ans pour adapter leur législation sur la géoinformation aux textes précités, à l'image des Etats membres de l'Union qui doivent promulguer la législation nationale requise pour la mise en œuvre de la directive INSPIRE dans un délai de deux ans à compter de la date de son entrée en vigueur intervenue le 15 mai 2007.

Dans le cas de la Suisse, le mode opératoire retenu pour l'élaboration de la législation, précédemment décrit et fondé sur la culture du consensus, laisse augurer d'une adaptation dénuée de difficultés majeures dans les 26 cantons du pays.

Gageons qu'il en sera de même pour la directive INSPIRE dans les 27 pays membres de l'Union. ●

Contacts

Dr. Fridolin WICKI

Directeur suppléant de swisstopo et responsable du projet LGéo
Responsable de la Direction fédérale des mensurations cadastrales
fridolin.wicki@swisstopo.ch

Olivier REIS

Ingénieur géomètre et traducteur indépendant
Traducteur pour la version française du projet
o.reis@infonie.fr

Références bibliographiques

- [1] "Les systèmes d'information géographique" Jean Denègre et François Salgé. Collection Que sais-je ? - PUF 1996
- [2] Brochure e-geo.ch - géoinformation, Office fédéral de topographie - 2002 - www.e-geo.ch - Publications
- [3] Source : http://eden.ign.fr/wg/fgdc/index_html
- [4] "Message relatif à la loi fédérale sur la géoinformation" www.swisstopo.ch - swisstopo - Bases légales
- [5] Stratégie pour l'information géographique au sein de l'administration fédérale, 15 juin 2001 www.swisstopo.ch - Documentation - Publications - COSIG
- [6] Concept de mise en œuvre de la stratégie pour l'information géographique au sein de l'administration fédérale, 16 juin 2003. www.swisstopo.ch - Documentation - Publications - COSIG
- [7] www.admin.ch - La Confédération en bref 2008 - La démocratie suisse
- [8] Vocabulaire de la topographie, Conseil international de la langue française La maison du dictionnaire, 1980
- [9] Nouvelle législation sur la géoinformation - conséquences en pratique, F. Wicki - Office fédéral de topographie, swisstopo - 2008
- [10] www.cadastre.ch - Publications - Rapports - Les systèmes d'information sur les droits à incidence spatiale et plus particulièrement le cadastre des restrictions de droit public à la propriété foncière (cadastre RDPPF) Office fédéral de topographie, swisstopo - 2007
- [11] Les conséquences juridiques de la directive INSPIRE de la Communauté européenne sur le droit de la géoinformation en Suisse - Compte rendu d'expertise de D. Kettiger - Office fédéral de topographie, swisstopo - 2007.

ABSTRACT

Keywords: geoinformation, harmonisation, geodata infrastructure, legislation (constitution, law, ordinance), INSPIRE Directive

The Swiss Federal Geoinformation Act and several associated ordinances came into force on 1st July 2008. The present article describes the legislative structure thus developed together with its underlying constitutional basis, indicates its objectives as well as the means used to achieve them, and finally draws a parallel between the Swiss Geoinformation Act and the INSPIRE Directive of the European Union.

Enquête sur le PLU

■ Jean-Pierre MAILLARD

Le 16 octobre 2008 la Compagnie des commissaires-enquêteurs d'Ile-de-France (CCEIDF) a organisé une session de formation sur le thème de l'urbanisme à la Grande arche dans les locaux du ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire. Dans ce cadre, Philippe Baffert en charge du bureau de la législation et de l'urbanisme à l'ancienne DGUHC devenue depuis peu la DHUP (Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages) s'est prêté pendant deux heures au jeu des questions réponses avec les participants. Sa présence au ministère depuis de nombreuses années fait de lui un acteur et un observateur privilégié de la réglementation. Certain de restituer des expériences utiles et d'être au plus près de l'actualité législative, XYZ rend compte de cet échange fructueux plus spécifiquement centré sur les P.O.S. et les P.L.U.

CCEIDF : Qu'en est-il aujourd'hui de l'esprit de la loi en matière d'urbanisme ?

Ph. B. : Les lois Solidarité et renouvellement urbains (SRU) et Urbanisme et habitat (UH) ont considérablement fait évoluer l'encadrement de l'aménagement et de la construction, une manière de sortir d'un mal français qui vise à vouloir tout réglementer. La dénomination du document d'urbanisme communal marque nettement le changement puisque le plan d'occupation des sols (POS) est devenu plan local d'urbanisme (PLU). On se préoccupe maintenant de la vocation des sols et non plus de leur occupation, une façon de prendre du recul pour répondre aux problématiques posées. Ces textes ont aussi supprimé le

régime d'exception attaché à la zone d'aménagement concerté (ZAC), la pratique dérogatoire ayant vécu. Désormais, il n'est plus nécessaire de soumettre à l'enquête publique un projet d'aménagement concerté qui s'inscrit dans un PLU en vigueur.

La mise en œuvre des conclusions du Grenelle de l'environnement conduit à une diminution de la consommation d'espaces naturels et impose un calibrage correct des zones U et AU des PLU. Dans ce contexte, l'exigence d'une surface pour construire devient illégale.

CCEIDF : Pour tel dossier, il est parfois difficile d'apprécier s'il relève de la procédure de modification et / ou celle de la révision. Lorsque l'économie générale d'un projet est modifiée, la révision s'impose. Qu'en est-il de l'application de ce dispositif ?

Ph. B. : D'une façon raccourcie on peut dire que tous les dossiers à soumettre à l'enquête publique qui respectent le projet d'aménagement et de développement durable (PADD) ne conduisent pas à une révision du document d'urbanisme communal. Cela suppose cependant que le PADD soit consistant. Il doit exprimer clairement la volonté politique municipale en la limitant au territoire communal. La présentation du PADD a avantage à tenir en une dizaine de pages et les cartes annexées à n'être pas à trop grande échelle pour échapper à une lecture trop formelle susceptible de dénaturer l'intention. Les PADD bavards et pour une part hors sujet seront critiquables en cas de contentieux. Sur un sujet ponctuel, la réduction de l'exigence d'aires de stationnement est toujours du domaine de la modification.

CCEIDF : Pourtant, la Loi UH n'a-t-elle supprimé l'opposabilité du PADD ?

Ph. B. : Rappelons que le PADD fixe les objectifs des politiques publiques d'urbanisme en matière d'habitat, de déve-

loppement économique, de loisirs, de déplacements des personnes et des marchandises, de stationnement des véhicules et de régulation du trafic automobile. Il fait partie intégrante du PLU conformément à l'article L123-1 du code de l'urbanisme et s'impose au règlement qui se doit de lui être compatible. Considérant que le projet est le fondement du règlement, on pourrait dire, en réalité, que c'est la pièce la plus importante du PLU.

CCEIDF : Votre analyse des règlements d'urbanisme et de ses contentieux est-elle pleine d'enseignement ?

