

xyz

aft
association francophone de topographie



n°176



Nivellement direct en haute montagne page 40



**Mission de géodésie,
nivellement et gravimétrie
à Wallis et Futuna**
page 25

[Live+] SIG 2023

Le Géo évènement

**Du 9 au 13 octobre en format digital
et en présentiel dans 5 villes de France**

**Cette année, nous accueillerons
parmi nos Grands Témoins**



Pierre Haski

*Journaliste et chroniqueur
géopolitique dans la matinale
de France Inter*

**Programme, grands témoins,
partenaires, masterclasses,
animations, inscriptions sur
geo-evenement.fr**

Informations et contact en nous écrivant à :
sig2023@esrifrance.fr



esri France
THE SCIENCE OF WHERE™

SOMMAIRE

Directeur des publications

Tania Landes
Professeure des universités INSA de
Strasbourg

Directeur des publications adjoint

Flavien Viguier
Ingénieur topographe, SNCF

Rédaction et administration XYZ

73 avenue de Paris
94165 Saint-Mandé Cedex
Tél. +33 (0) 1 43 98 84 80

Rédacteur en chef

Bernard Flacelière
Ingénieur topographe, retraité

Rédacteur en chef adjoint

Flavien Viguier

Comité de rédaction

André Bailly
Ingénieur géomètre ETP, retraité
Françoise Duquenne
Ingénieur général des Ponts honoraire
Ghyslain Ferré
Enseignant en topographie, ESGT Le Mans
Pierre Grussenmeyer
Professeur des universités
INSA de Strasbourg
Michel Kasser
Professeur des universités, retraité
Jean-Pierre Maillard
Géomètre-expert foncier, retraité
Emmanuel Natchitz
Ingénieur géomètre, ESITC Paris
Elodie Sissler
Enseignant en topographie et foncier,
Lycée Dorian

Publicité

Samuel Guillemain - Tél. 06 72 12 08 97
communication@aftopo.org

Conception et maquette

Dorothee Picard

Imprimerie Decombat

5 bis rue Gustave Eiffel
BP 90449 - 15004 Aurillac Cedex
Tél. 04 71 63 44 60
Fax 04 71 64 09 09



Dépôt légal

3^e trimestre 2023 ISSN 0290-9057
Tirage de ce numéro : 800 ex

CPPAP : 0324 G 80866

Abonnement pour les agences

Contactez info@aftopo.org pour tarifs

Adhésion à l'AFT comportant

l'abonnement et le téléchargement
gratuit du PDF. Visitez
http://www.aftopo.org/
rubrique Pour adhérer

Vente au numéro Téléchargez le PDF
pour 17 € ou achetez le numéro papier
pour 25 € contact info@aftopo.org

Membre du Syndicat de la presse
culturelle et scientifique (SPCS)

L'AFT n'est pas responsable des opinions
émises dans les conférences qu'elle organise
ou les articles qu'elle publie.

Tous droits de reproduction ou d'adaptation
strictement réservés.

Couverture : haut, Futuna, passage en nivellement
de la pointe des Pyramides ; bas, Futuna, rattachement
altimétrique de l'île Alofi. © IGN



La revue XYZ est éditée par l'association francophone de topographie

Membre de la FIG (Fédération internationale des géomètres)

Membre de la FGF (Fédération des géomètres francophones)

73 avenue de Paris - 94165 Saint-Mandé Cedex - Tél. : +33 (0) 1 43 98 84 80

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

Éditorial 3

Infotopo

> Les informations de la profession

Philippe SABLAYROLLES 4

Manifestation

> Semaine professionnelle de la Fédération
internationale des géomètres (FIG) à Orlando
en Floride, du 28 mai au 1^{er} juin 2023

Bernard FLACELIÈRE 7

> Quelques faits marquant de la 28^e assemblée
générale de l'Union géodésique et
géophysique internationale à Berlin

Jonathan CHENAL 10

Association

> Rapport moral de l'année 2022 présenté à
l'assemblée générale de l'AFT le 15/06/2023
en présence à l'IGN et visioconférence

Ghyslain FERRÉ 13

Environnement

> Blue Surveying ou l'arpentage bleu
ou le levé topographique bleu

Vladimir KRUPA - Enrico RISPOLI

Andrés DIEZ GALILEA 16

Hommage

> Monique Chenot (1939-2023)

Jean-Pierre MAILLARD 17

Voyage

> Les Géomètres Express à la conquête
du désert

..... 18

Topographie

> Erreurs à éviter en positionnement

Bernard FLACELIÈRE 19

Géomatique

> L'Afigéo publie un état des lieux, enjeux et
perspectives des plateformes territoriales
de données géographiques, juin 2023

L'équipe et membre actifs de l'Afigéo 22

Géodésie

> Mission de géodésie, nivellement et
gravimétrie à Wallis et Futuna

Frédéric LHERMITTE - Renaud DEGOY

Thomas DONAL 25

> État des lieux des réseaux géodésiques
et implémentation de l'ITRF en Afrique,
historique, enjeux et perspectives

Fabrice IRIE - Amandine NJEUGEUT - Ithri AIT

HOU - Marie Brigitte MAKUATE - Augustin

BAMOUNI - Thierno DIALLO - Joseph

AHOULOU - Dr. Labaly TOURÉ 31

Topographie

> Nivellement direct en haute montagne :
comment savoir, a priori, si la correc-tion
orthométrique est nécessaire ?

Thomas TOUZÉ 40

Lexique

> Le lexique topographique de l'AFT

Françoise DUQUENNE - Tania LANDES 45

Cartographie mobile

> SLAM : un cheminement polygonal
pour du relevé mobile

Jérôme NINOT 49

Topo vécue



> Des téléphériques au Sikkim (Inde) 54

Art et géométrie



> Christian
Renonciat :
le merle
moqueur
Jean-Pierre
MAILLARD 56

Ouvrages

André BAILLY 58

Foncier international

> Analyser la transformation digitale
du secteur foncier à travers le prisme
des droits humains

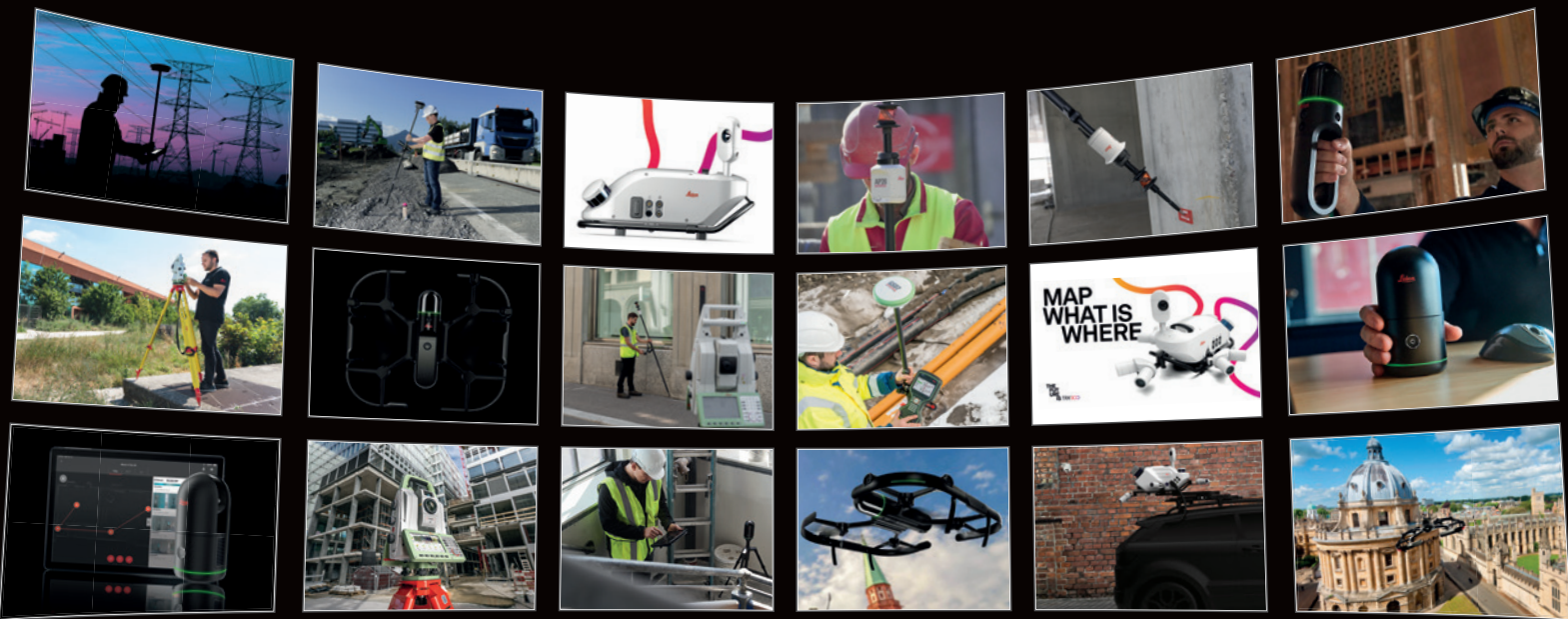
Claire GALPIN 60-

Pour la recherche de nos annonceurs, consulter la p. 59

PROCHAIN XYZ - n° 177
NUMÉRO SPÉCIAL Niveau de la mer

5 Innovations à tester

Format 1/2 journée
Inscription gratuite



INSCRIVEZ-VOUS

LYON 10/10 - AIX-EN-PROVENCE 12/10
BORDEAUX 17/10 - STRASBOURG 19/10

L'été achevé, voilà la rentrée et ses nouveautés !

La rentrée rime généralement avec nouveaux projets, nouvelles résolutions. Cette rentrée scolaire et universitaire 2023 n'y déroge pas avec l'apport de rénovations, évolutions, changements de modalités et même parfois suppressions dans les diverses formations liées à nos domaines de compétence, qu'elles soient diplômantes (bac professionnel, brevet de technicien supérieur, licence, master et ingénieur) ou certifiantes (certificats de qualification professionnelle, de formations complémentaires). Ces évolutions dans les formations professionnelles permettront de former au mieux de nouvelles promotions de collaborateurs pour notre profession.

Pour répondre à ces besoins, il est à noter un essor grandissant, parfois biaisé par une demande ponctuelle et locale, de création de formations sans gestion académique. Cette mise en œuvre révèle un problème récurrent et majeur concernant les formateurs, encadrants et enseignants en termes de qualification et compétences afin de garantir qu'elle soit assurée de façon satisfaisante et permette une formation des jeunes répondant aux attentes professionnelles. L'ouverture de nouvelles formations et le maintien qualitatif des existantes nécessitent, dans nos différentes disciplines, une culture métier qui n'est malheureusement plus toujours assurée de façon satisfaisante par le manque conjoncturel croissant d'enseignants et de formateurs.

Concernant les évolutions, les thématiques liées au DDRS (*Développement durable et responsabilité sociétale*) deviennent obligatoires dans toutes les formations et à tous les niveaux. Cette demande suit la prise en compte dans tous les domaines de la société (foyers familiaux, entreprises, administrations, etc.) de ces problématiques et vise à développer la conscience et l'esprit critique des générations des futurs acteurs sociétaux face aux changements écologiques, climatiques, etc. et à leur insertion dans un monde plus orienté et soucieux de ces thématiques. Cette jeunesse, partie prenante non négligeable et souvent motrice de notre société, n'a par ailleurs pas attendu d'être formée institutionnellement au DDRS et se montre impliquée pour se former et challenger dans ces domaines. L'urgence de la prise en compte du DDRS dans le monde professionnel, tout comme individuel, est bien identifiée et interroge les jeunes diplômés ou qualifiés dans le choix des entreprises lors de la recherche d'emploi, mais aussi en tant qu'acteur professionnel en devenir.

Les formations de géomètre et topographe, très pluridisciplinaires et exigeantes, intègrent de plus en plus le DDRS, mais doivent aussi suivre les nombreuses évolutions technologiques dans le monde de la mesure, tout comme juridiques dans les domaines fonciers et de l'aménagement du territoire. Ce désir de couvrir l'évolution métier de plus en plus exigeante et spécifique, comporte des risques : vouloir tout aborder dans les formations sans vraiment le pouvoir amène à "survoler" les sujets sans les approfondir et à former des élèves et étudiants peu ou mal adaptés au monde professionnel. Le développement des formations en alternance, qui est très significatif depuis ces dernières années, vise à pallier ces problématiques, mais ne pourra pas tout résoudre. L'ouverture de nombreuses licences professionnelles montre bien également le besoin croissant de spécialisations dans nos nombreux domaines de compétence.

Les besoins en collaborateurs permettent pour le moment aux jeunes diplômés ou certifiés de s'insérer relativement aisément dans le monde professionnel, mais qu'en sera-t-il quand le marché du travail se tendra à nouveau ? Il est cependant important de ne pas rater ce virage DDRS dans nos domaines, sans perdre l'âme de nos métiers. Nous, acteurs privilégiés, sommes conscients de ces évolutions inéluctables. Ainsi, nous devons maintenant travailler pour leur mise en œuvre en évitant qu'elles nous soient imposées, mais plutôt initiées et réfléchies avec le plus de douceur possible. Nous ne manquerons pas de revenir sur ces thématiques et d'autres (féminisation de la profession) dans les prochains numéros de notre revue d'XYZ.

Élodie Sissler et Ghyslain Ferré,
secrétaires généraux de l'AFT, enseignants.

■ Les observatoires marégraphiques de Marseille et Brest labellisés par l'Organisation météorologique mondiale

Le 19^e Congrès de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) se tenait à Genève du 22 mai au 2 juin.

Confirmant la reconnaissance de l'UNESCO, les marégraphes de Brest et de Marseille ont été labellisés par l'OMM comme stations d'observation marine centenaires et stations d'observation à long terme. Ces marégraphes jouent un rôle essentiel dans la compréhension du changement global, car l'élévation du niveau de la mer est un indicateur fort du changement climatique. Cette reconnaissance des marégraphes de Brest et de Marseille par l'OMM confirme l'importance de ce patrimoine marégraphique et de sa préservation. Ces observations de long terme sont une clé de compréhension essentielle pour permettre aux générations actuelles et futures d'appréhender le changement climatique.

► <https://www.ign.fr/espace-presse/les-observatoires-maregraphiques-de-marseille-et-brest-labellises-par-lorganisation-meteorologique-mondiale>

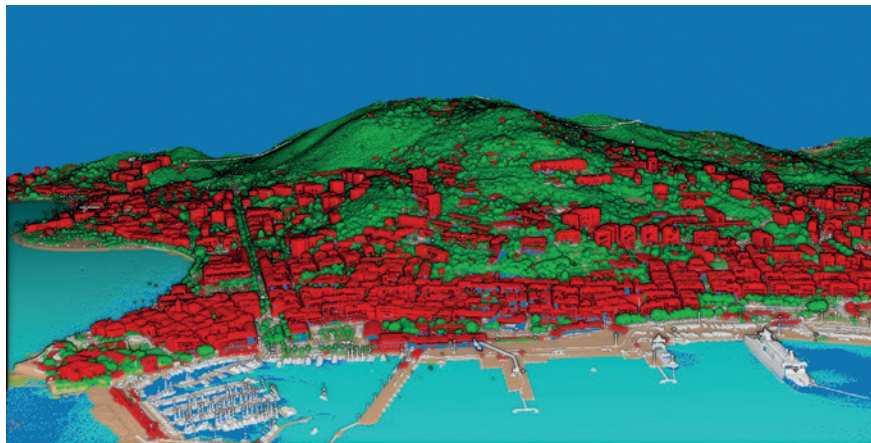
■ Réélu président du Conseil supérieur de l'Ordre des géomètres-experts, Joseph Pascual annonce le lancement des Assises nationales de la sobriété foncière

À l'issue de la réunion du Conseil supérieur de l'Ordre des géomètres-experts qui s'est tenue le jeudi 15 juin, Joseph Pascual a été réélu président à l'unanimité pour un nouveau mandat de deux ans. À cette occasion, il a annoncé que le prochain Congrès national de la profession, prévu en juillet 2024, sera transformé en Assises nationales de la sobriété foncière. Ce temps d'échanges et de travail se déroulera simultanément dans quatre villes de l'hexagone et des territoires ultramarins et sera pour la première fois ouvert à tous les professionnels du cadre de vie et les acteurs publics.

► Pour plus d'informations : <https://www.geometre-expert.fr/actualite/reelu-president-du-conseil-superieur-de-lordre-des-geometres-experts-joseph-pascual-annonce-le-lancement-des-assises-nationales-de-la-sobriete-fonciere/>

■ Une nouvelle étape franchie dans la cartographie 3D de la France

Dans le cadre du programme national de cartographie 3D du territoire français, l'IGN publie les premiers nuages de points LiDAR HD "classés" en données ouvertes et gratuites sur le site Géoservices de l'IGN. Cette classification des données LiDAR permet de distinguer le sol et les différents éléments du sursol (végétation, bâtiments, équipements...). Une dizaine de blocs sont aujourd'hui disponibles, d'autres blocs seront ajoutés progressivement.



Le changement climatique et ses conséquences sur les forêts, la biodiversité, la fonte des glaces, les pratiques agricoles, l'étalement urbain... appellent une observation en continu s'appuyant sur une connaissance toujours plus riche, actualisée et thématisée du territoire. Un défi pour l'IGN, "vigie" du territoire, déjà investi dans de nombreux programmes cartographiques dont le programme LiDAR HD, pour répondre à ces enjeux.