Ph. B. : Les règles du PLU procèdent du rapport de présentation qui, s'agissant d'une pièce essentielle, nécessite un soin particulier. Pour s'assurer de la concordance entre le contenu du rapport et le règlement je conseille un tableau synoptique à deux colonnes qui visualise la correspondance. On pourrait à l'occasion découvrir qu'un article n'a aucun fondement et qu'on ait, faute de mémoire, même oublié le pourquoi de son existence ! Autrement dit, si une règle est imposée, il faut savoir pourquoi.

Ceci dit sur la forme, il ne faut pas oublier le fond. Le plan d'urbanisme doit tenir compte non seulement du document d'urbanisme de rang supérieur (ScoT, schéma directeur, PIG...), de la politique communale mais aussi de la position des acteurs locaux. Un document d'urbanisme n'a rien d'abstrait et doit toujours être dans la réalité. On ne fait pas de bons documents d'urbanisme sans discuter avec les intéressés dans le souci de vérifier leur faisabilité en l'occurrence le PLU. Par exemple si un développement est prévu sur un espace dont on sait le propriétaire hostile au changement et la commune incertaine à recourir à la procédure d'expropriation, le plan afficherait un projet stérile. S'agissant des ScoT, il convient qu'ils permettent aux PLU une



marge de liberté, sauf à retomber comme indiqué de prime abord dans le travers du "trop de réglementation"

CCEIDF : Avec la prise en compte de la dimension environnementale, l'ouverture de zones naturelles à l'urbanisation les enquêtes publiques se révèlent souvent un moment de tensions. La jurisprudence a-t-elle déjà dénoué des situations difficiles ?

Ph. B. : La distinction entre espaces agricole et naturel, qui génère ce que d'aucuns qualifient de "pastillage", a tout son sens. Il ne faut pas classer en zone agricole des espaces qui en sont sortis, par exemple des gîtes ruraux dont l'existence n'est pas indispensable à l'activité agricole. A contra-

rio, la construction de gîtes ruraux est interdite dans une zone agricole. De même la résidence d'un céréalier ne pourra pas être bâtie au milieu de son exploitation comme ne participant pas à l'activité agricole. Il n'en serait pourtant pas de même pour celle d'un éleveur de bovins ou autres dont la présence s'impose à proximité des animaux. Ainsi les situations s'apprécient au cas par cas. Pour leur part et compte tenu des évolutions d'usage, les terrains de campings ne peuvent plus être implantés dans des zones naturelles.

D'une façon plus générale, tout changement de zonage qui vise à faire passer une zone agricole en urbanisable relève de la révision, cette mutation étant d'ailleurs soumise au droit de veto du Préfet.

CCEIDF : A contrario, qu'en est-il du déclassement d'une zone urbaine en zone naturelle ?

Le PLU est l'expression de la volonté politique et rien n'empêche un retour en zone naturelle d'emplacements précédemment bâtis. L'exemple de la pointe du Raz avec son horizon dégagé par la démolition d'un hôtel à proximité comme celui d'emprises de constructions reconverties en terres à vignes à Saint-Emilion le démontrent, même cela doit induire, le cas échéant, une action foncière publique. ●

Présentée à la manière d'une interview pour restituer l'esprit de son intervention, les réponses de Ph. Baffert ont été mises en forme par Jean-Pierre Maillard.

Des articles de la revue XYZ de l'AFT sur BALIZ-MEDIA.com

BALIZ et l'AFT sont fiers d'annoncer une entente impliquant leur publication respective, BALIZ-MEDIA.com et la revue XYZ. En effet, BALIZ-MEDIA.com sera en mesure d'offrir à ses lecteurs internautes un article issu directement de chaque numéro trimestriel d'XYZ. Le parallélisme des formes conduit à la publication du communiqué in extenso.

Au moment où les exemplaires partiront par La Poste vers les abonnés d'XYZ, BALIZ-MEDIA.com publiera, pour son article "A la une" de la semaine, l'un des articles de la revue publiée. De plus, afin de bien montrer l'ampleur et la richesse de chaque numéro d'XYZ, le sommaire du numéro figurera aux côtés de l'article, afin d'en faire connaître son contenu. "L'AFT publie sa revue trimestrielle XYZ depuis bientôt 30 ans. Le site Web de l'AFT rénové, qui sera opérationnel début 2009, mettra plus encore en valeur l'association et sa revue. L'entente avec BALIZ s'inscrit dans les efforts de promotion et valorisation engagés par l'association. Le lectorat de BALIZ-MEDIA.com pourra mieux connaître les actions et publications de l'AFT. Luc Vaillancourt, éditeur de BALIZ-MEDIA.com ajoute : Nous sommes heureux de pouvoir maintenant compter sur du contenu provenant de l'AFT et de leurs réputés collaborateurs/experts qui rédigent des articles de fond pour la sortie de chaque numéro d'XYZ. BALIZ-MEDIA.com compte plusieurs collaborateurs occasionnels et quelques collaborateurs plus réguliers mais ce genre d'entente institutionnelle s'aligne exactement dans la stratégie éditoriale de BALIZ-MEDIA.com, qui consiste à offrir une plate-forme, une tribune par et pour les experts et praticiens de l'industrie du géospatial et de la géomatique."

L'entente entre en vigueur dès maintenant et le premier article sera en ligne à la mi-décembre.

A propos de l'AFT

L'AFT a pour but de rapprocher tous les producteurs, utilisateurs, spécialistes, enseignants de la topographie et des métiers qui s'y rapportent. Elle vise également à promouvoir et à diffuser l'évolution de l'instrumentation ainsi que les nouvelles conceptions de la saisie et du traitement de l'information géographique. A travers les articles qu'elle publie dans sa revue trimestrielle XYZ, elle encourage la recherche scientifique et favorise ainsi le progrès technique dans les différentes disciplines liées à la topographie. Elle répond aux demandes d'informations techniques et professionnelles qui lui sont adressées et entretient une collaboration avec des organismes similaires nationaux et internationaux. En facilitant l'actualisation des connaissances de ses membres, elle propose les outils d'une veille scientifique et technique de qualité, et promeut la profession en la faisant connaître tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la France.

A propos de BALIZ

BALIZ est l'éditeur de BALIZ-MEDIA.com. BALIZ-MEDIA.com est un magazine Web en français couvrant l'industrie du géospatial, incluant la géomatique, la cartographie 2D et 3D, les SIG, les GPS et assistants de navigation, les services Web géolocalisés (Location Based Services) et l'intelligence basée sur la localisation (Location Intelligence). BALIZ-MEDIA.com traite de l'industrie et de l'actualité par des articles, des blogs, la publication de communiqués de presse, un calendrier des événements, les offres d'emplois et de l'information provenant directement des lecteurs. L'accès à BALIZ-MEDIA.com est gratuit ainsi que l'abonnement aux deux bulletins hebdomadaires relatant les faits saillants de cette industrie en pleine évolution. BALIZ-MEDIA.com représente également une plate-forme unique pour annoncer et promouvoir des produits et services en géospatial.

Carnet de route 2008 : Passion voyageuse et générosité

■ **Benoit PETIT**, président de TSF

26 juin 2008, 19h53 heure locale, 21h53 heure française. L'hôtesse de bord nous annonce à travers les hauts parleurs : "Bienvenue à l'aéroport de Ouagadougou, il fait 27°C au sol, le capitaine et son équipage espèrent que vous avez passé un agréable vol..." Quelques minutes plus tard, nous voici sur un autre continent, au milieu de l'Afrique de l'Ouest dans un pays nommé le Burkina Faso.

8 mois de préparation intense, de recherches de projets, de subventions, de partenaires... Des centaines de lettres et d'appels ont été nécessaires pour préparer cette mission 2008. Tant de préparatifs, d'espoirs et de chance pour enfin y parvenir. C'est maintenant que commence notre véritable projet avec d'une part l'apport de matériel et nos connaissances aux géomètres burkinabés, et d'autre part la réalisation de levés topographiques pour venir en aide aux populations locales.

Le dépaysement ne se fait pas attendre. Même s'il fait nuit, la capitale est incroyablement animée, on se croirait en France le soir du 12 juillet 1998 quand la France a remporté la Coupe du monde. Ici, sur le bord de la route on ne trouve pas des pistes pour les vélos, mais des pistes réservées aux cyclo-moteurs. Ce sont des centaines de motos et scooters que nous croisons sur la route comme s'ils avaient tous décidé de sortir ce soir.

Arrivés dans un maquis (petit restaurant), nous dînons en compagnie des géomètres. Nous commandons une bière, mais quelle surprise quand celle-ci arrive, ce n'est pas 25 cl comme en France, ni même 50 cl comme en Allemagne mais ici ce sont des bou-

teilles de 65 cl. Autant vous dire que l'on en commande une mais pas deux.

Les futures journées de stage avec les géomètres se déroulent parfaitement bien. Nous formons alors leur personnel sur le Leica TCA 1100 que nous leur avons amené (appareil donné par Leica grâce à GSF). Il est important de préciser que la plupart d'entre eux n'avait jamais vu d'appareil motorisé, si vous aviez pu voir leur surprise quand l'appareil se mit à tourner tout seul en mode implantation, c'était tout simplement magique. Nous les avons également initié aux technologies GPS, matériel que la plupart d'entre eux ne connaissaient pas non plus. Nous avons eu la chance de récupérer auprès de la CNR (Compagnie Nationale du Rhône) des GPS Aquarius 5002, après leur remise en état avant de partir, nous avons décidé d'emmener un pivot et un mobile au Burkina Faso pour en faire don, ainsi que le tachéomètre, à l'association des Géomètres Burkinabés.

Outre ces formations, nous avons suivi différentes équipes sur le terrain, cette fois ce fut à leur tour de nous montrer leurs méthodes de travail. Il est réellement formateur de voir leur manière de fonctionner, nous avons ainsi pu découvrir leur méthode de bornage, le type



© Benoit PETIT

de lotissement qu'ils produisent, l'importance de la situation des points d'eau dans le foncier...

En plus de la partie coopération avec les géomètres, nous avons également mené trois projets humanitaires tels que le relevé des puits et forages dans les communes voisines de Koudougou, ou le levé de barrage en vue de leur réfection à Bissanderou et Roanbarka. Tous ces levés topographiques ont été réalisés pour des associations françaises qui œuvrent sur place.

Lors de ces différents projets, nous avons eu la chance de découvrir un monde complètement différent du nôtre, à l'opposé de notre société actuelle. Même si le Burkina est l'un des pays les plus pauvres d'Afrique, ne disposant d'aucune ressource, il dispose d'un peuple, l'un des plus accueillants que la Terre connaisse. ●

Topo Sans Frontières

Née en 2005 pour organiser une mission d'aide à la reconstruction du Sri-Lanka post-tsunami, cette association a pour vocation de réaliser des travaux topographiques à l'étranger dans un but humanitaire. Cette année nous étions 7 étudiants de l'ESGT à être partis au Burkina Faso. Nous remercions d'ailleurs les personnes qui nous ont aidés à préparer ce projet comme M. Bodin, M. Volte, GSF, l'OGÉ, Topcon ou encore le Rotary Club de Bailleul et le Lions Club de Savigny sur Orge. Nouveauté : cette année nous projetons de réunir TSF et Géotopo International (Madagascar) pour fonder une seule et même association à but humanitaire à l'ESGT.

Pour plus d'informations :
<http://toposansfrontieres.free.fr/>



© Benoit PETIT



© Benoit PETIT

Norman Dilworth : la vie des nombres

■ **Jean-Pierre MAILLARD**

Simple sous-préfecture d'un département toutefois chef-lieu du treizième arrondissement de France, Valenciennes est capitale du Hainaut français et bien plus surprenant, depuis trois siècles surnommée l'Athènes du Nord en raison du goût qu'elle a toujours manifesté pour les arts et du grand nombre d'artistes nés dans la cité. Cinquante d'entre eux furent grands prix de Rome ce qui constitue un record national, la fondation au XVIII^e siècle d'une école des Beaux-Arts, d'une académie et d'un salon, l'octroi de bourses d'étude ont formalisé l'attrait et l'encouragement des Valenciennois à l'expression artistique. Au sommet du Panthéon local on trouve notamment le peintre Antoine Watteau et le sculpteur Jean-Baptiste Carpeaux qu'il n'est pas besoin de présenter. Dans la lignée tracée par les anciens, Valenciennes conserve et fructifie encore aujourd'hui son engouement pour les arts plastiques jusqu'à devenir une référence nationale pour l'exposition permanente de sculptures en ville.

Valenciennes capitale régionale de la culture

Dans le cadre de cette manifestation, il est difficile de ne pas voir la construction monumentale de Mark di Suvero $E=mc^2$, structure d'acier d'un tétraèdre, en entrée de ville, et l'implantation de Jean-Bernard Métais, *Valenciennes*, sur la place d'Armes. Cette dernière a la forme d'un axe démesuré pointé droit vers le ciel à l'emplacement de l'ancien beffroi. Elle porte, découpés dans l'enveloppe, les mots choisis des habitants qui sont aussi murmurés par sono interposée, depuis son for intérieur. En s'élevant à plusieurs dizaines de mètres les deux réalisations à la géométrie remarquable apparaissent d'abord comme des signaux plus que comme des sculptures. L'espace public recèle de nombreuses autres pièces, figuratives ou non, anciennes ou contemporaines qui méritent tout autant l'attention. Près du musée des Beaux-Arts et dans la cour du conservatoire de musique, lieux culturels par excellence, on remarque deux sculptures à échelle humaine de la même veine, en acier corten, œuvres de Norman Dilworth.