► Pour plus d'informations : <https://www.ign.fr/espace-presse/une-nouvelle-etape-franchie-dans-la-cartographie-3d-de-la-france>

■ Nouvelle organisation chez TERIA

Cette année, l'Assemblée générale d'EXAGONE TERIA avait un caractère spécial. Après trente ans consacrés à TERIA, dont six années à sa présidence, Jean Berterreche annonçait officiellement son départ à la retraite. Patrick Di Renzo, anciennement directeur général, lui succède et Paul Chambon occupe dorénavant la fonction de directeur général. Toute l'équipe tient une nouvelle fois à les féliciter et leur souhaite beaucoup de réussite dans leurs nouvelles fonctions.

► Pour plus d'informations : https://www.linkedin.com/posts/reseau-teria_teamteria-reseauteria-histoireteria-activity-7082258594947031041-Figt/



■ Intégration réussie du scanner laser topo-bathymétrique RIEGL VQ-840-G dans le Schiebel CAMCOPTER® S-100 UAS

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH et SCHIEBEL ont achevé avec succès l'intégration d'un système de balayage laser haut de gamme, le capteur LiDAR topo-bathymétrique RIEGL VQ-840-G, sur le Schiebel CAMCOPTER® S-100 Unmanned Air System (UAS). Le RIEGL VQ-840-G, combiné aux spécifications techniques et aux performances exceptionnelles du CAMCOPTER® S-100 UAS, offre un moyen efficace et sûr d'étudier les eaux peu profondes, où la surveillance à partir de bateaux devient un défi. Les applications de la bathymétrie LiDAR aéroportée (ALB) comprennent la cartographie des côtes et des berges ainsi que la surveillance des habitats naturels, des réservoirs d'eau et des applications d'ingénierie hydraulique (par exemple, canaux, barrages, ponts). Dans une seule mission d'acquisition de données, les données sous et au-dessus de la surface de l'eau sont couvertes.



► Pour plus d'informations : <http://www.riegl.com/media-events/single-news/article/successful-integration-of-the-riegl-vq-840-g-topo-bathymetric-laser-scanner-into-the-schiebel/>

■ L'Observatoire national des bâtiments : l'Open Street Map du bâti en France pour la transition énergétique

Développé par la société à impact U.R.B.S., l'Observatoire national des bâtiments (ONB) est la seule plateforme numérique en France, en libre accès, agglomérant l'ensemble des données du bâti, de manière collective et transparente. Seulement six mois après son lancement, l'ONB compte déjà plus de 10 000 utilisateurs : entreprises, collectivités publiques et citoyens y trouvent les données les plus fines et les plus actualisées, allant de la vacance des bâtiments, aux habitats dégradés et à la précarité énergétique. L'objectif : apporter une connaissance structurée et qualifiée à tous les acteurs du bâtiment dans la prise de décisions et le passage à l'action.

► Pour plus d'informations : <https://www.observatoire-national-batiments.fr/>



■ Plus de 2 500 témoignages portés sur l'appli Lastquake suite au séisme du 16 juin 2023



Vendredi 16 juin, en fin de journée, un tremblement de terre de magnitude compris entre 5 et 5,5 a secoué l'ouest de la France. Ce séisme d'une rare intensité en France métropolitaine a été rapidement détecté par le Centre sismologique euro-méditerranéen (CEM) via son application LastQuake, en utilisant les citoyens et leurs smartphones comme capteurs. Une approche innovante et complémentaire aux réseaux classiques. En quelques minutes à peine, LastQuake a rapidement été utilisée et partagée par la population avec plus de 2 500 témoignages (3 600 sur les cinq séismes ressentis).

► Pour plus d'informations : <https://m.emsc.eu/>

■ Aux sources de l'Archéologie nationale

Dans le cadre du programme national de cartographie 3D du territoire français, destiné à produire cartes et dictionnaires topographiques, la Commission de Topographie des Gaules entreprenait entre 1858 et 1879 des travaux nombreux pour identifier sur le terrain des sites archéologiques.



Relevés, photographies, rapports, estampages sont les témoins aujourd'hui dispersés d'une activité intense qui jette les bases d'une archéologie scientifique.

► Pour plus d'informations : <https://archeologie.culture.gouv.fr/sources-archeologie/fr>

■ La SNCF veut devenir un producteur majeur d'électricité solaire

Des TGV qui roulent au solaire.

La SNCF veut couvrir d'ici 2030 de l'ordre de 15 à 20 % de ses besoins électriques actuels et futurs avec ses propres panneaux photovoltaïques, ce qui ferait de la compagnie publique l'un des grands producteurs d'énergie solaire de France. La SNCF, deuxième propriétaire foncier derrière l'État, a annoncé jeudi vouloir installer 1 000 hectares de panneaux sur des terrains qu'elle possède, sur le toit de ses bâtiments, ou sur ses parkings. L'investissement prévu atteindrait un milliard d'euros.

► Pour plus d'informations : https://batinfo.com/actualite/la-sncf-veut-devenir-un-producteur-majeur-delectricite-solaire_24876



■ Le CNES et Universcience renouvellent leur partenariat pour la diffusion de la culture scientifique et spatiale



Philippe Baptiste, président-directeur général du Centre national d'études spatiales (CNES) et Bruno Maquart, président d'Universcience (établissement public du Palais de la découverte et de la Cité des sciences et de l'industrie), ont renouvelé pour une durée de cinq ans, mercredi 21 juin au Salon du Bourget, le partenariat entre leurs institutions pour la diffusion de l'information scientifique et technique ainsi que la valorisation de la recherche.

Ce nouvel accord prévoit notamment le développement de collaborations autour de projets liés à l'espace, aux technologies spatiales et aux télécommunications, à la Cité des sciences et de l'industrie et aux Étoiles du Palais de la Découverte. Cette collaboration débutera dès octobre 2023 avec une nouvelle exposition permanente de la Cité des sciences et de l'industrie, Mission spatiale, dont le CNES est le partenaire scientifique de référence, en collaboration également avec l'Agence spatiale européenne (ESA). Cette exposition proposera aux visiteurs de découvrir tant l'exploration humaine que la robotique de l'espace et de mieux en comprendre la réalité comme les enjeux. En outre, le CNES continuera à apporter son expertise scientifique et technique en participant à Un ingénieur, un projet, un format de médiation où des ingénieurs viennent à la Cité des sciences et de l'industrie présenter le processus de fabrication d'un objet en faisant le lien avec les disciplines scientifiques fondamentales.

► Pour plus d'informations : https://www.datapressepremium.com/rmdiff/2010532/CP_CNES_AccordBourget_20231.pdf

■ Cette IA veut prévoir les inondations à venir

Sur le marché florissant des outils fonctionnant grâce aux logiciels d'intelligence artificielle, Google est une nouvelle fois sur le coup.

Le service Google Flood Hub est maintenant accessible en France et permet de prévoir les inondations à différentes échelles. Le système devrait encore "s'améliorer considérablement" à en croire Yossi Mathias, vice-président de l'ingénierie et de la recherche chez Google, qui s'est confié au média Axios. L'IA de Flood Hub exploite des données publiques telles que l'imagerie satellite, le niveau d'eau et les relevés des stations météorologiques.

► Pour plus d'informations : <https://sites.research.google/floods>
<https://www.youtube.com/watch?v=Klu3zlbUy0Y>

■ Le DLR ouvre une installation de calcul de données d'observation de la Terre à grande échelle



Les opérations ont commencé à "Terrabyte", l'une des plus grandes plates-formes scientifiques d'Europe pour l'analyse des données d'observation de la Terre. Il s'agit d'une initiative du Centre aérospatial allemand (DLR) et du Centre de super calcul Leibniz (LRZ) de l'Académie bavaroise des sciences et des sciences humaines. Pour la première fois, la plate-forme permet aux chercheurs

d'analyser efficacement des ensembles de données mondiales provenant de satellites d'observation de la Terre à la plus haute résolution. En ce qui concerne le changement global, les chercheurs peuvent ainsi également déterminer plus précisément les effets sur l'homme et l'environnement et développer des pistes d'action adaptées. Cela s'applique, par exemple, aux changements drastiques dans les régions polaires, à la fréquence croissante des phénomènes météorologiques extrêmes et des catastrophes naturelles, et à l'urbanisation croissante qui se produit dans le monde. Terrabyte est sécurisé et indépendant des opérateurs commerciaux. Le lancement de l'installation informatique à grande échelle a eu lieu le 14 juin 2023 à LRZ à Garching, près de Munich, en présence d'invités du gouvernement et du milieu universitaire.

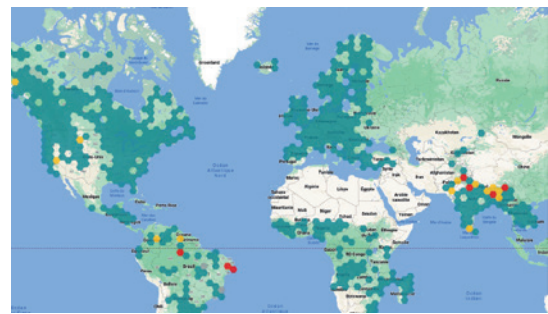
► Pour plus d'informations : <https://www.gim-international.com/content/news/dlr-opens-large-scale-earth-observation-data-computing-facility>

Agenda des manifestations

- Du 29 septembre au 1^{er} octobre, **FIG**, Saint-Dié-des-Vosges, <https://www.fig.saint-die-des-vosges.fr/>
- Le 5 octobre 2023, **Séminaire de la SFPT**, Toulouse, <http://www.sfpt.fr/>
- Du 9 au 13 octobre, **[Live+] SIG2023, le Géo événement**, présentiel et digital <http://geo-evenement.fr/>
- Du 10 au 12 octobre, **INTERGEO**, Berlin, <https://www.intergeo.de/en/welcome-to-intergeo-2022>
- Du 10 au 12 octobre, **UAV SHOW**, Bordeaux, <https://www.uavshow.com/>
- Du 7 au 9 novembre, **Hydro23**, Gênes, Italie, <https://hydro2023.com/>
- Les 7 et 8 novembre, **atelier LiDAR** avec le parrainage de l'AFT, Lyon, <http://www.atelier-lidar.xyz/>
- Les 23 et 24 janvier 2024, **51^e Congrès ATEC ITS France**, Beffroi de Montrouge, Paris, <https://congres.atec-its-france.com/>

■ Le marché du drone civil est-il en plein boom ?

Depuis dix ans, le marché du drone civil ne cesse de se développer.



Malgré cette croissance, les drones sont encore peu visibles dans l'espace aérien, du moins en Europe. Le boom du drone est-il déjà là ? Doit-on s'attendre à un déploiement du drone plus progressif ? En 2015, le marché mondial du drone civil et militaire atteignait 4 milliards de dollars. Selon un rapport du Sénat paru en 2017, celui-ci devrait atteindre 14 milliards d'ici 2025. D'autres sources spécialisées avancent même le chiffre de 72 milliards en 2028, avec un taux de croissance annuel moyen de 14,4 % !

► Pour plus d'informations : <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/le-marche-du-drone-civil-est-il-en-plein-boom-123948/>

Semaine professionnelle de la Fédération internationale des géomètres (FIG) à Orlando en Floride, du 28 mai au 1^{er} juin 2023

■ Bernard FLACELIÈRE

Huit mois après le congrès réussi de Varsovie¹, la communauté professionnelle internationale s'est retrouvée à Orlando, en Floride, participant à l'évènement organisé par la NSPS (National Society of Professional Surveyors), l'organisateur local, au Convention Center situé entre et à toucher les deux hôtels Signia by Hilton Orlando Bonnet Creek (figure 1) et Waldorf Astoria Orlando. Nous sommes là, à quelques encablures du célèbre parc d'attractions de Walt Disney World et toute velléité de visites en la ville d'Orlando ou vers les curiosités voisines se soldera par des courses en taxi dépassant la demi-heure.

La devise affichée est "Protecting Our World, Conquering New Frontiers" ou bien "Protéger notre monde, conquérir de nouvelles frontières". Ces deux buts antagonistes devraient bien provoquer réactions et mises au point.

Impressions de congressiste

Loger en l'un des deux hôtels voisins est forcément un gage de proximité, c'est une évidence. Les salles de conférence sont à quelques minutes des ascenseurs. Cependant, effrayés par les tarifs des hôtels étoilés et cherchant quelques économies, certains congressistes ont préféré se loger en hôtel "en ville", voire louer un appartement pour la délégation. Ceci les obligera, évidemment, à affréter taxis ou véhicules de location. Si on soustrait les stands officiels, FIG, NSPS, FIG Working Week 2024 Accra, FIG Norway GeoForum, FIG Working Week 2025 Brisbane and Congress 2026 Cape Town, nous nous trouvons parmi 31 stands commerciaux. Les majors internationaux sont là, mais aussi des sociétés locales, des USA. Six publications professionnelles figurent en media partners et je dois avouer que XYZ n'est pas dans la liste.

Les sessions de cinéma furent une innovation certaine : sur le thème de

(1) XYZ n° 173, pp. 8 à 9, "Le XXVII^e congrès de la FIG à Varsovie du 11 au 15 septembre 2022".

la topographie, et sous la houlette de John Brock (Australie), des films d'Hollywood où des acteurs de toutes les générations endossent le costume du géomètre-topographe furent présentés, ainsi que des dessins animés du même acabit. De nombreux autres films furent projetés, montés par des participants de



Figure 1. Hôtel Signia by Hilton.



Figure 2. Quelques pièces du musée de Lisa et Les Van Horn.

tous pays. Parmi ceux-ci, les exposés de la journée mondiale du géomètre, sur le thème de Delambre et Méchain (OGE et AFT)² figurent en bonne place.

Lisa et Les Van Horn, tous deux géomètres-topographes retraités au Wisconsin, nous offrent une magnifique exposition d'instruments, archives, cartes, ouvrages, enveloppes, couvrant la période du XIX^e au XX^e siècle. La figure 2 montre une partie des pièces des années 60 à 70, avec les AGA12, T2 Wild, T3 Wild, Distomat DI10 Wild, voyants...

Les statistiques

Les données statistiques, provisoires, montrent une bonne participation d'environ 1 000 congressistes provenant de 85 pays. Il y a eu environ 300 présentations réparties sur 80 sessions – comprenant des sessions techniques, des sessions spéciales FIG, des sessions pour les partenaires, etc. Le lecteur trouvera les données statis-

(2) XYZ n° 175, pp. 8 à 9, "Journée mondiale des géomètres 2023 à Paris".

tiques à jour, les comptes rendus de la WW et de l'AG, le reportage photo sur le site Internet <https://fig.net/fig2023/index.htm>.

Une élection lors de l'assemblée générale

Une seule élection a été proposée aux délégués désignés des associations membres de la FIG. Lors de la première assemblée générale, le Népal (pour Katmandou) et la Norvège (pour Stavanger) ont présenté leur destination pour la FIG WW 2027 (figure 3). La deuxième assemblée générale a dévoilé le résultat du vote en ligne (grâce au produit de la société canadienne *Simplyvoting*, celui déjà utilisé l'année dernière en Pologne), ouvert au vote pendant 18 heures et dont voici le résultat.

Destination de la FIG WW 2027 :

Options	Votes
Stavanger, Norvège	32 (52,5 %)
Katmandou, Népal	29 (47,5 %)
Abstention	1
Total	62
Électeurs enregistrés	71

Stavanger, destination retenue pour 2027, est la quatrième ville de la Norvège et une cité portuaire pétrolière située dans le sud-ouest du pays au bord de la mer du Nord.



Figure 3. Les représentants de la Norvège et du Népal.

Un aperçu de la semaine et des actes des conférences

Le lecteur trouvera le rapport et les actes de la *Working Week* à l'adresse suivante :

https://fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2023/techprog.htm

Voici les principales sessions suivies par l'auteur :

- Lors de la cérémonie d'ouverture, *SURVEYING "PROJECT X", The Boundary Survey for a secret land acquisition that became Walt Disney World*, par Mme Beverly Hart Jones, fille de William C. (Bill) Hart, le topographe qui a effectué le relevé en 1964-1965 du terrain de marécages et de forêts, site du futur *Walt Disney World*. Bill Hart fit l'acquisition d'un des premiers géodimètres suédois. La presse locale titrait : "12,450 Acres Measured in Six Weeks", soit 5 038 ha mesurés en six semaines. Notons que la projection locale (qui n'est pas une vraie projection, évidemment) est le *township* (la parcelle cadastrale de 6 miles de côté, subdivisée en 36 carrés d'un mile carré, puis en sous-sections) et l'orientation est un azimut solaire observé le 24 décembre 1964.

- **TS01F : SURVEYING BY DRONES - SESSION 1 : THEORY, PRACTICE, AND STANDARDS** [10556], la FIG aimerait créer une norme pour le relevé par drones.

- **TS01H : FRENCH SESSION** [10545]. Cette session est en français pour permettre une participation active des membres non anglophones de la FGF (Fédération des géomètres francophones) et donner la possibilité aux membres de la FIG de dialoguer en français. La présentation de Bernard Flacelière (France) : *Mistakes to Be Avoided in Positioning*, Erreurs à éviter en positionnement (12258) est reprise dans ce numéro en page 16. Nous noterons les présentations de nos collègues de l'OGE, en forte délégation, ainsi que celle de la République démocratique du Congo.

- **TS02E : BLUE SURVEYING - CLGE SEVILLE DECLARATION - THE PLANET IS THIRSTY FOR CONCRETE ACTIONS** [10541]. La déclaration de Séville sur

le *Blue Surveying* (les relevés topographiques bleus) résume les questions relatives à la gestion durable des ressources en eau limitées en Europe et dans le monde (auteurs V. Krupa, Croatie, E. Rispoli, Italie, A. Diez Galilea, Espagne). Elle souligne la responsabilité de tous les géomètres en tant qu'ambassadeurs de la promotion et de la mise en œuvre de ses principes de durabilité au sein de notre profession, de nos activités, de notre éducation, de notre jeunesse et à tous les niveaux de gouvernements à travers l'Europe et le monde. La version française de la déclaration de Séville est disponible dans ce numéro en page 19.

- **TS03G : NOVEL LOW-COST POSITIONING SENSOR SYSTEMS AND THEIR APPLICATIONS** [10565] par Maurice Barbieri (CLGE, Suisse). L'objectif principal du projet GISCAD-OV (*Galileo Improved Services for Cadastral Augmentation Development On-field Validation*) est de concevoir, développer et valider un service de haute précision innovant et rentable pour les applications cadastrales et de la propriété, basé sur les services de haute précision du GPS et de Galileo (HAS) ainsi que sur des techniques avancées de positionnement précis de points et de résolution d'ambiguïté, rapides et efficaces.

- **TS04G : GNSS REFERENCE STATIONS AND NETWORKS** [10566]. Les stations de référence permanentes GNSS (également appelées CORS) sont désormais monnaie courante dans presque tous les pays du monde, qu'il s'agisse de stations autonomes ou d'éléments d'une solution en réseau. Les gouvernements ne sont plus les seuls à installer et à exploiter ces infrastructures. Les organisations commerciales, les communautés régionales et, plus récemment, les associations mondiales deviennent des propriétaires d'infrastructures et des fournisseurs de services.

- **TS05I : APPLICATIONS OF LIDAR IN ENGINEERING GEODESY** [10587]. La technologie du balayage laser statique et mobile a atteint un stade de maturité. Le défi consiste maintenant à tirer des informations interprétables et fiables



©Bf



Figure 4. Le forum des organismes régionaux.

de la grande quantité de données. Cette session montre les progrès actuels dans une grande variété d'applications LiDAR allant de la surveillance de l'état des chaussées à la classification des données LiDAR en passant par l'étude des arbres. La présentation de Audrey Alajouanine et Khalil Masmoudi (France), *Implementation and Optimization of a Complete Process of Collection, Classification and Exploitation of LiDAR Data* (11826) a été suivie par les francophones.

- **PLENARY SESSION 3 : TACKLING THE GLOBAL CHALLENGES** [10513], parmi les présentations de la session, Juliana Blackwell (USA) présente : le système national de référence spatiale modernisé des États-Unis – Aligner les données géospatiales nationales sur celles mondiales (12306).

- **TS08K : UPDATE ON THE NOAA CORS NETWORK AND OPUS** [10515], les services du réseau CORS de la NOAA (NCN), la mise à jour d'OPUS-S pour la prise en charge du multi-GNSS, le projet OPUS 5 et la prise en charge du RTK pour l'établissement du contrôle géodésique, etc.

Le lecteur est encouragé à parcourir les pages du site Internet de la FIG et à dénicher les articles intéressants. En addition aux conférences, de nombreuses réunions se sont tenues, comme le *Forum of Regional Bodies* (FoRB) ou forum des organismes régionaux, comme la FGF ou l'AFT (figure 4) et le *FIG Presidents Meeting*, événement convoqué par le président de la FIG et réservé aux présidents ou chefs de délégation des associations membres (ou leurs représentants).

Les rendez-vous de la FIG

Les destinations suivantes ont été sélectionnées pour les prochains événements :

- 2024 : semaine professionnelle de la FIG 2024 – 19-24 mai 2024 à Accra, Ghana ;
- 2025 : semaine professionnelle de la FIG 2025 – 1-5 mai 2025 à Brisbane, Australie ;
- 2026 : congrès de la FIG 2026 – mai 2026 au Cap, Afrique du Sud ;
- 2027 : semaine professionnelle de la FIG 2027 – avril-juin 2027 à Stavanger, Norvège ;
- 2028 : semaine professionnelle de la FIG 2028 – avril-juin 2028 à Paris, France – célébration du 150^e anniversaire de la FIG (fondée à Paris en 1878). Chers professionnels francophones, soyez au rendez-vous de 2028. ●

Olivier Reis

Ingénieur géomètre-topographe
ENSAI Strasbourg - Diplômé de l'Institut
de traducteurs et d'interprètes (ITI) de Strasbourg
9, rue des Champs
F-57200 SARREGUEMINES
Téléphone / télécopie : 03 87 98 57 04
Courriel : o.reis@infonie.fr

Pour toutes vos traductions d'allemand
et d'anglais en français en topographie –
géodésie – géomatique – GNSS

Reinhard Stölzel

Ingénieur géomètre-topographe
Interprète diplômé de la
Chambre de commerce et d'industrie de Berlin
Heinrich-Heine-Straße 17, D-10179 BERLIN
Téléphone : 00 49 30 97 00 52 60
Télécopie : 00 49 30 97 00 52 61
Courriel : stoelzelr@aol.com

Pour toutes vos traductions de français
et d'anglais en allemand en géomatique
– GNSS – infrastructures de transport

Des topographes traducteurs d'expérience à votre service

Quelques faits marquant de la 28^e assemblée générale de l'Union géodésique et géophysique internationale à Berlin

■ Jonathan CHENAL

L'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI) a tenu sa 28^e assemblée générale à Berlin du 12 au 20 juillet 2023 (figure 1). Sa présidente, Kathryn Whaler (Royaume-Uni), a rappelé lors de son discours d'inauguration le contexte international difficile de la pandémie de Covid-19, puis de l'agression russe en Ukraine, qui n'a pas épargné la communauté scientifique ; la formule "Together again for geosciences" associée à cette assemblée générale avait ainsi pour ambition d'appeler à la nécessaire coopération et à la paix, au service de la connaissance et de l'humanité.



Le changement climatique : un contexte scientifique et sociétal prégnant

Un événement marquant de cette assemblée générale a été la remise de sa plus haute distinction, la médaille d'or de l'UGGI, à la paléoclimatologue Valérie Masson-Delmotte, directrice de recherche au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), co-présidente du groupe I du GIEC sur les bases physiques du changement climatique, et membre du Haut conseil pour le climat. Son engagement pour la sensibilisation au changement climatique salué par cette distinction, V. Masson-Delmotte a rappelé dans son allocution l'importance des progrès encore à accomplir dans la caractérisation physique du changement climatique et de ses impacts, et appelé à la mobilisation de la communauté scientifique pour l'action en faveur de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique.

Au niveau des sessions scientifiques, le changement climatique s'impose comme une préoccupation majeure pour chacune des huit associations qui

forment l'UGGI. On notera en particulier le succès du symposium multiassociations "Géodésie pour la recherche climatique", qui a montré le potentiel de la géodésie pour la caractérisation des transformations de notre planète, comme l'élévation du niveau de la mer, l'estimation des grandeurs climatiques fondamentales, comme le déséquilibre énergétique planétaire et la sensibilité climatique ou le suivi de l'évolution d'effets plus locaux, comme la fonte des calottes polaires et glaciers et l'évolution à grande échelle du contenu en eau du sol.

Des résolutions pour une science de qualité et au service de la société

Les résolutions adoptées par l'UGGI portent sur des enjeux fondamentaux. Les deux premières concernent la géodésie, en appelant (1^{re} résolution) à protéger les observatoires géodésiques d'interférométrie à très longue ligne de base (VLBI) de la pollution des sources radio, liées notamment à l'encombrement des orbites basses par les constellations de télécommunication, et en soutenant (2^e résolution) le développement des missions de gravimétrie spatiale consécutivement à GRACE et GRACE-FO utiles notamment pour le suivi du stockage de l'eau, si perturbé par le changement climatique. La 3^e résolution enjoint les acteurs nationaux et internationaux à partager les données géophysiques librement. Enfin, la 4^e résolution exprime la préoccupation de voir la géoingénierie solaire se développer sans réel débat public et se substituer à d'autres efforts en recherche climatique et surtout à l'indispensable réduction des émissions de gaz à effet de serre qui reste la seule solution pour atténuer et stabiliser le changement climatique.



Figure 1. La cérémonie d'ouverture.

Des Français toujours présents dans la vie scientifique de l'UGGI

Le cycle quadriennal associé aux assemblées générales de l'UGGI est également celui du renouvellement des responsabilités au sein de l'UGGI et de ses huit associations. Alors que le géodésien Chris Rizos (Australie) prend la présidence de l'UGGI pour les quatre années qui viennent, c'est Mioara Manda, responsable de la coopération scientifique au Centre national d'études spatiales (CNES) et présidente sortante de l'Association internationale de géomagnétisme et d'aéronomie (IAGA), qui lui succédera dans quatre ans. Athéna Coustenis, ancienne présidente de l'Association internationale de météorologie et de sciences de l'atmosphère (IAMAS) de 2011 à 2015, intègre le bureau de l'UGGI. Zuheir Altamimi (figure 2) a laissé son poste de président de l'Association internationale de géodésie (IAG) à Richard Gross (USA), tandis que Patrick Allard, président de l'Association internationale de volcanologie et de chimie de l'intérieur de la Terre



Figure 2. Kathryn Whaler et Zuheir Altamimi.

(IAVCEI) cède son siège à Costanza Bonadonna (Italie). Andrea Flossmann, secrétaire générale sortante de l'IAMAS, en devient la présidente. Enfin, Georges Balmino, chercheur émérite en géodésie spatiale au CNES et ancien secrétaire général de l'UGGI a été décoré de la médaille Jean-Jacques Levallois décernée par l'IAG. ●

La prochaine assemblée générale de l'UGGI se tiendra en 2027 à Incheon, en Corée du Sud.

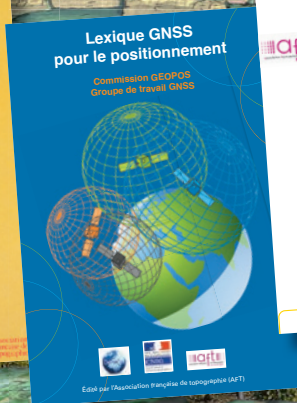
Contact

Jonathan CHENAL, secrétaire général honoraire du Comité national français de géodésie et géophysique (2014-2018)
jonathan.chenal@ign.fr

• géomatique • topographie • SIG • géomatique • cartographie • génie civil •

POUR COMMUNIQUER PENSEZ À L'AFT ANNONCES, BANNIÈRES, ÉVÈNEMENTS

L'AFT rapproche tous les professionnels de la topographie et de la géomatique (producteurs, utilisateurs, enseignants...)



CONTACT : SAMUEL GUILLEMIN

Tél : 06 72 12 08 97 Courriel : communication@aftopo.org

photogrammétrie • géodésie • métrologie • hydrographie

photogrammétrie • géodésie • métrologie • hydrographie

• géomatique • topographie • SIG • géomatique • cartographie • génie civil •

Numéro spécial XYZ 177
de décembre 2023

Niveau de la mer

Le prochain numéro d'XYZ sera un numéro spécial consacré au niveau de la mer, référence importante pour les topographes, les géodésiens et les géomaticiens, comme pour les marins. Fruit d'une coopération entre l'AFT et l'association "Les amis du marégraphe de Marseille", ce numéro composé d'une bonne quinzaine d'articles rédigés par des experts abordera l'historique de la mesure du niveau de la mer, les techniques de mesure utilisées (mesures in situ avec des marégraphes, méthodes spatiales, etc.), les corrections à appliquer (rebond post-glaciaire, etc.), les applications de ces mesures... Il couvrira un éventail temporel très vaste, avec un article sur le niveau de la mer paléoclimatique et d'autres sur l'élévation du niveau de la mer due aux changements climatiques anthropiques.

Il débutera avec un article sur le marégraphe de Marseille, origine des altitudes françaises continentales. Il rassemblera et diffusera un ensemble cohérent de connaissances pour apporter au lecteur des éléments qui permettront de répondre aux questions

que celui-ci peut se poser aujourd'hui sur les changements qui affectent les différentes composantes du niveau de la mer : le niveau moyen de la mer monte-t-il ? Où ? Comment ? Pourquoi ? Etc. Ce dossier ne répondra pas forcément en détail à toutes ces questions, mais il s'attachera à fournir des références pour y répondre.

Le tirage habituel d'XYZ sera augmenté, pour que 200 exemplaires de ce numéro spécial soient fournis gratuitement à des enseignants qui en feront la demande. Ceux-ci bénéficieront ainsi d'une sorte de dossier constitué d'informations fiables qu'ils pourront transmettre à leurs élèves pour accompagner leur développement culturel, faire connaître le rôle de la science face aux grands enjeux de la société, lutter contre la désinformation, voire le complotisme, réaffirmer et

expliquer, au moyen de données scientifiques, l'indéniable lien entre les modes de vie de l'homme depuis la révolution industrielle et les changements climatiques, dont l'élévation de plus en plus rapide du niveau moyen des mers est l'un des très nombreux marqueurs.

Pour les jeunes, ce numéro aura pour objectif de susciter l'envie de s'orienter vers des carrières scientifiques et techniques, de bien comprendre les phénomènes qui font évoluer le niveau de la mer et d'inciter à s'engager dans la lutte contre les changements climatiques. ●

Contacts

Les amis du marégraphe de Marseille :
amis.maregraphe@gmail.com
AFT rédaction XYZ : info_aft@orange.fr

Rapport moral de l'année 2022

présenté à l'assemblée générale de l'AFT

le 15/06/2023 en présentiel à l'IGN et en visioconférence

À tous les membres de notre Association francophone de topographie, l'assemblée générale précédente s'est tenue le 16/06/2022 en présentiel à l'ENSG et par visioconférence. Ce mode de tenue en présentiel et à distance étant désormais bien établi, cette AG 2023 a pu également être suivie à distance.

Une nouvelle année est donc passée et cette assemblée générale nous donne l'opportunité de refaire un bilan des principaux faits qui ont marqué la vie de l'AFT durant l'année 2022.

En reprenant les mêmes thématiques que les années précédentes, nous remémorons les événements marquants d'année en année.

Le fonctionnement administratif

■ Fonctionnement

Fin 2021, l'AFT comptait 379 adhérents et 59 abonnés contre 376 adhérents et 60 abonnés en 2021. Le nombre de membres de l'association est donc resté stable.

L'AFT compte parmi ses activités principales l'organisation d'un forum annuel, la gestion de plusieurs publications dont la revue trimestrielle XYZ, la lettre numérique d'actualités, un lexique et quelques ouvrages de référence. L'AFT est également impliquée dans d'autres associations et organismes.

Ces différents points seront précisés dans les chapitres suivants.

Les activités reposent toujours sur un secrétariat salarié à temps partiel, sur un conseil composé de membres bénévoles et actifs tout au long de l'année (avec quatre réunions du conseil par an), sur une messagerie électronique efficiente,

sur un site Internet refondu et sur sa présidente réélue, son rédacteur en chef toujours à l'affût et son trésorier toujours appliqué et plein de ressources.

Du côté du secrétariat, la gestion du courrier, des facturations, les inscriptions et les relances des adhésions et abonnements sont les fonctions vitales. Les séances des conseils commencent par une revue des actions décidées et de l'application de ces décisions avec toujours ce même but d'amélioration continue.

L'AFT repose également sur son organisation et sa structure. En 2022, comme toutes les années paires, il y a eu un renouvellement de six membres du conseil de l'AFT. Le vote a eu lieu principalement par mode électronique à distance avec 129 votants sur 397 inscrits (32,5 % de participation) ce qui est une évolution remarquable par rapport à 2020 (une cinquantaine de votes) qui était, il est vrai, une période difficile (Covid).

Il est à noter que trois nouveaux membres ont intégré le conseil (Élisabeth Gardon, Philippe Sablayrolles et Thomas Touzé), trois anciens membres ne se représentant pas à leur poste (Jean-Pierre Maillard, Pierre Grussenmeyer et Stéphane Durand). Nous en profitons pour les remercier chaleureusement de leur implication dans l'association en sachant que leurs conseils avisés et leur soutien seront toujours présents dans les années à venir.

Suite à ce renouvellement du conseil, le bureau a été renouvelé et est ainsi constitué :

Présidente : Françoise Duquenne ;
Vice-présidents : Bernard Flacelière, Mathieu Koehl ;
Secrétaire général : Ghyslain Ferré ;
Secrétaire générale adjointe : Élodie Sissler ;
Trésorier : Michel Trouillet ;
Trésorier adjoint : Jean-Michel Richer ;

Directrice des publications : Tania Landes ;

Directeur adjoint des publications : Flavien Viguiet.

Les seuls changements par rapport au bureau précédent sont l'arrivée de Mathieu Koehl comme vice-président, de Ghyslain Ferré comme secrétaire général et Élodie Sissler comme secrétaire générale adjointe. En tant que nouveau secrétaire général, je profite de ce rapport pour remercier Mathieu Koehl pour son investissement dans cette fonction pendant de nombreuses années et sa transmission tout en douceur.

L'association ne pourrait évoluer sans des chargés de mission et un rédacteur en chef efficaces. Ont ainsi accepté de remplir ces missions :

Rédacteur en chef : Bernard Flacelière ;
Rédacteur en chef adjoint : Flavien Viguiet ;

Chargés de mission pour la lettre : Pierre Assali, Philippe Sablayrolles ;

Chargés de mission édition numérique : Élisabeth Gardon, Serge Botton, Pierre Assali ;

Chargés de mission réseaux sociaux : Bernard Flacelière, Élodie Sissler, Flavien Viguiet ;

Chargés mission partenariats : Samuel Guillemin, Flavien Viguiet ;

Chargés mission lexique : Françoise Duquenne, Mathieu Koehl ;

Chargés mission hébergement site web : Tania Landes, Flavien Viguiet, Pierre Assali, Mathieu Koehl.