1, 2, 3, 4, 5

Dans un environnement végétal conséquent, sorte d'écrin du musée des

Beaux-Arts, *1, 2, 3, 4, 5* peut être perçue comme la branche sèche d'un noyer géant abattue par le vent et débarrassée de ses feuilles. Dans une approche plus animale, les Valenciennois voient dans la réalisation le "Monstre du Loch Ness" sans doute une façon intuitive de reconnaître la sensibilité britannique de son créateur. En réalité, il s'agit de la construction d'un artefact à partir d'un élément de base à section carrée et de forme pentagonale. Les dimensions de la pièce dupliquée sont précises et isocèles. La section a 36 cm de côté, la même largeur que celle des côtés de la pointe pour permettre l'ajustement rigoureux des morceaux entre eux. Dans une recherche d'harmonie, le côté

droit se trouve être deux fois plus long (72 cm). Riche de ce lego personnel, Norman Dilworth a élaboré une composition pleine d'équilibre et dont chaque partie croît au rythme de la série arithmétique annoncée 1, 2, 3, 4, 5.

From a cube 2

La porte d'entrée du conservatoire de Valenciennes est facile à franchir et conduit immédiatement à la cour intérieure qui accueille une deuxième sculpture de Norman Dilworth. Protégé par un petit garde-fou *From a cube 2* se présente sous la forme d'une ligne brisée également matérialisée par une section carrée. Autant de points de vue, autant de perceptions différentes, ce constat paradoxal montre qu'une œuvre unique peut être multiple. Un élan ascendant se dégage du mouvement hélicoïdal de la ligne brisée, élan contrarié par l'aspect penché du cube qui la coiffe comme si une parcelle d'humanité s'était glissée dans la pure géométrie du volume. Les deux œuvres présentées à Valenciennes font l'objet d'un dépôt de l'artiste dans des lieux comme réservés pour elles et dont la présence répond avec équilibre aux bâtiments voisins. On dirait qu'elles ont trouvé leur place, facilement lisibles tout en étant porteuses de questions. Elles illustrent bien la méthode de travail de l'artiste, entre jeu



© Yvette Vélaz



© Yvette Velay

et expérimentation : *“J’assemble des éléments dans un ordre séquentiel, ou des éléments déjà en relation séquentielle. J’essaie chaque combinaison possible. En utilisant des moyens primitifs et des systèmes simples, j’engendre des structures qui expriment la croissance dans un principe de développement naturel. Je laisse chaque pièce évoluer suivant sa nature dans un système que j’ai préétabli. Je n’interviens pas arbitrairement. Une œuvre, comme l’a dit Kenneth Martin, contient sa propre histoire, elle est le résultat d’une série d’événements dans un temps donné”*. Entre répétition et progression, Norman Dilworth garde ce qui “fonctionne”. Il pense aussi que la dimension artistique se révèle quand on ne s’oblige pas à obtenir un résultat préconnu et, par référence à Paul Klee, estime qu’une œuvre est finie quand “elle vous regarde”.

Norman Dilworth

L’artiste est né en Angleterre en 1931 et a été formé dans un pensionnat de jésuites près de Chesterfield. Les mathématiques étaient le seul sujet qui retenait son attention. Dissuadé de poursuivre des études théoriques dans ce domaine

“sans avenir sur le plan de la recherche” il a finalement rejoint une école d’art, auquel il avait été sensibilisé au collège, d’abord à Wigan puis à Londres. S’identifiant alors à Giacometti, il a fréquenté Henry Moore et Francis Bacon, rencontre déterminante d’autant que le premier lui a accordé une bourse pour étudier à Paris.

C’est dans la capitale, en 1956 qu’il a découvert les travaux des surréalistes, des dadaïstes et, surtout, ceux de Mondrian. De retour en Angleterre, il a été de tous les mouvements artistiques d’avant-garde. Dans les années 60 il a milité pour un art accessible à tous et promu les multiples et pris des contacts avec la Hollande. Dans les années 70 son engagement s’est concentré sur la thématique de l’art construit dans tous les sens du terme : conception mentale, conceptuelle, formelle. En 1982, il rejoint Amsterdam où il peut enfin vivre de son art sans, en parallèle, être obligé d’enseigner. Il se consacre alors pleinement à l’abstraction géométrique et s’emploie à donner du sens à des formes et des suites mathématiques. La vocation contrariée de chercheur dans la discipline trouve ainsi une renaissance et un aboutissement.

En 2002, Norman Dilworth s’installe dans le Vieux Lille en considérant la localisation privilégiée de la métropole lilloise au barycentre des places culturelles européennes. Cet emménagement le fera mieux connaître en France et provoquera un renouveau dans son travail, porté par l’amitié du peintre François Morellet et les rencontres tant avec la galerie Oniris de Rennes qu’avec le musée Matisse du Cateau-Cambrésis. A l’été 2007, ce dernier lui a d’ailleurs consacré une magnifique rétrospective française montrant toute l’étendue de ses recherches et leur transcription en sculptures et tableaux. Mieux que d’autres l’historien d’art néerlandais Cees de Boer résume la recherche de l’artiste : *“En regardant ses œuvres, on voit émerger des images que l’on associe aux formes naturelles de croissance ; cet aspect montre que les principes systématiques d’un côté, et les suggestions dynamiques de l’autre ne sont en aucune façon contradictoires mais complémentaires”*.

Au début du XX^e siècle les cubistes ont décomposé la réalité jusqu’à l’abstraction plus préoccupés de la forme que de la restitution de la vie dans leurs compositions. Aujourd’hui, a contrario, la démarche de Norman Dilworth le conduit, et ç’en est que plus admirable, à dégager de la sensualité dans la précision des équations mathématiques et à donner un souffle de vie aux nombres, aux lignes aux surfaces et aux volumes qui naissent de ses mains. Ce faisant, certain que l’art est aussi affirmation de la vie, il répond oui au poète qui s’interroge : *“Objets inanimés avez-vous donc une âme...”* ●

Erratum

Dans la rubrique “Art et géométrie” n° 116 les 72 monolithes constituant l’alignement du XXI^e siècle d’Aurélie Nemours ont été cotés avec précision sur le terrain d’emprise.

Tous les géomètres soucieux du contrôle systématique ont remarqué, en réalité, que la longueur comporte 8 éléments espacés de 2,70 m, la largeur 9 éléments espacés de 1,80 m et non l’inverse comme indiqué. Merci aux fidèles lecteurs pour leur aimable attention qui permet la rectification.

J.-P. M.

RÉCRÉATION COSMOGRAPHIQUE N°2

■ **Raymond D'HOLLANDER**

La présente récréation cosmographique n°2 est la suite de la récréation n°1 dont l'énoncé a paru dans le XYZ n°116 et dont la solution figure dans ce numéro d'XYZ. Il sera utile de s'y reporter.

On considère un point M de latitude Nord $\varphi = 45^\circ$, le jour du solstice d'été où la déclinaison du soleil est $\delta = 23,43^\circ$. Les questions ci-après concernent la hauteur du soleil, aux instants de la matinée considérés dans le précédent XYZ.

- 1 - Etablir la formule donnant la distance zénithale z du soleil en fonction de la latitude φ du lieu, de la déclinaison δ du soleil et de son angle horaire ($-H$).
 - a. En déduire, ce jour de solstice, la valeur de z pour l'angle horaire $-H = 113,19^\circ$, correspondant à 10 minutes après le lever du soleil.
 - b. En déduire, toujours le même jour, la valeur de z pour l'angle horaire $-H = 55,69^\circ$, correspondant à 4 heures après le lever du soleil.
 - c. Déterminer l'heure où l'ombre d'un gnomon égale sa hauteur ($z = 45^\circ$).

- d. Calculer l'azimut du soleil correspondant à $z = 45^\circ$ de deux manières différentes.

- 2 - Etablir la formule donnant la distance zénithale z du soleil en fonction de la latitude δ du lieu, de la déclinaison δ du soleil et de son azimut A .
 - a. En déduire la valeur de z pour l'azimut $A = 57,53^\circ$ (10 minutes après son lever).
 - b. En déduire la valeur de z pour $A = 96,36^\circ$ (4 heures après son lever).
 - c. Vérifier les concordances de 1a et 2a, de 1b et 2b.
 - d. Vérifier que pour l'azimut obtenu en 1d), on a bien $z = 45^\circ$.

- 3 - Déterminer la distance zénithale du soleil à sa culmination et en déduire sa hauteur méridienne.

Nota : Les distances zénithales ci-dessus ne tiennent pas compte de la réfraction. Pour obtenir les distances zénithales apparentes que l'on mesurerait au théodolite, il faut effectuer une correction de réfraction ρ négative. Elle peut être déduite de la table de réfraction des éphémérides astronomiques qui la donne en fonction de la hauteur apparente du soleil.

Solution de la récréation cosmographique n°1 du n° 116 d'XYZ

■ **Raymond D'HOLLANDER et Paul COURBON**

1- Calcul de l'angle horaire du soleil au solstice d'été, au point M.

Nous rappelons que la latitude du lieu M est $\varphi = 45^\circ$ et la déclinaison du soleil $\delta = 23,43^\circ$ au solstice d'été, jour de notre récréation.

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

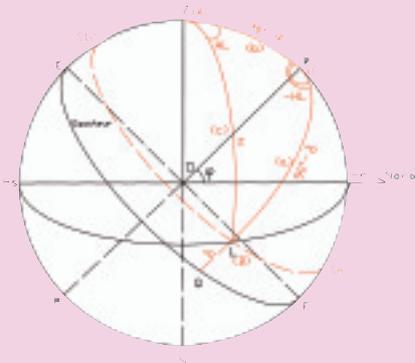


Fig. 1. Triangle de position ZPL. Les angles sont notés en orange.

Considérons la sphère céleste locale de rayon unité, le cercle horizon ($H_n H_s$), le zénith Z, l'axe des pôles PP' , l'équateur (EE'). On sait que la latitude δ (ici égale à 45°) est l'angle que fait l'axe des pôles avec l'horizon. Figurons en tireté le parallèle $S_0 S_{12}$ décrit par le soleil lors du solstice d'été. Il rencontre le cercle horizon en L qui correspond au lever du soleil. Le cercle méridien de M est le cercle passant par $H_s E S_{12} Z P H_n S_0 E' N P'$.

Le triangle de position est le triangle sphérique ZPL dont les angles sont : en Z : l'azimut A_L , en P : l'angle horaire $-H_L$ (négatif puisque le soleil se lève à l'est), En L : l'angle à l'astre que nous n'aurons pas l'occasion d'utiliser.

Le triangle de position est ZPL et plaçons A en Z, C en P, B

en L. Les côtés a, b et c du triangle sont alors : $b = \text{arc } \widehat{ZP} = 90^\circ - \delta$ (ici $\varphi = 45^\circ$), $a = \text{arc } \widehat{PL} = 90^\circ - \delta$ (ici $\delta = 23,43^\circ$) et $c = \text{arc } \widehat{ZL} = z$, (distance zénithale ici 90°). (Voir notations ABCabc sur la figure 1)

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

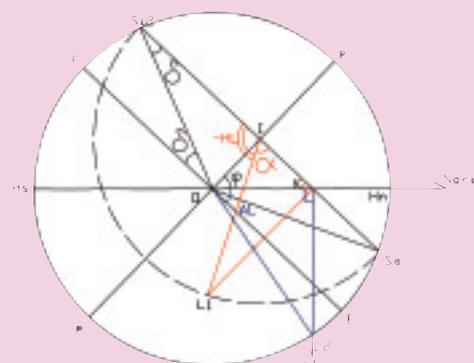
$\text{Cos } c = \text{cos } a \text{ cos } b + \sin a \sin b \text{ cos } C$ qui devient :
 $\text{Cos } 90^\circ = \text{cos } (90^\circ - \delta) \text{ cos } (90^\circ - \varphi) + \sin (90^\circ - \delta) \sin (90^\circ - \varphi) \text{ cos } (-H_L)$, on en déduit : **$\text{cos } (-H_L) = -\tan \delta \tan \varphi$ (1)**

Pour $\varphi = 45^\circ$, $\tan \varphi = 1$ et pour $\delta = 23,43^\circ$, on obtient : $\text{cos } (-H_L) = -0,4334$

On en déduit : $H_L = -115,685^\circ$, ce qui transformé en heures donne : **$H_L = -7h43mn$ (2)**

Attention, ceci est l'angle horaire

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



Considérons la section de la sphère céleste locale de centre O et de rayon unité par le plan méridien du lieu M. C'est le cercle de diamètre $H_n H_s$, où H_n est dirigé vers le nord. Le



cercle horizon est le cercle debout de trace $H_N H_S$ sur le plan méridien. Soient PP' l'axe des pôles et EE' la trace de l'équateur sur le plan méridien de M. On sait que la latitude φ est l'angle $H_N OP$. Soit $S_0 S_{12}$ la trace sur le plan méridien du parallèle de déclinaison δ . Soit I le centre de ce cercle et K l'intersection de $H_N H_S$ avec $S_0 S_{12}$. Le plan du parallèle $S_0 S_{12}$ coupe le plan de l'horizon selon la droite debout en K. A son lever, le soleil se trouve à l'intersection de cette droite debout et du parallèle $S_0 S_{12}$. Si nous rabattons le plan du parallèle $S_0 S_{12}$ sur celui du méridien, autour du diamètre $S_0 S_{12}$, nous obtenons le cercle dont nous n'avons représenté que la moitié sur la figure 1. La droite debout en K est rabattue suivant la perpendiculaire à $S_0 S_{12}$, soit L_1 , son intersection avec le cercle de diamètre $S_0 S_{12}$. Dans le plan du parallèle, l'angle horaire $-H_L$ du soleil est $-H_L = S_{12} L_1$. On évalue $-H_L$ par son supplément dans le triangle IKL_1 : $\alpha = S_0 I L_1$, ce qui donne la relation : $\cos \alpha = \frac{IK}{IL_1}$ (3)

Or, dans le triangle OIK, on a $\tan \varphi = \frac{IK}{OI}$, d'où $IK = OI \tan \varphi$.