Chargé de mission auprès de FIG et FGF : Bernard Flacelière ;

Webmasters : Élodie Sissler, Bernard Flacelière, Françoise Duquenne, Pierre Assali, Philippe Sablayrolles ;

Président du jury du prix de l'AFT : Emmanuel Natchitz ;

Chargées de la messagerie INFO_AFT : Véronique Melin, Françoise Duquenne.



■ Modification du règlement intérieur

Le règlement intérieur a été modifié lors de l'année 2022 sur quelques points :

- les conditions de participation au prix de l'AFT (article 14) ;
- les compositions des bureau et conseil (annexes 1 et 2) ;
- les chargés de mission et site web (annexes 7 et 9).

Pour l'article 14, la première condition de participation au prix de l'AFT *"être agé(e) de moins de 26 ans"* a été remplacée par *"avoir obtenu le diplôme d'ingénieur dans l'année du prix ou l'année précédente"*.

■ Site web : <http://www.aftopo.org/>

Suite à la mise en place du nouveau site, celui-ci s'est avéré opérationnel avec des modifications plus aisées par les chargés de mission. Les statistiques de connexions font apparaître environ 6 000 connexions par mois, en provenance de France et d'Afrique francophone principalement. Ces statistiques corroborées par celles des consultations des réseaux sociaux ont fait naître en fin d'année 2022 une réflexion du conseil sur l'opportunité de se rapprocher encore plus des pays africains francophones. Cette réflexion se poursuit en 2023.

Pour rappel, le site contient six rubriques (outre la gestion du profil, le panier et la recherche) :

- Qui sommes-nous ?
- Revue XYZ
- Ouvrages
- Agenda
- Pour adhérer
- Lexique

Le transfert du site vers un nouvel hébergeur, évoqué en 2021) n'a pas été réalisé suite aux études faites par les chargés de mission.

■ Forum 2022

Le forum 2022, n'ayant pu être organisé au printemps, a eu lieu le jeudi 17 novembre 2022 au lycée Gaudier-Brzeska à Saint-Jean-de-Braye, dans la banlieue d'Orléans, avec pour thème *"L'intégration de solutions connectées sur les chantiers"*.

L'organisation, parfois un peu chaotique avec le lycée, a quand même permis d'accueillir environ 200 participants.

La journée s'est finalement bien déroulée en grande partie grâce à la participation active des élèves du lycée en section topographie que nous remercions ici, ainsi que l'implication sans faille de Bertrand Lazime.

Les dimensions de la salle d'exposition étant limitées, seuls une quinzaine d'exposants ont pu être accueillis. Quelques publiereportages ont néanmoins accompagné ce forum dont les quatre présentations de qualité ont fortement attiré l'attention des participants.

■ Mission Lexique

La mission Lexique, chargée de revoir et mettre à jour le lexique de l'AFT, à la fois en version papier et numérique, a été relancée en 2022 par Françoise Duquenne. Après quelques années d'interruption due aux conditions sanitaires et aux occupations de chacun, quelques réunions ont eu lieu pour recréer des commissions chargées de reprendre cet imposant travail. L'objectif est d'avoir un lexique francophone de référence, celui-ci étant très apprécié par les professionnels et les étudiants ou élèves en formation. Ces travaux doivent se poursuivre en 2023.

Les adhésions et comptes financiers

Au 31/12/2022, les relances ciblées ainsi que l'arrivée de quelques nouveaux adhérents ont permis d'avoir un nombre d'abonnés/adhérents payés en 2022 en très légère baisse : 416 (pour 436 en 2021). La situation financière de l'association est restée saine, même si le solde est légèrement négatif en 2022 (cf. rapport financier). Les mouvements atteignaient environ 67 k€ en 2022 avec un bilan négatif de l'ordre de -2 500 €. Nous remercions ici Michel Trouillet, notre trésorier, pour le suivi très rigoureux de l'état des finances de l'AFT.

L'AFT remercie également très chaleureusement Samuel Guillemain, Bernard Flacelière et Flavien Viguier pour la poursuite des partenariats, notamment pour la revue XYZ.

Les conseils

L'association a tenu quatre conseils en 2022, tous en présentiel et/ou visio-

conférence :

- le 17/03/2022, le conseil n° 153 (en visioconférence uniquement) ;
- le 16/06/2022, le conseil n° 154 suite à l'assemblée générale 2022 ;
- le 22/09/2022, le conseil n° 155 ;
- le 14/12/2022, le conseil n° 156.

La participation des membres du conseil reste satisfaisante, le quorum était atteint à chaque séance, notamment grâce à des participations par visioconférence et avec des procurations.

Au cours des séances, le conseil, après débat, décide des actions principales engagées par l'association. Le déroulement est constant. Les séances commencent par un point sur les actions décidées lors des conseils précédents.

Un point sur la situation financière de l'AFT est réalisé par le trésorier. Après les propositions de budget prévisionnel, celui-ci fait les bilans successifs des comptes permettant de suivre l'évolution des recettes et des dépenses pour tendre vers un budget équilibré.

L'état d'avancement et les prévisions de publication de la revue XYZ, notamment les articles et rubriques sont analysés et présentés à chaque séance. Le comité de rédaction se réunit régulièrement par visioconférence pour sélectionner les thématiques, définir les propositions de contenu, et enfin, les valider sous la houlette du rédacteur en chef.

Le forum de l'année en cours et à suivre est évoqué. Celui de 2023 a ainsi été programmé à l'INSA de Strasbourg en mars 2023, soit seulement quatre mois après celui de novembre 2022 pour essayer de revenir à une tenue régulière au printemps de chaque année. L'organisation et les résultats du prix de l'AFT sont évoqués. Ce thème est précisé dans la suite de ce rapport.

Le site web et les réseaux sociaux (Facebook, Twitter et LinkedIn) sont évoqués avec le nombre de connexions et l'analyse de leur provenance pour faire évoluer la recherche de nouveaux adhérents français et francophones. La lettre d'actualités, autre outil numérique de communication, est malheureusement restée au point mort en 2022 par manque de temps disponible des rédacteurs. Le calendrier des manifestations et des participations de l'AFT est remis à jour à chaque séance.



Les publications

■ La revue XYZ

En 2022, sont parues quatre nouvelles revues XYZ, toujours aussi captivantes et estimées.

En termes de volume, les revues comportaient respectivement : n° 170 (76 pages), n°171 (72 pages), n° 172 (68 pages), n°173 (72 pages).

Le rythme trimestriel des publications a été respecté. Les rédacteurs poursuivent la recherche de la variété dans tous les domaines de la topographie. Les différentes rubriques proposées par la revue sont toujours en rapport avec les problématiques de la topographie moderne et future : les "éditoriaux" décisifs, les "brèves des constructeurs" et "infotopo", les articles techniques et scientifiques, la revue littéraire et professionnelle, parfois des "récréations mathématiques", de la "topo vécue", la vie des associations et la vie des écoles sont toujours aussi raffinés et donnent aux lecteurs une représentation générale des mutations de la topographie. L'année 2022 a été marquée par l'arrivée d'articles sur l'Intelligence artificielle. En tant que rédacteur en chef, Bernard Flacelière continue à assurer l'aboutissement de la revue en menant le comité de rédaction vers des exigences élevées. Le comité de lecture est composé de personnalités reconnues et étudie, propose des améliorations et donne son aval sur les contenus des publications.

Ainsi, les différents numéros [de 170 à 173] de 2022 comportaient respectivement :

- de l' "infotopo" ;
- des rapports sur les différentes manifestations professionnelles.

Et parmi les classifications thématiques de la revue :

- Géodésie/GNSS (3+2+1+2 articles) ;
- Topographie/Topométrie/Auscultation (0+0+0+0 article) ;
- Compensation (1+1+1+1 articles) ;
- Lasergrammétrie (0+1+0+0 article) ;
- Photogrammétrie (0+1+0+0 article) ;
- Cartographie (1+0+1+1 articles) ;
- Histoire (1+0+1+0 articles) ;
- Patrimoine (1+0+0+2 articles) ;
- Hydrographie/Navigation (0+1+0+0 article) ;
- Télédétection (1+0+0+0 article) ;
- La vie de la profession (2+0+0+0 articles)

- Association (0+0+0+0 article)
- Qualité (0+0+1+0 article)
- Environnement (0+0+0+1 article)

Le tout est complété par les rubriques "Art et Géométrie" (1+1+1+1 articles) et de la Topographie et des Géomètres sans Frontière "TSF/GSF" (1+1+1+1 articles), de la Topo vécue (0+1+1+1 articles), la vie des écoles (0+2+1+1 articles) et Voyage (0+0+0+1 article).

Comme chaque année, nous nous devons de féliciter Dorothée Picard pour son travail remarquable et imaginaire. Grâce à son sens de l'agencement, elle nous permet d'offrir aux lecteurs une revue de très haute qualité.

■ Autres publications (rappel)

- "Lutte pour un avenir" (Louis Catinot) ;
- Numéro Hors-série : "Topographie : un demi-siècle d'évolution technologique" (Paul Courbon) ;
- Numéro Hors-série "Méthodes GNSS pour la Topographie" ;
- "Lexique topographique" ;
- "Sciences géographiques, connaissance du monde et conception de l'Univers dans l'Antiquité" (Raymond D'Hollander) ;
- "Mesurer la Terre - 300 ans de géodésie française" (Jean-Jacques Levallois) ;
- "Le marégraphe de Marseille" (Alain Coulomb) ;
- "Art et géométrie" (Jean-Pierre Maillard) ;
- "Les références de temps et d'espace" (Claude Boucher) ;
- "Lexique GNSS pour le positionnement" de la commission CNIG/GEOPOS ;
- "Cours de géodésie" (Françoise et Henri Duquenne).

Les manifestations

Les manifestations de 2022 ont repris principalement en présentiel, mais souvent avec des diffusions à distance. Elles ont été régulièrement annoncées dans les revues XYZ.

À noter que la France (Paris) a été désignée pour l'organisation de la *Working Week 2028* de la FIG, 2028 correspondant au 150^e anniversaire de la création de la FIG. L'AFT doit participer à cette organisation avec l'OGE.

Le prix AFT 2022

La gestion du prix de l'AFT est présidée et conduite par Emmanuel Natchitz.

Pour le prix de l'AFT 2022, les membres du jury présidé par Emmanuel Natchitz ont départagé les différentes propositions d'articles. Grâce au soutien indéfectible du sponsor Leica Geosystems, ce prix est doté de 2 000 € de récompense et sera distribué aux lauréats en 2023.

Ainsi se termine ce bilan de l'année 2022 !

L'AFT poursuit ses engagements pour le déploiement et la propagation des connaissances en Topographie.

Nous rappelons chaque année, à l'occasion de ce bilan, que l'AFT met tout en œuvre pour conserver sa place parmi les associations reconnues dans les différents milieux professionnels qu'elle touche de près ou de loin en proposant l'accès aux informations et aux connaissances par l'intermédiaire de ses ouvrages, de "La lettre d'actualités topographiques de l'AFT", de la "revue XYZ" et grâce aux participations dans les congrès et colloques scientifiques internationaux.

Pendant cette année, la visibilité de l'association à travers le site web et sur les réseaux sociaux (en particulier LinkedIn) n'a cessé de croître. Les chargés de mission sur ces thèmes sont à remercier pour leur travail et leur suivi.

Avant de terminer ce rapport, nous rendons un hommage à Edmond Barbacane qui nous a quittés en fin d'année 2022. Il a été membre du conseil de l'AFT pendant 32 ans, dont une grande partie en tant que secrétaire général. Il continuait à être actif à l'AFT et devait participer au forum 2022.

L'AFT remercie ici encore vivement l'IGN pour son soutien, notamment pour le prêt des locaux et des infrastructures et l'INSA pour les infrastructures lors des Journées de la Topographie qui hébergent également, c'est une tradition bien ancrée maintenant, les 3^{es} réunions du conseil chaque année. ●

Ghyslain FERRÉ
Secrétaire général

Blue Surveying ou l'arpentage bleu ou le levé topographique bleu

■ Vladimir KRUPA - Enrico RISPOLI - Andrés DIEZ GALILEA



Déclaration de Séville,

telle que préparée lors de la conférence et de l'assemblée générale du CLGE les 28 et 29 octobre 2022.

La conférence et l'assemblée générale ont rassemblé des géomètres, des professionnels techniques, des experts en la matière et des universitaires pour discuter du rôle de la profession de géomètre dans la gestion durable des ressources en eau de la planète au profit de toutes les formes de vie sur Terre et dans l'atténuation des effets du changement climatique. Nous appelons cette activité importante "Blue Surveying".

En tenant compte de ce qui suit :

- le "Blue Surveying" est le thème du CLGE pour l'année 2022 ;
- le "Blue Surveying" s'intéresse à toutes les formes de ressources en eau sur Terre, qu'elles soient naturelles ou artificielles, et en Europe en particulier ;
- le travail du géomètre est crucial, car il comprend son environnement, ses ressources et sa fragilité, qu'il arpente et gère ;
- l'eau est un bien précieux et nous avons le devoir de la préserver et de prévenir ou d'éviter la pollution et le gaspillage ;
- l'eau n'est pas seulement précieuse, elle peut aussi devenir une menace pour la vie et les moyens de subsistance, tant dans les zones côtières qu'à l'intérieur des terres ;
- les mers, les océans et leurs côtes, ainsi que les rivières, les canaux et les autres masses d'eau sont essentiels pour les activités et les droits de l'homme, mais aussi pour la biodiversité et le climat ;
- toutes les formes de vie sur cette planète ont besoin d'eau pour survivre ;
- toutes les nations et tous les peuples du monde doivent s'engager de plus en

plus à mettre en œuvre des politiques respectueuses de l'environnement et du développement durable ;

- nous devons tous agir, en particulier dans les régions où les précipitations sont faibles ou intermittentes, avec des périodes de sécheresse dramatique ;
- nous devons passer d'un problème à une opportunité et canaliser nos énergies dans l'atténuation et l'adaptation au changement climatique afin de minimiser les souffrances.

Les membres du comité de liaison des géomètres européens – *Council of European Geodetic Surveyors*, ainsi que le collège officiel d'ingénieurs en géomatique et topographie d'Espagne – *Colegio de Ingeniería Geomática y Topográfica* (COIGT) qui se sont réunis à Séville (Espagne), du 27 au 29 octobre 2022, approuvent et proclament par la présente la Déclaration de Séville sur le "Blue Surveying" et notre engagement envers les Objectifs de développement durable de l'ONU, lors de la VIII^e conférence des géomètres européens "Blue Surveying" et de l'assemblée générale d'automne du CLGE, approuvent et proclament la Déclaration de Séville sur le "Blue Surveying" et notre engagement envers les Objectifs de développement durable 2030 de l'ONU afin de préserver toutes les ressources en eau, d'atténuer les effets du changement climatique et de maintenir une Terre habitable pour l'humanité.

Nous nous engageons à :

- faire tout ce qui est en notre pouvoir pour lutter contre le changement climatique et ses effets négatifs sur les ressources en eau ;
- veiller à ce que notre profession, à tous les niveaux, s'engage en faveur de la durabilité afin de préserver un environnement sûr et habitable pour les générations futures ;
- assurer la durabilité environnementale de notre travail dès le début de chaque projet ;

- adopter une approche éthique pour éviter de contribuer à des activités qui dégradent notre environnement ;
- impliquer les jeunes dans la poursuite des objectifs de développement durable des Nations unies afin de concevoir un monde meilleur pour les générations futures ;
- promouvoir une approche du développement économique basée sur l'économie circulaire ;
- encourager les activités entrepreneuriales tout en respectant les ressources de la planète et leur disponibilité limitée ;
- surveiller, atténuer et s'adapter aux effets très graves du changement climatique déjà en cours, y compris ses impacts négatifs sur les zones côtières, l'agriculture et les zones habitées ;
- encourager l'enseignement du "Blue Surveying" au niveau universitaire dans des domaines professionnels connexes tels que la géologie, la géographie, l'informatique et le génie civil ;
- faire évoluer nos compétences et notre formation pour répondre aux défis posés par les impacts du changement climatique ;
- plaider pour des politiques qui réduisent et atténuent les effets des risques hydrologiques pour le bien-être de tous les habitants de l'Europe.

Grâce à leur formation et à leur expérience, les géomètres sont capables de gérer des équipes pluridisciplinaires qui doivent participer à des projets traitant de la gestion des ressources en eau, de l'atténuation du changement climatique et de l'adaptation à celui-ci, ainsi que de communiquer avec divers groupes de parties prenantes. Aujourd'hui, le "Blue Surveying" est souvent considéré comme une spécialité pour les géomètres, mais tous doivent s'engager dans ce travail important.

Notre éducation et notre formation devraient inclure un contenu spécifique traitant des Objectifs de développement


durable 2030 des Nations unies et de ceux qui suivront. Dans ce cadre, le thème de l'eau occupera une place importante.

Le CLGE utilisera son réseau, y compris la FIG (Commission 4), pour identifier les universités et autres experts en Europe qui offrent actuellement une formation en gestion de l'eau et le CLGE encouragera les échanges internationaux pendant la période de stage professionnel, en général et en mettant l'accent sur la gestion de l'eau, en particulier.

Notre formation professionnelle continue doit inclure des sujets spécifiques au "Blue Surveying" afin de maintenir notre haut niveau d'expertise.