En outre, étant donné le rayon unité de la sphère céleste locale, $OI = \sin \delta$; on a donc : $IK = \sin \delta \tan \varphi$. De même, le rayon du parallèle de diamètre $S_0 S_{12}$ est : $IS_{12} = IL_1 = \cos \delta$. En remplaçant dans (3) IK et IL_1 par leur valeur, on obtient : $\cos \alpha = \frac{\sin \delta \tan \varphi}{\cos \delta} = \varphi \tan \delta \tan \varphi$

Il en résulte que l'angle supplémentaire de α : $(-H_L)$ est tel que : $\cos(-H_L) = -\tan \delta \tan \varphi$. Nous retrouvons la relation (1) donnée par la trigonométrie sphérique.

2 - Calcul de l'heure du lever du soleil en M au solstice d'été et de l'heure de son coucher

a. Calcul de l'heure solaire du lever

Lorsque le soleil vrai passe au méridien de M en S_{12} (fig. 1), il est 12 heures de temps solaire vrai. Il en résulte que l'heure du lever du soleil vrai est : $T_L = 12h - (-H_L)$. En prenant la relation (2), on en déduit : $T_L = 12h - 7h43mn = 4h17mn$ C'est l'heure solaire vraie, obtenue avec un cadran solaire ou un astrolabe.

b. Calcul de l'heure solaire au coucher

Par symétrie, l'heure solaire du coucher est : $T_C = 24h - T_L = 24h - 4h17mn = 19h43mn$

c. Durée du jour théorique

Elle se calcule de deux manières, soit par $d = T_C - T_L = 19h43mn - 4h17mn = 15h26mn$. Soit par $d = 2 H_L$. En prenant le résultat (2), on a : $d = 2 \times 7h43mn = 15h26mn$

3 - Calcul de l'azimut astronomique du soleil levant au solstice d'été en M

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

Au triangle sphérique ABC, on peut appliquer la formule fondamentale de la trigonométrie sphérique déjà employée en 1a, qui devient ici :

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

$$\sin \delta = \sin \varphi \cos z + \cos \varphi \sin z \cos A_L$$

Comme $z = 90^\circ$ (\cos est nul et $\sin z = 1$) : $\cos A_L = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$ (4)

Avec $\delta = 23,43^\circ$ et $\varphi = 45^\circ$, on a : $A_L = 55,78^\circ$ (5)

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

L'azimut se calcule dans le plan de l'horizon, plan debout de trace $H_N H_S$ sur la figure 2. Si on rabat ce plan autour du diamètre $H_N H_S$ du cercle horizon, on obtient un cercle confondu avec celui de la section méridienne de la sphère locale, de diamètre $H_N H_S$. La projection de la direction du soleil levant sur le plan de l'horizon s'effectue selon la droite OL_2 , L_2 étant l'intersection de la perpendiculaire Ky' à $H_N H_S$, avec le cercle horizon. Dès lors, l'azimut A_L est l'angle KOL_2 mesuré dans le plan de l'horizon.

$$\cos A_L = \frac{OK}{OL_2} = \frac{OK}{1}$$

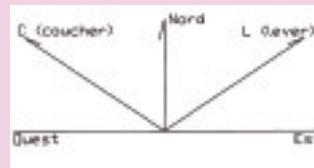
or avec un cercle de rayon unité

$$OK = \sin \delta$$

$$\cos A_L = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

On retrouve bien la relation (4) de 3a et le même résultat.

4 - Calcul de l'azimut du coucher du soleil en M au solstice d'été (fig. 3)



Par symétrie, l'azimut du coucher du soleil A_C en M au solstice d'été est : $A_C = 360^\circ - A_L = 360^\circ - 55,78^\circ = 304,22^\circ$

5 - Azimut du soleil à 3 instants de la journée du solstice d'été.

a. Etablissement de la formule générale exprimant l'azimut en fonction de l'angle horaire

Arrivant en sommet de courbe, la variation de la déclinaison du soleil est très faible le jour du solstice. Nous passerons alors par l'angle horaire en gardant $\delta = 23,43^\circ$. La figure 1 peut nous servir, aux conditions ci-après : L (B) n'est plus sur le cercle horizon, z est différent de 90° , en P (C) on remplace $-H_L$ par $-H$ et en Z (A), on remplace A_L par A. Considérons les quatre éléments consécutifs aCbA et appliquons leur la formule en cotangente :

$\cot a \sin b = \cos b \cos C + \sin C \cot A$, ce qui donne :

$$\tan \delta \cos \varphi = \sin \varphi \cos(-H) + \sin(-H) \cot A$$

on en déduit : $\tan A = \frac{\sin(-H)}{\tan \delta \cos \varphi - \sin \varphi \cos(-H)}$ (6) Cette formule s'applique au cas particulier du lever du soleil où $-H = -H_L = 115,69^\circ$ (1a)

Avec $\delta = 23,43^\circ$ et $\varphi = 45^\circ$, on retrouve $A = A_L = 55,78^\circ$, ce qui vérifie (5).

b. Azimut du soleil, 10 minutes après son lever

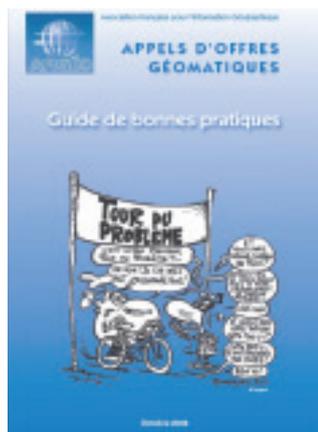
L'angle horaire diminue lui aussi de 10 minutes, soit 0,1667h, en convertissant en degré ($h \times 15$), la valeur de $-H$ en (1a) devient $113,19^\circ$. En employant la formule (6), on obtient : $A = 57,53^\circ$

c. Azimut du soleil 4 heures après son lever

L'angle horaire diminue de 4 heures, soit $4 \times 15^\circ = 60^\circ$, la valeur (1a) devient $55,69^\circ$. Toujours en employant la formule (6), on obtient deux déterminations possibles de A : $A = -83,64^\circ$ ou $A = -83,64^\circ + 180^\circ = 96,36^\circ$, valeur la plus logique $A = 96,36^\circ$ qui convient.

d. Azimut du soleil à sa culmination

Dans la formule (6), $H = 0$, donc, l'angle A qui en résulte peut alors valoir $A = 0^\circ$ ou $A = 180^\circ$. C'est cette dernière valeur qui convient puisque le soleil est en S_{12} dans la direction du sud, 7h43mn après son lever.



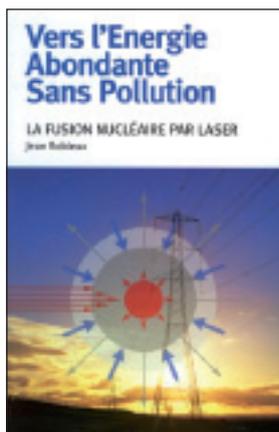
■ Appels d'offres géomatiques Guide de bonnes pratiques

Au sein du Pôle entreprises / industries de l'AFIGÉO, un Groupe de travail s'est constitué courant 2008, partant du constat que depuis quelques années, l'AFIGÉO est saisie par ses adhérents de difficultés constatées en phase d'appels d'offres (que ce soit sur la rédaction des documents, leur lecture et interprétation, la préparation et la réalisation de tests techniques ou encore l'évaluation des offres...).