Le groupe de travail sur le "Blue Surveying" du CLGE poursuivra ses travaux au-delà de 2022. Nous n'en sommes qu'au début de ce voyage, mais de petits ruisseaux jailliront de grandes rivières. ●

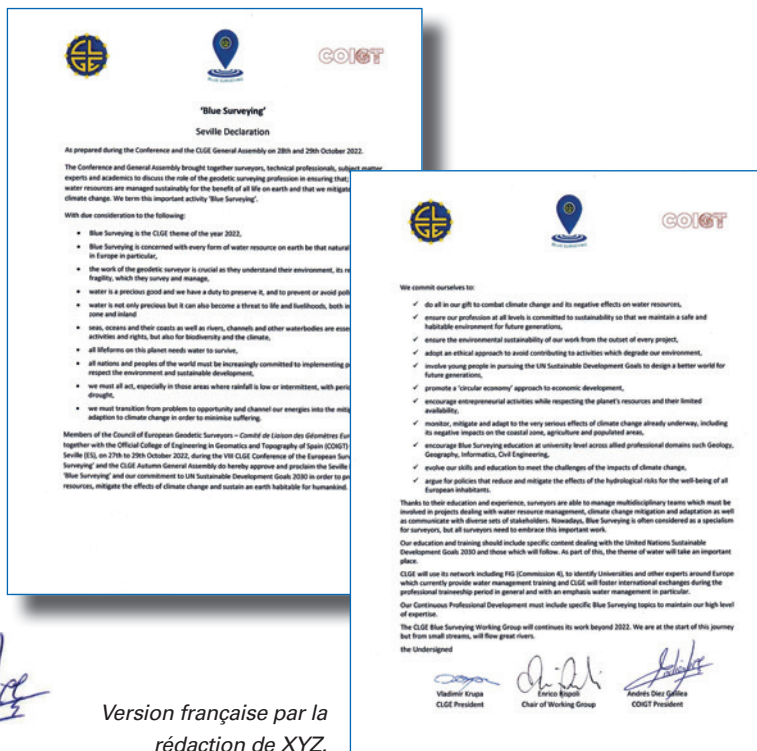
Les soussignés


Vladimir Krupa
CLGE President


Enrico Rispoli
Chair of Working Group


Andrés Díez Galilea
COIGT President

Version française par la
rédaction de XYZ.



HOMMAGE Monique Chenot (1939-2023)

Monique Chenot est décédée le 17 juin 2023 dans sa 84^e année. L'AFT lui doit d'avoir accepté d'assurer sa permanence de 2008 à 2011, à un moment où la situation financière de l'association était précaire. Paradoxalement, les bureaux de l'AFT s'honoraient alors d'une adresse valorisante, rue La Boétie à Paris, à deux pas des Champs-Élysées...

Documentaliste à la retraite, elle avait précédemment travaillé au service de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée. De longue date, elle connaissait l'AFT et XYZ dont l'établissement public d'aménagement était un abonné. Sa participation au conseil était éclairante et, pour le retour à Saint-Mandé dans les locaux de l'IGN, le déménagement réussi des bureaux est à mettre son crédit. Fidèle du festival international de géographie de Saint-Dié-des-Vosges (FIG), elle n'avait pas attendu d'être à l'AFT pour y participer.

Puis, en prenant la responsabilité de son antenne de Bussy-Saint-Georges

en Seine-et-Marne, près de son domicile, elle a quitté l'AFT pour la cause du Secours populaire français (SPF), qui lui tenait plus à cœur.

Avec François Le Thierry, Lucie Le Pendu et moi-même, elle a, en 2019, accompagné Robert Vincent à sa dernière demeure, le cimetière de Nogent-sur-Seine, sa dernière apparition dans le cadre de l'AFT. Rappelons que Robert Vincent (1921-2019) était le deuxième président de l'AFT, un président honoraire de l'association qui n'a pas manqué, jusqu'au soir de sa vie, de rester mobilisé sur son suivi administratif.

Monique Chenot, efficace et discrète, avait eu à surmonter de rudes épreuves de vie, comme le décès, dans le bel âge, de sa fille cadette Dominique ou encore celui d'Alain, le compagnon avec qui elle avait refait sa vie, dont la disparition a été subite. En revanche, la réussite et l'attachement de ses quatre petits-enfants ont éclairé la dernière partie de sa vie.



Monique Chenot tient le stand de l'AFT au FIG en 2008.

L'AFT et la revue XYZ présentent à sa fille Claudie et à tous ses proches leurs condoléances attristées et toute leur sympathie. ●

Jean-Pierre Maillard

Les Géomètres Express à la conquête du désert

Une course d'orientation de 6 000 km ? Rien de mieux pour mettre à rude épreuve deux géomètres !

Clément Agneau et Guillaume Crémoux, deux jeunes géomètres qui se lancent dans l'aventure humanitaire du 4L Trophy.

Le premier, Guillaume, est un pur produit lotois. Déjà bénévole dans un club de natation (il encadre des jeunes nageurs), il élargit son intérêt pour les enfants. Il travaille actuellement en tant que géomètre-topographe dans un cabinet de géomètres du groupe Géodésie situé à Figeac, une entreprise qui ne compte pas moins de 50 employés, avec des spécialités diverses, comme le foncier, la topographie, le bureau d'étude et le VRD. Ce groupe ne cesse de grossir depuis quelques années et intervient notamment dans la partie sud de la France. Son comparse, Clément, est quant à lui originaire de Vendée. Il occupe le poste d'assistant maîtrise d'œuvre VRD dans le cabinet de géomètres-experts JANNEAU - RIGAUDEAU - SEYDOUX à Cholet.

La réussite de leur BTS Géomètre, à Nantes pour Clément et à Égletons pour Guillaume, leur a permis de continuer leurs études. C'est donc en 2022 qu'ils intègrent une licence professionnelle à l'ESGT (École supérieure des géomètres et topographes) au Mans. Très vite, ils sont amenés à se côtoyer et une forte amitié se crée. Cette amitié est la genèse de cette envie de participer au 4L Trophy 2024.

Le 4L Trophy est un projet humanitaire et sportif. C'est le plus gros événement des 18-28 ans d'Europe. Le but du 4L Trophy est de parcourir 6 000 km, de Biarritz à Marrakech. Cet événement a pour objectif de livrer un minimum de 50 kg de fournitures scolaires destinées à l'association "Enfants du désert". Mais ce n'est pas le seul engagement : la Croix-Rouge est également partenaire



du projet et demande aux trophystes de transporter un minimum de 10 kg de nourriture non périssable.

Le binôme fait souvent référence à Starsky et Hutch sur les réseaux sociaux. Pourquoi Starsky et Hutch ? Une allusion à la série qui décrit leur amitié et leur goût pour l'action ! Comme dit dans le générique, ils sont "Des nouveaux chevaliers au grand cœur, mais qui n'ont jamais peur de rien". En plus d'être une icône du cinéma, cette 4L est l'unique réplique de la Ford Torino de la série, ce qui en fait un symbole intergénérationnel qui va leur permettre de se faire connaître de tous.

Dans l'état actuel, ils sont soutenus par différents acteurs du métier de géomètre-topographe : l'ordre des géomètres-experts, le groupe Géodésie... De nombreuses entreprises de toutes tailles : locales, régionales, nationales les soutiennent. Parmi elles, on retrouve Renault Gramat, SAT carrière, Gédimat Laroque, Le Pétrin de Pierre, EITxikito.

Ils sont toujours à la recherche de donateurs et de sponsors pour leur projet !

Avec le QRCode fourni, vous avez accès à tous leurs réseaux sociaux



(venez les suivre dans cette folle aventure), dossier de sponsoring, cagnotte en ligne et bien plus encore ! ●

Les Géomètres Express

COMITÉ DE LECTURE D'XYZ

BOSSER Pierre, professeur associé, ENSTA Bretagne, Brest

BOTTON Serge, ingénieur, ENSG, Marne-la-Vallée

CLÉDAT Emmanuel, enseignant-chercheur, ENSG, Marne-la-Vallée

DURAND Stéphane, maître de conférences, ESGT, Le Mans

HULLO Jean-François, dr. ingénieur, EDF, Paris

KOEHL Mathieu, maître de conférences, INSA Strasbourg

LEQUEUX James, astronome émérite à l'Observatoire de Paris

MAINAUD DURAND Hélène, ingénieur topographe, CERN Genève

MISSIAEN Dominique, ingénieur topographe, CERN Genève

MOPIN Irène, ingénieur recherche, ENSTA Bretagne, Brest

MOREL Laurent, professeur des universités, ESGT, Le Mans

PANTAZIS N. Dimos, professeur, TEI Athènes

POLIDORI Laurent, directeur du CESBIO, Toulouse

REIS Olivier, ingénieur, traducteur, Sarreguemines

ROCHE Stéphane, professeur, Université Laval, Québec

TOUZÉ Thomas, dr. ingénieur géomètre, EDF, Grenoble

TROUILLET Michel, ingénieur topographe, Lyon

Font partie du comité de lecture les membres du comité de rédaction et la rédaction (la directrice des publications et son adjoint, le rédacteur en chef et son adjoint), voir la liste en page sommaire.

Erreurs à éviter en positionnement

■ Bernard FLACELIÈRE

Avant-propos : cet article de sensibilisation sur les erreurs en positionnement a été présenté le 29 mai 2023 à la WW FIG 2023 à Orlando, lors de la session francophone. Les illustrations, des couvertures emblématiques de XYZ, ont été ajoutées à la présentation.

Les dernières décennies ont vu une extraordinaire évolution des méthodes de positionnement. Utilisant jadis les classiques méthodes de calculs géométriques dans l'espace en trois dimensions, basées sur des mesures de distances, d'angles horizontaux et verticaux et de dénivelées, le topographe est actuellement pourvu de stations totales fixes ou mobiles, équipées de récepteurs satellitaires pouvant également être complétés de moyens d'acquisition LiDAR et photogrammétrique. Malgré ces raffinements technologiques, il arrive que des erreurs (on parle plutôt de fautes en topographie) entachent des travaux de levés les rendant infructueux, inutiles, à refaire, voire dangereux quand les résultats sont destinés à être intégrés dans les études successives. Cet article montre les principales erreurs à éviter en positionnement, sans entrer dans les procédures et méthodologies spécifiques, qui évolueront suivant les techniques employées et les équipements.

Quelles sont les principales erreurs que l'on rencontre en topographie

Les erreurs peuvent être rencontrées depuis la définition des paramètres géodésiques, à la mise en œuvre des équipements de mesure et de levé et jusqu'à la restitution des données. Nous donnons là une liste non exhaustive des points critiques, qui seront développés ensuite.

■ Paramètres géodésiques

Ce type d'erreurs intervient quand on met en place un chantier à l'intérieur d'un système de référence qui peut être officiel pour un pays ou bien à l'échelle d'un chantier. Si on ne respecte pas l'intégralité des paramètres en usage, il se produira des décalages dans les coordonnées planimétriques et altimétriques. L'ordre de grandeur des erreurs peut être de quelques décimètres à plusieurs hectomètres.

■ Équipement utilisé

Étalonnages, réglages, vérifications

Les équipements ne doivent pas être utilisés sans avoir été étalonnés, "calibrés", vérifiés sur valeurs connues. Ils

■ MOTS-CLÉS

Positionnement, erreurs

■ Algorithmes, logiciels et constantes intégrés

Les équipements modernes comportent des algorithmes, des logiciels et constantes intégrés. Souvent qualifiés de "boîtes noires", ces équipements n'offrent guère de moyens, ni même de possibilités externes de contrôles. Des tests doivent pouvoir mettre en évidence la réalité des constantes et algorithmes intégrés. L'étude approfondie de la documentation doit permettre de comprendre ce qu'il est possible de régler.

■ Stockage, restitution et utilisation des données acquises

Des erreurs peuvent également survenir dans le stockage interne des données et leur restitution vers l'utilisateur, principalement à cause des algorithmes utilisés, des variations des versions de format d'échange. De même, l'import dans les stations de travail, les logiciels de DAO, peut déformer les données suivant les constantes internes de ces stations.

Paramètres géodésiques

Les coordonnées ne définissent une position sans ambiguïté que lorsque le système de référence de coordonnées auquel ces coordonnées appartiennent a été identifié, donc ses paramètres connus précisément et utilisés sans erreurs.

■ Système de référence

Historiquement basés sur un point fondamental (ou sur un ensemble de stations), les systèmes de référence sont actuellement plutôt basés sur des réalisations proches du système international ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*) utilisé en géodésie spatiale. Les différences entre les systèmes historiques locaux et les systèmes spatiaux peuvent atteindre plusieurs hectomètres tandis que les différences entre les systèmes spatiaux sont de quelques décimètres ou mètres, suivant les versions et les approximations locales.

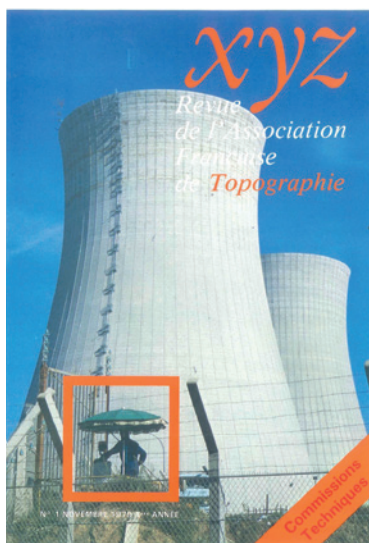


Figure 1. La couverture du numéro 1 de XYZ, novembre 1979.

peuvent présenter des erreurs systématiques, "biais", constantes ou proportionnelles aux mesures.

■ Précision

Également, il faudra évaluer la précision de la mesure et la comparer à la valeur nominale publiée par le constructeur. Les valeurs publiées peuvent souvent être optimistes, ou bien varier fortement suivant la méthodologie utilisée et les conditions d'environnement locales.



Les paramètres de transformation entre systèmes, exprimés en coordonnées tridimensionnelles 3D, sont publiés (exemple translation, rotation, changement d'échelle), mais doivent être maîtrisés et leur application contrôlée. Des inversions de signes sont possibles suivant les conventions des logiciels, des tests avec des valeurs témoins sont nécessaires.

Il existe toutefois des systèmes locaux, différents des systèmes de référence classiques. Utilisés pour des besoins spécifiques très locaux (zone industrielle, usine, cadastre de petite ville), ces systèmes devront être parfaitement identifiés, avoir des valeurs de coordonnées clairement différentes de celles de possibles coordonnées issues de systèmes de référence mondiaux pour éviter les confusions. Il sera préférable de rattacher ultérieurement ces systèmes locaux à un système général et de publier des algorithmes de conversion (exemple transformation de Helmert, translation, rotation et changement d'échelle) entre les deux systèmes. Dans le cas de positionnement GNSS par rapport à des stations de référence, ces stations doivent être dans le système de référence officiel ou bien du chantier. Un test sur un ou des points connus est nécessaire avant de commencer l'acquisition et mettre en évidence un éventuel décalage. Un exemple peut être des stations positionnées au PPP (positionnement précis du point) donc ITRF (année, époque) et un chantier dans le système national (ITRF différent ou bien système historique ancien).

■ Ellipsoïde

L'ellipsoïde est une figure géométrique dont les paramètres, grand axe, petit axe, aplatissement et excentricité, sont publiés. Il en existe des centaines, mais la principale source d'erreur est le nombre de versions voisines d'un même ellipsoïde nominal. Donnons, par exemple, les ellipsoïdes Clarke 1880 et ceux nommés Everest et leurs versions de dimensions différentes, liées aux conversions d'unités et à l'historique des définitions. Les écarts, de l'ordre de quelques centimètres à quelques hectomètres entachent les conversions de coordonnées entre rectangulaires et géographiques.

■ Altimétrie

Le chantier devrait être rattaché au système officiel altimétrique. S'il ne l'est pas, pour éviter les confusions, la valeur de l'altitude fictive sera très différente de la valeur terrain possible et une note claire et détaillée sera jointe aux plans ou aux dossiers numériques.

Il faut éviter la confusion entre la hauteur ellipsoïdale et l'altitude. Faute de modèle de géoïde précis, des approximations sont souvent faites, occasionnant des erreurs sur les altitudes et les pentes.

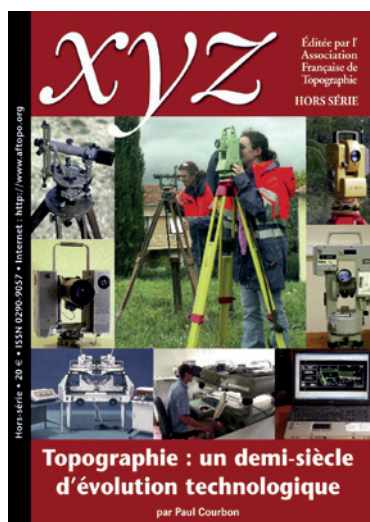


Figure 2. La couverture du XYZ hors-série de Paul Courbon sur les évolutions technologiques (2013).

Équipement utilisé

■ Étalonnages, réglages, vérifications

Il sera nécessaire d'apporter une différence entre l'équipement de génération ancienne et celui moderne. Pour le premier, on peut encore vérifier ou étalonner chaque partie de l'équipement et les données entrée, et sorties sont en général manuelles ou enregistrées séparément. Des modes opératoires permettent également de contrecarrer les dérèglages ou d'améliorer la précision. Des contrôles simples et connus de tous devront être menés sur les équipements : embases, niveaux, etc. Pour le deuxième cas, les équipements modernes, la complexité et l'hybridation des équipements font que guère de possibilités d'intervention s'offrent au topographe pour intervenir sur ces "boîtes noires". Il faudra s'assurer que les réglages,

les étalonnages et les métrologies sont effectués par le constructeur (ou le vendeur), que les résultats sont disponibles et que la périodicité des contrôles est correcte.

De plus, des modes opératoires appropriés pourront mettre en évidence des défauts, mais la meilleure façon de qualifier la justesse des mesures sera de prévoir des points de contrôle par des moyens externes et d'analyser statistiquement les résultats.

Par points de contrôle, on entend des points matérialisés, ou vus par l'appareil, connus en coordonnées et qui n'entrent pas dans le calage initial du chantier.