Le groupe de travail regroupe des personnes issues des pôles usages et entreprises et s'est appuyé sur les résultats d'une enquête réalisée auprès des entreprises et des maîtres d'ouvrage, pour rédiger un guide, fruit des réflexions des différents intervenants intitulé : "appels d'offres géomatiques - guide de bonnes pratiques".

Finalisé en novembre 2008, ce guide n'a pas vocation à l'exhaustivité, mais les auteurs ont souhaité fournir aux personnes concernées un outil pragmatique et utile, qui tienne compte de la particularité du domaine de la géomatique, de sa mutation, et qui ne soit pas redondant avec d'autres études et préconisations générales sur l'achat public. Ce guide a été relu et validé par des représentants de maîtres d'ouvrage.

- ◊ Le guide est mis à disposition de tous, et il est disponible :
 - en version numérique : à télécharger sur le site d'AFIGÉO : www.afigeo.asso.fr
 - en version papier : sur simple demande envoyée à afi-geo@afigeo.asso.fr



■ Vers l'énergie abondante sans pollution

La fusion nucléaire par laser

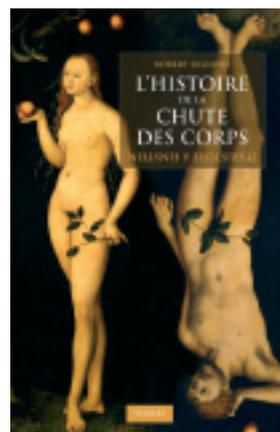
Jean Robieux

Les transports, le chauffage des immeubles, l'industrie exigent une énergie dont la plus grande part est produite par la combustion du pétrole et du gaz. Ceci entraîne un effet de serre et un réchauffement climatique susceptibles de rendre la vie impossible sur la terre au cours des tout prochains siècles. Le livre montre qu'il est pratiquement certain que vers 2080 la fusion nucléaire par laser permettra de produire une énergie abondante pour un coût relativement modeste.

Grâce à cette énergie on pourra transformer un mélange de CO₂ et H₂, prélevés dans l'atmosphère et l'eau, en un hydrocarbure qui sera un carburant pour les automobiles ou un aliment. Le combustible sera l'hydrogène lourd, le Deuterium, qui se trouve en quantité suffisante partout sur la terre. L'utilisation du pétrole et du gaz deviendra inutile. L'humanité pourra donc vaincre le réchauffement climatique et la faim.

Jean Robieux a proposé le concept de fusion par laser en 1962 juste après la découverte du laser. Cette idée a été immédiatement acceptée et soutenue par le Général de Gaulle. Depuis lors, il a participé aux principaux échanges internationaux sur le sujet. Il exprime un point de vue qui tient compte de l'opinion des principaux responsables mondiaux qui sont souvent ses amis. Ce livre est accessible à une large part de notre collectivité.

- ◊ Edition : Louis de Broglie
10 € - 214 pages
ISBN : 978-2-9530992-0-1



■ L'Histoire de la chute des corps d'Aristote à Einstein

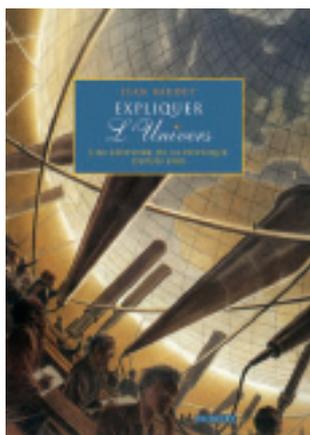
Robert Signore

La chute des corps est dans la nature des choses. Un jour ou l'autre, tout finit par tomber : la pluie, la neige, les fruits mûrs, les feuilles mortes... Si les objets qui nous entourent semblent provisoirement échapper à ce destin c'est qu'ils sont retenus artificiellement ! D'ailleurs la chute nous imprègne à tel point que le mot a pris un sens métaphorique : la chute de l'Homme, la chute de l'Empire romain, "Plus dure sera la chute"...

Peu de phénomènes ont suscité autant de réflexion, d'opinions et de controverses. Aristote en proposait déjà une explication au IV^e siècle avant notre ère mais, aujourd'hui, il semble bien que l'énigme soit enfin résolue ; l'univers clos a volé en éclats et a perdu son centre ; la Terre n'occupe plus de position privilégiée ; la perfection des corps célestes reste une utopie, la force d'attraction universelle une fiction ; l'espace ni le temps ne sont plus absolus : c'est désormais la théorie d'Einstein qui fait autorité.

Voici l'histoire mouvementée de cette longue quête. L'évolution des idées scientifiques comme l'évolution des espèces procédant souvent par brusques mutations, l'ouvrage retient quatre grandes étapes. Elles seront incarnées tout d'abord par les philosophes de l'Antiquité - dont Aristote, Épicure et Lucrèce. Puis par Galilée, figure de proue de la nouvelle mécanique. Viendra Newton, le père de la gravitation universelle. Architecte de l'édifice ultime, c'est Einstein qui éclairera finalement la cause de la chute des corps.

- ◊ Édition Vuibert
16 € - 160 pages
ISBN : 978-2-7117-7067-0



■ Expliquer l'univers

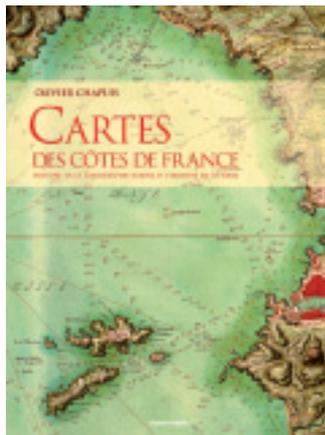
Une histoire de la physique depuis 1900
Jean Baudet

Pour bien saisir le sens et la portée de la "reine des sciences", source de la technologie et, dès lors, fondement de la vie économique, n'est-il pas de meilleur chemin que l'histoire ? C'est l'évolution des sciences de la matière – physique et astrophysique – de 1895 à nos jours que Jean Baudet retrace ici.

Pas à pas, il nous raconte comment la communauté internationale des physiciens est passée de la découverte des rayons X à la recherche du boson de Higgs. En nous entraînant dans une suite ininterrompue de découvertes et de théories où l'on retrouvera notamment les noms de Pierre et Marie Curie, de Planck, de Schrödinger et de bien d'autres, l'historien nous révèle les arcanes d'une science devenue de plus en plus complexe et abstraite. On verra par exemple comment l'examen attentif de petits faits singuliers – comme l'activité électrique d'un métal peu connu à l'époque, l'uranium, et les hardiesses de pensée d'un Einstein ou d'un Heisenberg – vont conduire à des conceptions aussi grandioses que celles des quasars, des magnétars, des fermions et des bosons, et vont aboutir à une vision de l'Univers devenue cosmologie et "théorie de tout".