■ Algorithmes, logiciels et constantes intégrés

Ce point est crucial dans les appareils modernes. Il est nécessaire de comprendre la façon dont sont réduites les observations brutes, quels types ou versions d'algorithme sont employés, quels modèles ou constantes sont intégrés. Si la documentation est muette, il faut se tourner vers le constructeur, vers les autres utilisateurs, vers les forums. Les points de contrôle, là aussi, permettront de mettre en évidence les constantes erronées (constantes de prisme), les corrections absentes (par exemple le facteur d'échelle ou la convergence des méridiens de la projection non appliqués).

■ Stockage, restitution et utilisation des données acquises

C'est un sujet délicat, dans les systèmes "boîte noire" de pouvoir suivre le cheminement des données, de l'acquisition à la restitution, en passant par le stockage. Les données brutes ne le restent guère longtemps, puisque déjà prétraitées en interne. Là aussi, un des moyens de conforter la qualité des mesures acquises est de comparer les coordonnées d'échantillons de données stockées avec celles obtenues par des moyens indépendants. Quand c'est possible, et avec la collaboration des constructeurs et spécialistes, on retrace les traitements des données et leurs modifications éventuelles (réductions) et on s'assure qu'ils sont conformes à la théorie et aux normes de la profession.

Conclusion

Il faut garder à l'esprit que les mesures de positionnement en topographie sont basées sur des infrastructures géodésiques, terrestres ou spatiales, sur des références dans lesquelles sont exprimées les coordonnées, sur des appareils utilisant des lois de la physique accompagnés d'algorithmes d'acquisition, de traitement, de stockage et de restitution. Pour éviter les erreurs, il faut se contraindre à ce que chaque étape ci-dessus soit comprise, contrôlée et validée. Pour les systèmes "boîte noire", il faut arriver à disposer de points de contrôle externes pour valider au mieux les phases de travail. ●

Contact

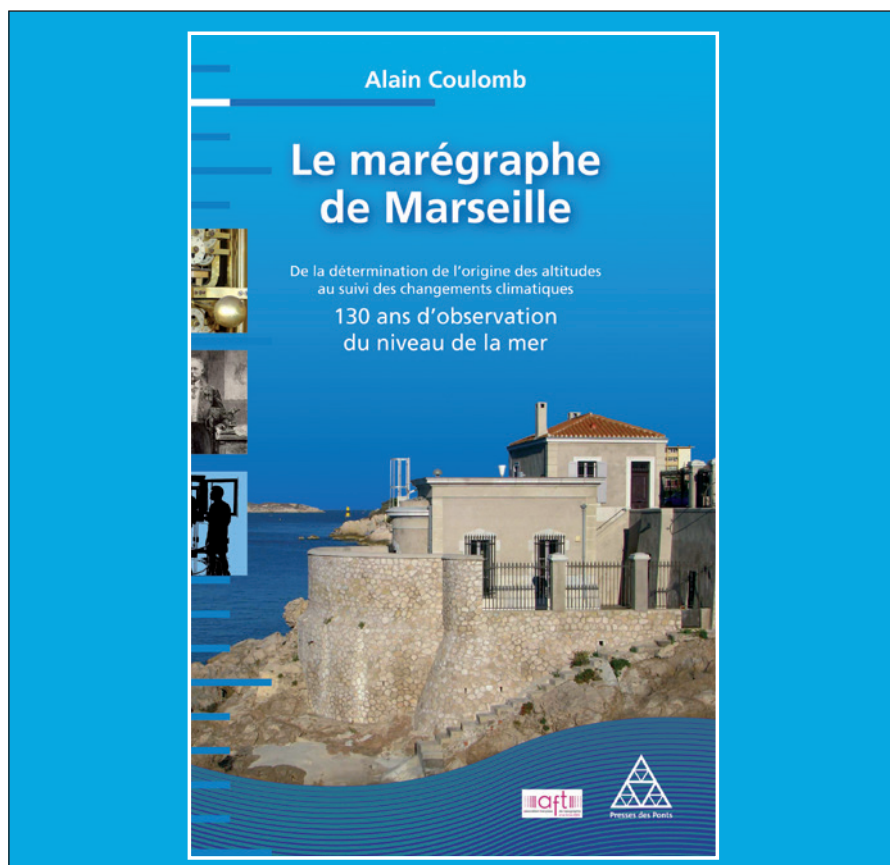
Bernard FLACELIÈRE
bernard.flaceliere@orange.fr

Références

1. Surveying and Positioning Guidance Note I, *Geodetic awareness guidance note*, International Association of Oil & gas Producers, 1.1 August 2008.
2. Geomatics Guidance Note 5 *Coordinate reference system definition - recommended practice*, International Association of Oil & gas Producers, Report 373-05, November 2018.

ABSTRACT

The last decades have seen an extraordinary evolution of positioning methods. Formerly using the classic methods of geometric calculations in three-dimensional space, based on measurements of distances, horizontal and vertical angles and height differences, the surveyor is currently handling fixed or mobile total stations equipped with satellite receivers that can also be supplemented with LiDAR and photogrammetric acquisition resources. Despite these technological refinements, it happens that errors make survey work fruitless, useless, to be redone or even dangerous when the results are intended to be integrated into successive studies. This article shows the main mistakes to avoid in positioning.



COMMANDEZ "LE MARÉGRAPHE" au prix de 85,50 €

640 pages, 400 illustrations frais de port inclus (France)

M/Mme Nom : _____

Prénom : _____

Société ou organisme : _____

Adresse : _____

Code postal : _____

Ville : _____

Tél. : _____

Fax : _____

Courriel : _____

Date : _____

Signature _____

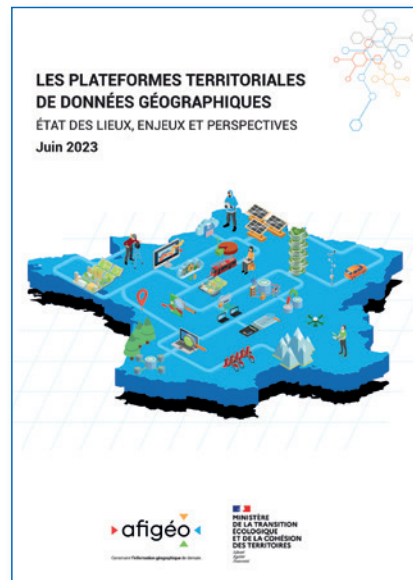
**Bulletin de commande à retourner accompagné d'un chèque
à l'Association francophone de topographie**

73, avenue de Paris - 94165 SAINT-MANDÉ Cedex –
Tél. : +33 (0) 1 43 98 84 80

Achat également sur Internet : www.aftopo.org

L'Afigéo publie un état des lieux, enjeux et perspectives des plateformes territoriales de données géographiques, juin 2023

L'Association française pour l'information géographique (Afigéo) a publié en juin 2023 un rapport sur l'état des lieux et les enjeux des plateformes territoriales de données géographiques, qui jouent un rôle essentiel dans la connaissance du territoire, l'aide à la décision et la mise en œuvre des politiques publiques depuis plus de 20 ans. Cette publication réalisée par l'Afigéo avec le soutien du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires (MTECT) est le fruit d'un travail collectif du groupe de travail Open-Data et du réseau des CRIGEs (réseau des plateformes régionales d'animation territoriale autour de l'information géographique) complété d'une étude des dynamiques territoriales réalisée par ArXiT. Qu'elles soient nationales ou territoriales, thématiques ou généralistes, ces plateformes concentrent une expérience unique d'ouverture, de valorisation des données géonumériques et de mutualisation de moyens humains et d'infrastructures numériques.



Le sens du terme plateforme dans ce rapport désigne un dispositif organisationnel et une offre de service s'appuyant sur des outils informatiques de diffusion de données. Cette publication a pour ambition d'éclairer les décideurs territoriaux sur les enjeux actuels et futurs de la donnée géographique et des plateformes qui en facilitent l'exploitation au service des politiques publiques.

D'un côté, l'impact du numérique sur l'empreinte carbone nationale augmente de manière exponentielle. D'un autre, la donnée est devenue un outil de gouvernance qui est utilisé pour aider à la décision sur des sujets stratégiques et garantir la transparence des décisions. Dans ce nouveau cadre en pleine transition, les plateformes territoriales doivent redéfinir leur vision pour modifier le positionnement purement géomatique vers une gestion de la donnée au sens large. Ces stratégies nécessitent l'adhésion et le soutien du politique local et national, ainsi que le dialogue avec l'écosystème de la donnée, la société civile et les usagers.



Figure 1. Aperçu des plateformes de données géographiques à vocation régionale ou départementale (sur la base de l'enquête réalisée en 2022).

Un état des lieux des plateformes a été réalisé en 2022 avec plusieurs enseignements :

- un réseau fort d'environ 130 plateformes (nationales, régionales, départementales et communales) (cf. les deux illustrations) ;
- des moyens humains sous-dotés par rapport aux services rendus et aux structures associées ;
- une visibilité financière complexe pour certaines plateformes, empêchant des projets structurants sur le long terme ;
- des gouvernances variées complexifiant les coopérations entre échelons de plateforme.

L'étude met en avant un besoin de clarification des compétences autour des données fondamentales entre l'État, les DREAL, les Conseils régionaux ou bien les plateformes régionales portées par des GIP ou des associations. Il ressort des réels bénéfices grâce aux échelons locaux, avec comme exemple, la fluidification des liens avec les plateformes nationales (ex. de la Base Adresse), et la simplification des usages de la donnée. En parallèle, la démocratisation des technologies de consultation et de téléchargement ouvre la porte à des plateformes thématiques qui viennent en recouvrement partiel des plateformes existantes avec la perte d'utilisateurs dans ces offres concurrentielles. Les plateformes existantes doivent donc évoluer afin de répondre aux innovations et aux sujets de modernisation des collectivités afin de mutualiser les compétences et de bénéficier d'attribution de moyens complémentaires.

L'enquête a également permis de mettre en avant des points d'attention suite aux échanges avec les plateformes. L'un de ceux-ci est lié à l'exploitation des données : **les plateformes recommandent la standardisation des données** et y travaillent activement au sein des groupes de travail via l'Afigéo. Un second est lié à la fragilité économique sur le long terme des existants et les plateformes militent pour un engagement des partenaires locaux et nationaux sur la durée afin de sécuriser la donnée et sa mise à disposition en cohérence avec les territoires. Le rapport fait état de grands axes de perspectives ou d'enjeux à venir :



Figure 2. Aperçu des plateformes de données géographiques à vocation nationale.

- **L'articulation des plateformes** aux différentes échelles doit se faire principalement à deux niveaux :

- stratégique : avec un **réceptacle national des besoins locaux**, via le pôle de coordination avec les territoires du CNIG, et une animation territoriale de co-construction animée par l'Afigéo pour amener une réponse collective ;
- opérationnel : partenariat renforcé entre les acteurs publics et les acteurs privés pour faire émerger des **productions mutualisées autour de la mobilisation de la donnée**.

- **L'exploitation des données doit dépasser le cadre des geodata pour aller vers la data** dans son ensemble afin de permettre des croisements plus importants autour de ces données. Pour cela, la qualité, le catalogage et les données de référence doivent être appréhendés de manière collaborative et participative pour une meilleure animation, mutualisation et collaboration.

- **Les plateformes doivent appréhender l'évolution rapide des technologies** autour des objets connectés permettant la mise en place de territoires connectés ou intelligents. Cette mutation doit s'accompagner d'une montée en compétence en savoir-faire, mais

aussi en technologie, en appui certainement externe, sans perdre de vue l'interopérabilité de l'ensemble.

En conclusion, les plateformes de données géographiques territoriales ont un rôle à jouer dans la transformation numérique des territoires, par leur maîtrise de l'animation de réseaux et leur savoir-faire en matière de gestion et d'organisation de données complexes et leur neutralité. La stratégie de la donnée doit être appropriée par les décideurs sur un temps long afin de sécuriser les plateformes territoriales. Ce rapport se veut éclairant pour les élus et dirigeants des collectivités autour de la gouvernance des plateformes au-delà des choix techniques. La gestion de la donnée est en pleine évolution et les plateformes ont besoin de suivre ce mouvement avec le soutien de leurs partenaires locaux, n'hésitez donc pas à partager cet article ou, encore mieux, le guide complet disponible sur le site de l'Afigéo ou par voie postale sur demande. ●

► Téléchargez le guide : <https://www.afigeo.asso.fr/wp-content/uploads/2023/06/06/guide-des-plateformes-2023.pdf>.

Article issu d'une publication collective de l'équipe et de membres actifs de l'Afigéo

PRIX DE L'AFT 2023

pour les jeunes ingénieur(e)s diplômé(e)s en topographie

Les étudiant(e)s des écoles d'ingénieurs sont invité(e)s à soumettre au comité de rédaction de la revue XYZ un article portant sur leur travail de fin d'études d'ingénieur(e) géomètre-topographe. Les meilleurs articles seront récompensés et publiés dans la revue XYZ.

Un montant global de 2 000 euros est prévu en 2023, pour attribution en 2024.

Ce prix est attribué grâce à notre partenaire historique Leica Geosystems.

Conditions de participation :

- avoir obtenu le diplôme d'ingénieur dans l'année du prix ou l'année précédente ;
- joindre l'attestation du diplôme d'ingénieur(e) ;
- proposer au comité de rédaction de la revue XYZ un article de 6 pages au moins en français (environ 4 000 mots, avec mots clés et un résumé en français et anglais), en vue d'une publication dans la revue, rajouter une présentation sommaire de son parcours (résumé du curriculum vitae) incluant les adresses postale et courriel valides après la sortie de l'école et suivre les consignes aux auteurs qui sont téléchargeables sur le site de l'AFT : www.aftopo.org ;
- soumettre le texte avec une proposition de mise en page (texte / illustrations) sous format PDF et joindre en fichiers attachés le texte seul en format modifiable (DOCX ou équivalent) avec les images et illustrations aussi en fichiers séparés intégrables (JPG) en résolution de 300 dpi minimum ;
- l'article doit être proposé et rédigé par le (la) candidat(e) seul(e). L'article soumis ne peut pas faire mention de "co-auteurs". Si le (la) candidat(e) souhaite signaler un travail collectif, il (elle) ajoutera une note de remerciements introductive ou conclusive de son texte ;
- certifier que l'article n'a pas été soumis ou publié dans une autre revue ;

- la date limite pour la proposition des articles est le 31 octobre 2023 (pour les projets présentés dans les écoles cette année et les précédentes).

L'adhésion à l'AFT, dont l'abonnement à la revue XYZ, pour l'année 2024 sera offerte aux participant(e)s.

Comité d'attribution :

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

Publication des résultats :

- les candidat(e)s seront informé(e)s individuellement des résultats au plus tard le 15 janvier 2024 ;
- les résultats du concours seront publiés dans la revue XYZ dans l'année suivant la publication des résultats ;
- le (la) président(e) du jury du prix et/ou le (la) président(e) de l'AFT remettront le ou les prix à l'occasion d'une manifestation organisée par l'AFT.

**Merci de transmettre votre proposition au (à la) président(e) du jury du prix de l'AFT,
par courriel à l'adresse suivante : [prixaft\(at\)aftopo.org](mailto:prixaft(at)aftopo.org)**



Mission de géodésie, nivellement et gravimétrie à Wallis et Futuna

Frédéric LHERMITTE - Renaud DEGOY - Thomas DONAL

Le service de géodésie et de métrologie de l'IGN s'est vu confier une mission à Wallis

et Futuna dont les objectifs étaient d'étendre les réseaux de géodésie et nivellement, de créer un réseau gravimétrique, d'élaborer une grille de conversion entre hauteurs ellipsoïdales et altitudes, de rattacher les marégraphes au réseau de nivellement dans le cadre de SONEL, de remplacer l'antenne Doris et de faire le rattachement topométrique avec la station Regina (d'acronyme FTNA).

MOTS-CLÉS

IGN, géodésie, nivellement, gravimétrie, Regina, Wallis, Futuna



Figure 2. Réseaux de géodésie et nivellement 1996 à Wallis et Futuna (DITT).

Le départ de la mission prévue en 2020 ne se fera que mi-2022 pour raisons sanitaires dues à la pandémie COVID-19. Cela fait rêver, une mission à Wallis et Futuna, mais mener une mission, si loin, dans un endroit si isolé, il faut bien la préparer et ne rien oublier. Le travail accompli prouve que ce n'était pas des vacances. Rappelons ici que Wallis et Futuna est une collectivité d'Outremer française, constituée des îles Wallis, Futuna et

Alofi ainsi que de nombreux rochers ; 230 km séparent Wallis et Futuna, tandis qu'Alofi est à 2 km de Futuna. Ces îles sont situées en plein océan Pacifique à environ 2 000 km au nord-est de la Nouvelle-Calédonie et 16 000 km de la métropole (figure 1). Le décalage horaire par rapport à Paris est de 10 heures en été et 11 heures en hiver. Les superficies cumulées des trois îles



font environ 140 km² et 13 500 habitants y vivent.

La DITT (Direction des infrastructures, de la topographie et des transports terrestres de Nouvelle-Calédonie) avait, en 1996 et 1997, initié des réseaux de nivellement et de géodésie avec 23,8 km de nivellement à Wallis et 21,3 km à Futuna, ainsi que 22 points géodésiques à Wallis et 17 à Futuna. La visite en 2022 de ces réseaux a permis de constater que, pour les réseaux de nivellement sur les 27 repères de Wallis et 24 de Futuna,



Figure 1. Situation de Wallis et Futuna.



respectivement 21 et 17 sont retrouvés en bon état, les autres étant soit détruits soit non retrouvés tandis que 19 points géodésiques à Wallis et 14 à Futuna furent trouvés en bon état.

On voit sur la *figure 2* que ces réseaux ont été implantés dans les zones les plus peuplées et ne couvrent pas tout le territoire.

Pour la mission 2022, la dizaine de caisses de matériel technique (750 kg) part par voie maritime du port du Havre le 1^{er} avril 2022 et n'arrivera à bon port que mi-juillet, date à laquelle des opérateurs pourront enfin se rendre à Wallis. Les opérations de terrain dureront environ trois mois et cinq opérateurs y participeront durant des périodes variables. Le matériel de construction, les véhicules de transport (voitures, bateaux) seront trouvés sur place, ce qui ne fut pas forcément aisé.

Le nivellement 2022

■ Wallis

L'île de Wallis ayant un relief peu élevé et peu accidenté, les géomètres de l'IGN ont pu, en 2022, établir un réseau de 1^{er} ordre qui fait le tour de l'île et cinq mailles de 2^e ordre comportant 135 repères reprenant les repères de 1996 en bon état et des repères SHOM (*figure 3*). En tout, 88 km de nivellement pour une dénivelée totale de 1 543 m ont été observés. Deux types de repères ont été utilisés pour les 95 points nouveaux : repère conique et médaillon de type M (*photo 1*).



Figure 3. Wallis : réseaux de nivellement 2022.



Photo 1. Types de repères de nivellement posés.

Les observations ont été faites au niveau numérique Trimble DINI avec mires à code-barre, le nivellement en antenne est observé en aller et retour.

Les fermetures des boucles donnent :

WL : - 0,9 mm

W.ad - W.bc : +4,3 mm

W.cd : -1,8 mm

W.ae - W.ab : -1,1 mm

W.be : +0,9 mm

La comparaison avec les résultats de 1996 permet de sélectionner neuf repères pour la stabilité. Le réseau entier est compensé pour déterminer toutes les autres altitudes dans le système de référence altimétrique NGWF Wallis (MOP 1996).

En moyenne, l'écart entre les altitudes 1996 et 2022 est 2,5 mm, pour deux repères l'écart dépasse le cm.

Les trois marégraphes SHOM de Wallis furent nivelés en reprenant des repères anciens, en remplaçant des repères détruits et en en ajoutant quelques-uns :

Mata-Utu (10 repères), Vailala (3 repères), Halolo (3 repères).

Les zéros de réduction des sondes ont été nivelés.

Les huit repères du réseau de nivellement sur l'aéroport de Hihifo furent complétés par le nivellement de 56 vis scellées en bordure de pistes.

■ Futuna

L'île de Futuna est plus haute (point culminant à 520 m) et beaucoup plus accidentée que Wallis, ce qui rend plus difficiles les opérations de nivellement vers l'intérieur des terres. Seule une boucle de 1^{er} ordre a été faite sur le pourtour extérieur de l'île, complétée par des cheminements en antenne montant le plus haut possible (jusqu'à 300 m). La situation est de plus compliquée par l'effondrement sur 1,2 km de la route au passage de la pointe des Pyramides depuis 2010 suite à un cyclone (*photo 3*).



Photo 2. Futuna : accès vers l'intérieur de l'île.

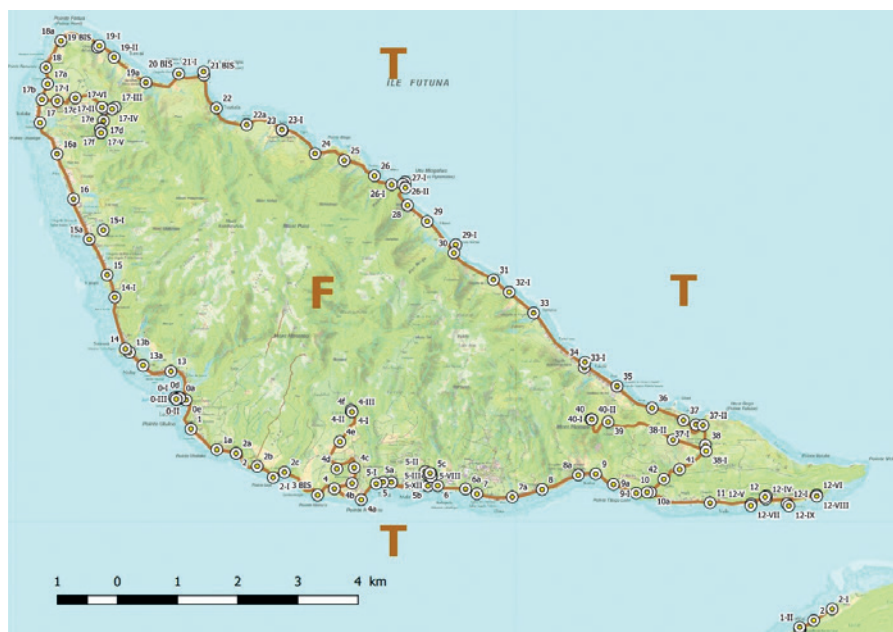


Figure 4. Futuna : réseau de nivellement 2022 et 135 repères.

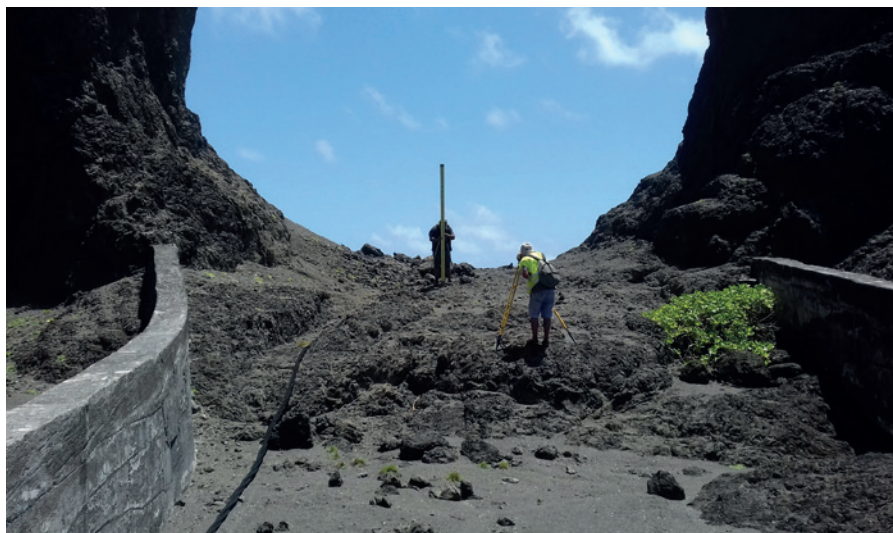


Photo 3. Futuna : passage de la pointe des Pyramides.



Photo 4. Futuna : côte nord-est (avec le village de Poi).

En tout, 135 repères sont nivelés (dont 23 existants), soit 60 km de nivellement et une dénivellée totale de 1 800 m.

La fermeture de la boucle est égale à 29 mm. Trois repères anciens servent à la stabilité et la différence moyenne d'altitudes entre 1996 et 2022 est de 15 mm. L'île semble avoir basculé dans la direction est-ouest d'environ 4 cm en 30 ans ce qui n'a rien d'étonnant vu la proximité de l'île avec la limite de la plaque tectonique.

Une extension du système altimétrique de Futuna jusqu'à l'île d'Alofi fut établie avec un tachéomètre Trimble S6 à Futuna et un théodolite T2 Wild à Alofi par des mesures zénithales réciproques simultanées. Pour garantir le succès de l'opération, 29 mesures furent

effectuées, dont 13 en fin de matinée et les autres dans l'après-midi. La distance a pu être mesurée sur un seul prisme Leica GPH1P.

Six repères ont été nivelés au marégraphe de Léava ainsi que l'ARP (*Antenna Reference Point*) de l'antenne de la station permanente.

La géodésie en 2022

■ Wallis

41 points géodésiques sont observés en 2022 dont 19 points en bon état de 1996, avec des récepteurs GNSS Trimble R9S et des antennes Leica AT504.

Une station permanente SHOM existe au marégraphe de Mata-Utu et une station semi-permanente a été installée pour la mission.

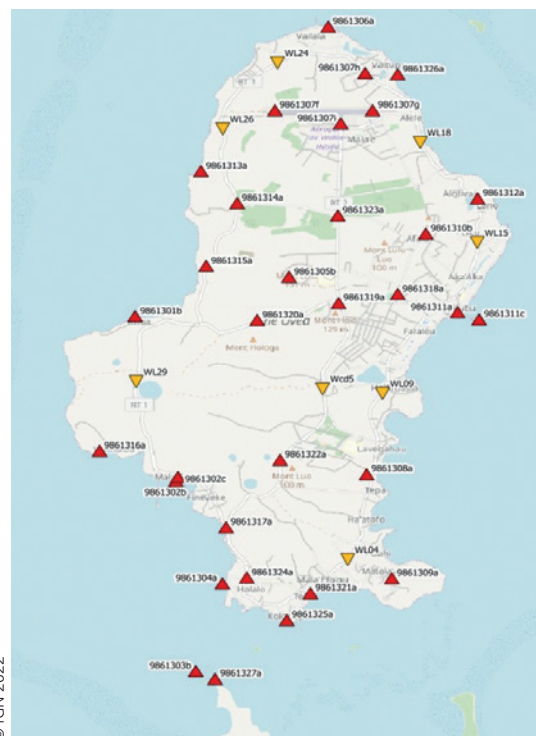


Figure 5. Wallis : les 41 stations GNSS : 32 points géodésiques observés en 2022 en rouge et 9 stations nivelées et mesurées en GNSS sans matérialisation en jaune.



Photo 5. Antenne Leica AT504 équipée d'un cylindre à code-barre.



Photo 6. Nivellement d'un point géodésique.



Figure 6. Futuna, les 38 stations GNSS : 31 points géodésiques observés en 2022 en rouge et 7 stations nivelées et mesurées en GNSS sans matérialisation en jaune.

La méthode d'observation est celle de la statique géodésique avec des sessions de plusieurs heures à trois récepteurs : les récepteurs sont en observation pendant que les opérateurs observent le nivellement.

Tous les points géodésiques ont été rattachés au réseau de nivellement et 9 stations GNSS nivelées ont été utilisées pour la détermination de la grille de conversion de hauteurs altimétriques.

Futuna

31 points géodésiques, dont 9 points de 1996, sont observés en 2022. Deux stations permanentes sont installées sur Futuna, une station SHOM au marégraphe de Leava et une station du réseau REGINA (voir encadré) qui est aussi une station IGS.

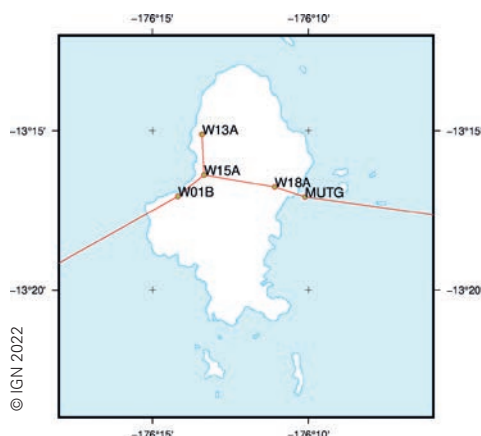


Figure 7. Lignes de bases calculées pour une session (IGN 2023).

Malheureusement, l'antenne au marégraphe a donné des observations de mauvaise qualité à cause de containers à proximité.

Les points géodésiques ont été nivelés et sept stations non matérialisées ont été observées en GNSS et nivellement de précision.

Calculs de la géodésie

Le réseau est calculé d'un bloc mêlant les stations permanentes, semi-permanentes et les observations des points géodésiques par session journalière avec une stratégie shortest+QIF du logiciel Bernese 5.2.

Le calcul est effectué dans le système IGS14/ITRF2014 à l'époque des observations à l'aide de 10 stations de l'IGS. Puis, pour chaque île, une transformation d'Helmert à sept paramètres sur les points anciens permet de calculer les coordonnées de tous les points dans le système RGWF96.

Gravimétrie

L'IGN a, dans le cadre du décret n° 2011-1037 du 27 octobre 2011 pour mission de "concevoir et de constituer une infrastructure géodésique cohérente avec les systèmes internationaux, et d'assurer la gestion du système national géographique, gravimétrique et altimétrique."

Après avoir réalisé, entre 2000 et 2012, une première version du réseau de référence gravimétrique en métropole, qui est complétée d'année en année ; des mesures ont été effectuées en Guadeloupe en 2013, en Martinique en 2014, en Guyane en 2015, à la Réunion et à Mayotte en 2016, à Saint-Pierre-et-Miquelon en 2018, à Saint-Martin et Saint-Barthélemy en 2019 afin d'établir les réseaux de référence gravimétriques respectifs de ces territoires. Certains des travaux réalisés lors de la mission de 2022 ont permis d'établir les réseaux de référence pour Wallis et pour Futuna.

La pesanteur absolue a été mesurée avec un gravimètre Micro-g LaCoste A10 et les mesures relatives avec un gravimètre relatif Scintrex de type CG-5.

À Wallis, trois points géodésiques ont été observés en gravimétrie absolue avec un gravimètre A10 et reliés par des cheminements de gravimétrie relative avec un CG-5 en aller et retour. Des mesures de gradients ont été aussi pratiquées.

La compensation des cheminements donne un écart type de 0,003 mgal.

À Futuna, des mesures de gravimétrie absolue ont été observées sur trois points géodésiques.



Figure 8. Wallis : gravimétrie.



Figure 8. Futuna : gravimétrie.

Diffusion

Les fiches des repères de nivellement et des points géodésiques sont accessibles sur le site <https://geodesie.ign.fr/fiches> en choisissant l'île dans l'onglet territoire.

Pour chaque île, une grille de conversion altimétrique est fabriquée par adaptation d'un géoïde global aux points GNSS nivelés.

Enfin, une nouvelle version du logiciel CIRCE permettra de référencer tous travaux de topographie dans les bons systèmes de référence, y compris avec du GNSS PPP en transformant des coordonnées ITRF à l'époque des observations dans les systèmes RGWF et NGWF.

Rattachement météorologique sur le site de géodésie spatiale de Futuna

Lors de la mission géodésique, une opération particulière a eu lieu sur le site de géodésie spatiale à Futuna. L'île est en effet équipée d'une station DORIS colocalisée avec une station (*voir encadré*) GNSS appartenant au réseau REGINA. Ces deux techniques de géodésie spatiale participent à la réalisation de l'ITRF, le repère international de référence terrestre. Pour rappel, deux autres techniques sont également impliquées dans les réalisations de l'ITRF : le SLR (télémétrie laser sur satellite) et le VLBI (interférométrie à très longue base). Chacune de ces quatre techniques de géodésie spatiale fournit des coordonnées dans des référentiels qui ne sont pas confondus.

LE RÉSEAU REGINA

Le Réseau GNSS pour l'IGS et la Navigation est issu d'une collaboration entre le CNES et l'IGN (service de géodésie et métrologie) mise en place en 2012, avec pour objectifs de se doter d'une infrastructure mondiale et indépendante de stations permanentes répondant aux besoins des deux organismes et de contribuer aux activités scientifiques liées au GNSS, notamment en géodésie, au travers de l'*International GNSS Service* (IGS). Les sites sont choisis de façon à obtenir une couverture mondiale homogène et à garantir que chaque satellite GNSS soit suivi par au moins six stations REGINA à chaque instant. La colocalisation avec d'autres techniques de mesure (DORIS, VLBI, SLR) est également recherchée afin de participer à la réalisation du système de référence terrestre international (ITRS).

Stations du réseau REGINA



L'infrastructure du réseau est constituée à ce jour de 39 stations GNSS, toutes équipées de récepteurs de dernière génération capables d'acquies les signaux en provenance de tous les systèmes de navigation (en particulier GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU et les différents systèmes d'augmentation). Les évolutions récentes et en cours sur le plan matériel permettent l'acquisition des nouvelles fréquences GNSS, en particulier les signaux Galileo E6. Grâce à la qualité des installations et à la bonne collaboration avec les organismes hôtes, le taux de disponibilité globale sur l'année 2022 est supérieur à 99 % tant pour les flux de données en temps réel que pour les fichiers d'observations en temps différé au format RINEX.

Le CNES et l'IGN étudient la possibilité d'étendre le réseau : des sites au Mexique, en Inde et sur l'île de Pâques (Chili) sont envisagés, et une station va être installée à l'été 2023 sur l'île de Gavdos en Grèce, conjointement à une station DORIS sur un site de l'ESA utilisé pour la calibration des satellites d'altimétrie radar.

Pour en savoir plus : <https://regina.cnes.fr/fr#>



Photo 7. Futuna : Station permanente REGINA et balise Doris.

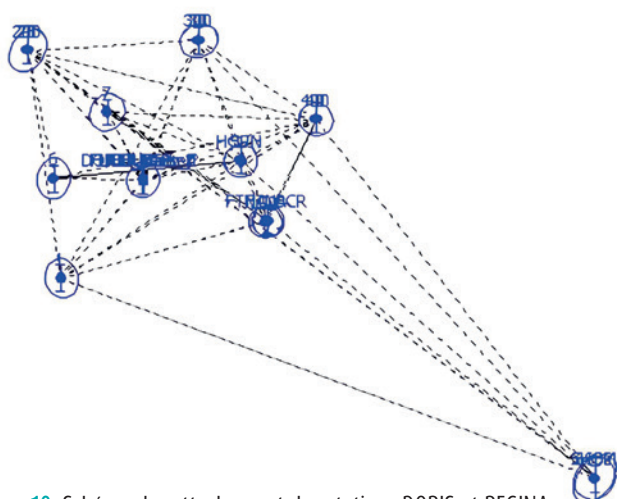


Figure 10. Schéma du rattachement des stations DORIS et REGINA.