◊ Édition Vuibert

Prix : 40 € - 432 pages
ISBN : 978-2-7117-4034-5



■ Cartes des côtes de France

Histoire de la cartographie marine et terrestre du littoral
Olivier Chapuis

Olivier Chapuis

Dans la lignée des grands ouvrages de référence du Chasse-Marée (Ar Vag, Phares...), voici un nouvel ouvrage exceptionnel, abondamment illustré, faisant la synthèse de cinq siècles d'histoire de la cartographie marine et terrestre française.

Pour la première fois, un ouvrage est consacré à l'histoire des cartes géographiques du littoral français, de leurs origines à nos jours (de 1500 aux années 2000), sur le pourtour de toute la métropole, îles et Corse incluses. De part et d'autre de l'éstran – cette partie du rivage où la mer couvre et découvre au gré de la marée – les cartes marines et terrestres sont une invitation au voyage dans l'espace et le temps des côtes de France et au sein d'un art, celui de la cartographie, dans lequel notre pays excelle. Les chefs-d'œuvre présentés dans ce livre ne valent pas seulement pour eux-mêmes, d'un point de vue esthétique, scientifique et technique.

Par la variété des thèmes proposés, ils disent aussi beaucoup de la formidable diversité géographique et culturelle de nos rivages, et des événements et des hommes qui les ont habités, en guerre ou en paix.

C'est enfin le tracé aujourd'hui si familier de notre littoral que l'on voit s'affiner au fil des siècles, avec un effet de zoom jusqu'aux détails les plus fins.

Biographie de l'auteur

Historien et géographe de formation, spécialiste français de l'histoire de la cartographie marine et de la navigation, auxquelles il a consacré une thèse remarquée, Olivier Chapuis est docteur en Histoire. Navigateur, il est journaliste et collabore au Chasse-Marée. Primé en 2008 par le grand prix de l'Académie de Marine et par le prix du Cercle de la mer.

◊ Édition CHASSE MAREE

Prix : 99 € - 450 pages
ISBN : 978-2914208598

ACADÉMIE DE MARINE

La séance solennelle de rentrée de l'académie de marine a eu lieu le 15 octobre 2008 à l'École militaire, cette année sous la conduite d'Annette Roux, vice-présidente du conseil de surveillance de Beneteau S.A. Quelques trois cents personnes ont assisté à la réunion en présence de Xavier de la Gorce, secrétaire général de la mer. Le programme a comporté la remise des prix, les allocutions des présidents, sortant l'amiral Jacques Lanxade et entrant, M. Bertrand Veillard-Baron et celle de Mme Roux qui a porté sur l'évolution de la construction des bateaux, entre pêche et plaisance.



L'AFT a rejoint le Comité français de cartographie au 107, rue La Boétie à Paris et signale volontiers la publication du n° 196 de sa revue de juin 2008.

Le numéro ISBN indiqué pour chaque ouvrage vous permet de le commander en librairie.

REPERTOIRE DES ANNONCEURS - N° 117

ECOLE CHEZ SOI	4	ISI	1	TRIMBLE	2 et 3° de couv
GÉOMEDIA	4° de couv	LEICA	2		

Paris au temps des Misérables de Victor Hugo, au Musée Carnavalet

■ Patrice GAUBERT

Le musée Carnavalet, musée de la ville de Paris, conserve des collections qui illustrent l'évolution de la capitale, de la préhistoire à nos jours. Il présente, au milieu de décors historiques, un vaste choix d'œuvres d'art et de souvenirs évoquant la vie quotidienne et intellectuelle de Paris. Ses collections permanentes méritent à elles seules une visite. Mais il se trouve qu'en ce moment, le musée présente en plus une exposition temporaire consacrée à "Paris au temps des Misérables de Victor Hugo". Cette exposition est de nature à intéresser spécialement géomètres et topographes, car elle propose une lecture inédite des Misérables où Paris passe du statut de simple cadre du roman à celui d'acteur au même titre que les personnages. Cette thèse est illustrée entre autres par des maquettes, plans et perspectives.



L'exposition se déroule en cinq parties, qui suivent la chronologie et l'action du roman et s'articulent autour de ses principaux personnages : Fantine, Cosette, Jean Valjean, Marius et Gavroche ; elle accompagne chaque héros dans leurs itinéraires parisiens. L'exposition permet également un deuxième niveau de lecture en révélant, le cas échéant, les croisements entre la fiction romanesque et les références à la vie privée de l'auteur.

Mais principalement l'exposition s'attache à Paris, élément essentiel du roman, ville ouverte aux révolutions les plus contemporaines, alors qu'elle est enfermée dans un carcan de ruelles et de taudis datant du Moyen Âge. À la façon d'une enquête, explorant maisons, venelles, l'exposition plonge le visiteur au cœur de l'intrigue. Telle une enquête itinérante, elle suit la trame et la chronologie de l'œuvre et plonge le visiteur au cœur de l'intrigue sur les traces de Jean Valjean, Cosette, Fantine ou encore Marius... Le Paris des années 1815 à 1833 resurgit, évoqué par un ensemble d'environ 220 peintures, photographies, cartes, gravures

et objets d'art. L'action du roman se déroule dans neuf lieux principaux : les Champs-Élysées, l'actuel XIII^e arrondissement (le boulevard de l'Hôpital, le champ de l'Alouette), les barrières érigées sur les boulevards extérieurs, le V^e arrondissement (lors de la fuite de Jean Valjean), le couvent fictif du Petit Picpus, la rue Oudinot (nommée dans le livre rue Plumet), le Luxembourg, les Halles et le Marais.

Inlassable piéton de la ville, Victor Hugo connaît bien ses quartiers et monuments, mais pour les nécessités de la narration, il prend des libertés par rapport à la réalité, déplaçant certains sites, modifiant la physionomie de certains quartiers. Des Champs-Élysées à l'actuel XIII^e arrondissement, du quartier du Marais aux boulevards extérieurs, du Luxembourg aux Halles, l'exposition permet de distinguer la part du Paris réinventé sous sa plume de celle du Paris réel. Elle livre aussi au public les secrets de Victor Hugo, révélant les événements autobiographiques auxquels l'auteur fait souvent référence dans différents passages de l'ouvrage. La présentation, qui confronte cartes

anciennes et plans actuels, permet de situer les épisodes du roman dans la capitale contemporaine, comme une invitation à une promenade sur les pas des Misérables. Ainsi, des plans montrent la fuite de Jean Valjean et de Cosette, le parcours de Jean Valjean, Gavroche et Javert dans le Marais, et même l'itinéraire dans les égouts...

Cette exposition n'est pas consacrée à la cartographie, mais les cartes, les vues perspectives, y sont une illustration indispensable à cette mise en parallèle entre le roman de Victor Hugo et la réalité de Paris. Les autres documents présentés sont également d'un grand intérêt, et je vous conseille ensuite de faire un tour dans les collections permanentes du musée, ainsi que dans l'autre exposition temporaire : Le métro parisien vu par Akemi Noguchi qui vous donnera une vision surprenante des stations de métro... Je vous laisse la surprise. ●

Expositions présentées jusqu'au 1^{er} février 2009

► Pour tout renseignement : www.carnavalet.paris.fr