L'objectif est donc de combiner tous ces référentiels pour en construire un seul homogène, celui de l'ITRF. Et cette combinaison passe par le rattachement entre ces techniques. C'est cette opération spéciale qui a eu lieu au lieu-dit du Maopopo, sur le site de Météo-France qui abrite donc une antenne DORIS et une antenne GNSS. Concrètement, il s'agit de déterminer la position relative des points de référence de chaque antenne entre-elles. Cette détermination est opérée par un rattachement topométrique de précision.

Autour de ces deux antennes, plusieurs trépieds ont été déployés pour former une figure de triangulation à la géométrie robuste. Un tachéomètre de précision mesure des angles et des distances depuis ces trépieds et les antennes où la position des points de référence est obtenue par intersection. Des mesures de nivellement direct sont également ajoutées. La surabondance des observations est ensuite

traitée et compensée par la méthode des moindres carrés.

Les résultats de précision millimétrique seront alors utilisés pour la prochaine réalisation de l'ITRF.

En parallèle de sa mission de service public, l'IGN contribue également aux activités géodésiques mondiales.

Conclusion

Voilà maintenant ce petit territoire français de l'autre bout du monde bien équipé géodésiquement parlant. Ceci devrait faciliter les travaux ultérieurs comme la reconstruction de la route ou une cartographie à jour. La présence de métropolitains venus faire des travaux a été bien appréciée par les autorités autochtones dont le soutien a été important ainsi que la population, qui a été très accueillante pour les opérateurs.

Les travaux géodésiques ont été présentés le 22 août 2022 aux rois et ministres des deux royaumes. ●

Contacts

Frédéric LHERMITTE, géomètre au service de géodésie et de métrologie de l'IGN, Frederic.Lhermitte@ign.fr

Renaud DEGOY, géomètre au service de géodésie et de métrologie de l'IGN, Renaud.Degoy@ign.fr

Thomas DONAL, ingénieur au service de géodésie et de métrologie de l'IGN, Thomas.Donal@ign.fr

Référence

Frédéric Lhermitte, Renaud Degoy [2023] *Géodésie, nivellement, gravimétrie pour la détermination d'une grille de conversion altimétrique à Wallis et Futuna 2022*, IGN/SGM 600828660-01

ABSTRACT

The geodesy and metrology department of French Geographical Institute (IGN) was entrusted with a mission in Wallis and Futuna, the objectives of which were to extend the geodetic and levelling networks, to create a gravimetric network, to draw up a conversion grid between ellipsoidal height and altitude, to link the tide gauges to the levelling network as part of SONEL project, to replace the Doris antenna and to make the topometric link with the REGINA station (FTNA). This project, object of this paper, was carried out over three months in 2022.



Photo 8. Vue du rattachement.

État des lieux des réseaux géodésiques et implémentation de l'ITRF en Afrique, historique, enjeux et perspectives

Fabrice IRIE - Amandine NJEUGEUT - Ithri AIT HOU - Marie Brigitte MAKUATE - Augustin BAMOUNI

Thierno DIALLO - Joseph AHOULOU - Dr. Labaly TOURÉ

En Afrique, la mise en place et l'implémentation des réseaux géodésiques, ainsi que l'adoption du repère international de référence terrestre (ITRF), revêtent une importance particulière pour diverses applications telles que la cartographie précise, la gestion des ressources naturelles, la planification urbaine, la navigation et bien d'autres.

L'état des réseaux géodésiques en Afrique varie considérablement d'un pays à l'autre. Certains pays disposent de réseaux géodésiques modernes et bien établis, tandis que d'autres font face à des lacunes en matière d'infrastructures et de données.

C'est dans cette optique que le Réseau professionnel des Africains de la géomatique (RPAG) a co-organisé avec le comité d'experts des Nations unies sur la gestion mondiale de l'information géospatiale (UN-GGIM), le 29 juillet 2023, un webinaire sous l'intitulé de "État des lieux des réseaux géodésiques et implémentation de l'ITRF en Afrique : historique, enjeux et perspectives". Le Geo-talk a pour ambition, d'une part, de mettre en lumière les progrès accomplis au niveau continental. Cela est le cas de la mise en place du cadre de référence géodésique africain AFREF. Il permet de soulever les obstacles restants sur les réseaux géodésiques et l'implémentation de l'ITRF dans les pays africains à travers plusieurs pays tels que le Nigéria, le Burkina Faso, l'Ouganda, la Côte d'Ivoire et le Ghana.

MOTS-CLÉS

Afrique, réseaux, stations permanentes, ITRF, AFREF, Nigéria, Burkina Faso, Ouganda, Côte d'Ivoire, Ghana

inhérentes entraînant une distorsion importante dans le réseau ; certains de ces problèmes comprennent (Uzodinma, 2005) :

- une imprécision du facteur d'échelle par compression de l'ellipsoïde Clarke 1880, provoquant ainsi des défauts dans les distances mesurées ;
- une mauvaise définition de l'origine du réseau nigérian ;
- une absence de modèle de hauteur géoïdale ;
- des difficultés dans la détermination des paramètres de transformation.

La réalisation du *Nigerian Geocentric Datum* (NGD2012) vise un *datum* géocentrique tridimensionnel de haute précision. Ce *datum* sera dynamiquement maintenu, afin de mettre en œuvre le nouveau réseau géodésique fiduciaire du Nigéria. Il servira de *datum* géométrique et de *datum* physique, ce qui renforcera les capacités et les services de la topographie et de la cartographie pour le développement économique et la recherche scientifique.

Réalisé par l'*Office of the Surveyor-General of the Federation* (OSGOF) et le projet géocentrique, les objectifs du projet sont les suivants :

Le Nigéria

Au Nigéria, le système de référence géodésique ou système de coordonnées régionales (locales) est le *datum* de Minna basé sur l'ellipsoïde de Clarke 1880 modifié, utilisé officiellement (figure 1). Ces *datums* sont définies en utilisant deux paramètres, à savoir, le demi-grand axe (a) et l'aplatissement (f). L'observation du système de référence géodésique du Nigéria a été réalisée entre la fin des années 1940 et le début des années 1960 (Arinola, 2006) ; l'ellipsoïde de référence est le Clarke 1880 avec le centre et l'origine ne coïncidant pas avec le centre de masse de la Terre ; au lieu de cela, l'origine est l'une des stations situées approximativement au centre du réseau de triangulation associé

(Onyeka, 2006) ; les points de contrôle ont été établis à l'aide de méthodes traditionnelles de levés ; le *datum* de Minna utilisé dans l'élaboration du réseau de triangulation primaire du Nigéria présente plusieurs déficiences

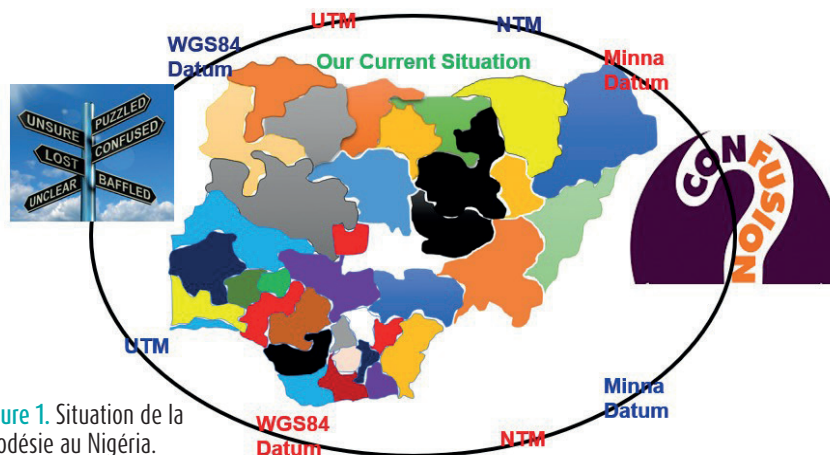


Figure 1. Situation de la géodésie au Nigéria.

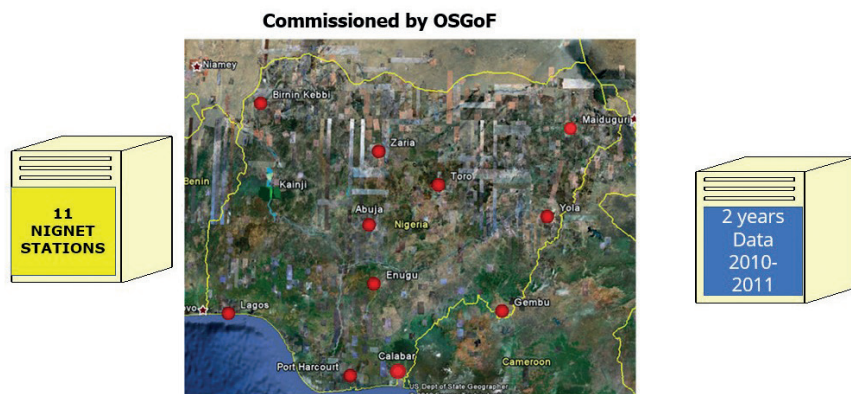


Figure 2. Le projet NIGNET.

- établir un réseau national de stations permanentes GNSS ou *Nigeria Permanent GNSS Reference Network NIGNET* (figure 2) et le coordonner avec le *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF) ;
- établir un réseau de contrôle géodésique GNSS National ou *National GNSS Geodetic Control Network* (NGGCN) et coordonner avec l'ITRF en référence au réseau national ;
- effectuer des transformations entre les *datums* ;
- mettre à jour le réseau national de contrôle vertical.

Le *Datum géocentrique nigérian* NGD2012 répond à la vision du système de référence africain ou *African Geodetic Reference Frame* (AFREF). Avec une précision de 10 mm définie dans l'ITRF2008, il constitue l'épine dorsale

de toutes les activités de topographie et de cartographie. Des coordonnées de haute qualité des stations NIGNET ont été obtenues. Le réseau géodésique d'ordre zéro est désormais défini sur le cadre de référence ITRF2008, avec des coordonnées finales dans l'ITRF2008 à l'époque du 1^{er} janvier 2012.

Le réseau de référence de stations permanentes (CORS) au Nigéria (figure 3) est en constante évolution, passant de deux stations en 2008 à seize en 2023. Le passage du réseau NIGNET de l'ITRF2008 à l'ITR2020 est l'occasion de faire une nouvelle réalisation par retraitement des observations. Initialement composé de onze stations CORS NIGNET en 2012 dans l'ITRF2008, le réseau s'est élargi avec le temps (figure 4). En effet, le gouvernement (représenté par OSGoF) compte désor-

mais plus de seize stations, tandis que les organismes d'État et les géomètres privés contribuent chacun avec plus de dix stations, totalisant ainsi plus de 26 stations permanentes. Dans le cadre de l'ITRF2020, un réseau de 60 stations GNSS passives joue un rôle essentiel en tant que réseau de contrôle géodésique primaire, renforçant ainsi la précision et la qualité des données géodésiques. Le nouveau *datum* géocentrique (NGD2022/NIGREF22) basé sur l'ITRF2020 marque une avancée significative. Le passage du réseau NIGNET de l'ITRF2008 à l'ITR2020 a nécessité une justification pour une nouvelle réalisation en 2023. La modélisation des mouvements non linéaires des stations a été entreprise, combinant les séries chronologiques de quatre techniques. Des liaisons locales ont été ajoutées et les vitesses des stations ainsi que les signaux saisonniers ont été égalisés aux sites de colocalisation. Les termes annuels et semi-annuels ont été estimés pour les stations des quatre techniques avec des périodes de temps adéquates. Des modèles de déformation post-sismique (PSD) ont été déterminés pour les stations exposées à des séismes majeurs, puis appliqués aux séries chronologiques des trois autres techniques aux sites de colocalisation. L'ITRF2008 comprend 934 stations sur 580 sites, tandis que l'ITRF2020 inclut les positions et vitesses de 1 344 stations

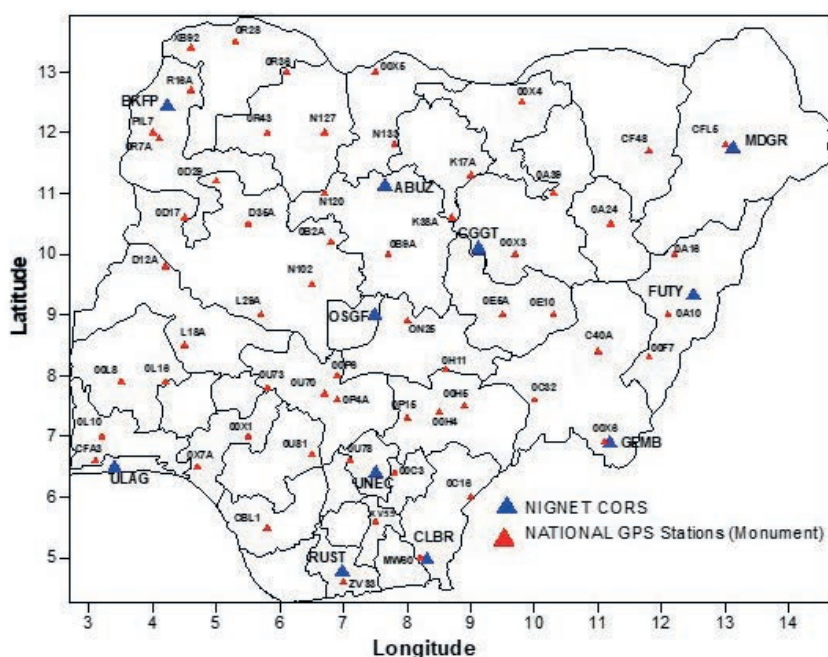


Figure 3. Le réseau de référence de stations permanentes (CORS) au Nigéria.

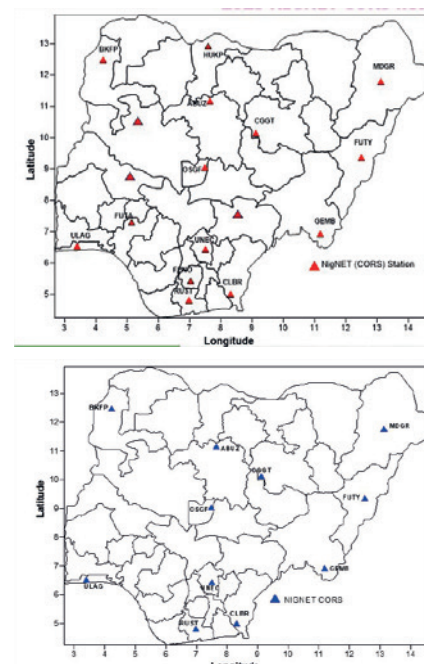


Figure 4. Le NIGNET de 2012 à 2023.

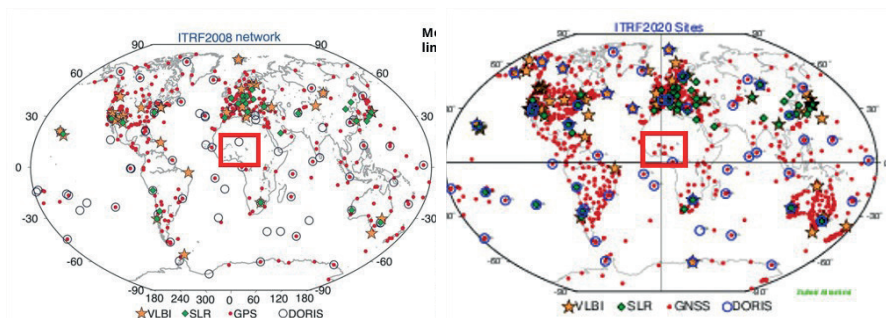


Figure 5. L'ITRF de 2008 à 2020.

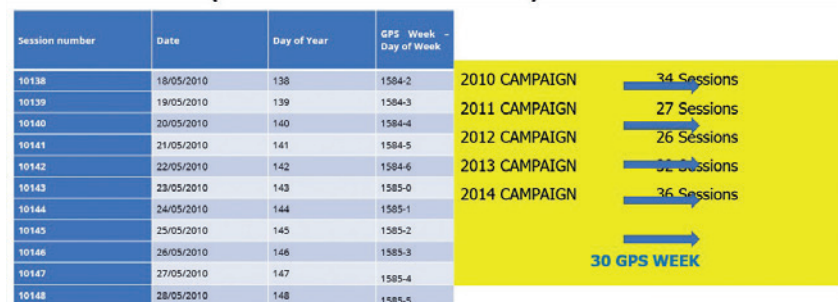


Figure 6. Les cinq campagnes de mesure NGD2023 / NIGREF.

sur 1 100 sites GNSS/IGS et 93 sites de colocalisation. Cette transition améliore la précision et la qualité des données géodésiques.

Pendant quatre ans (2010-2014), des données GPS provenant de 14 stations CORS NIGNET ont été obtenues auprès de l'OSGoF et ont été vérifiées pour leur disponibilité. De même, deux mois (janvier 2011 et février 2011) de données de campagne observées sur les 60 stations de contrôle GNSS primaires passives ont été fournies par l'OSGoF. Les données ont été regroupées par année et campagne (CAMP2010, CAMP2011, CAMP2012, CAMP2013 et CAMP2014), voir figure 6. Les fichiers RINEX ont été vérifiés pour chaque station dans chaque campagne et répertoriés selon la semaine GPS. 41 sites IGS ont été téléchargés à partir du site web IGS pour les mêmes périodes. Un total de 143 jours représentant 30 semaines GPS de données couvrant les cinq années ont été vérifiés et ont passé le contrôle qualité (TEQC). Dans l'ensemble, une quantité suffisante de données d'observations provenant des stations NIGNET et de la plupart des stations IGS a été utilisée pour déterminer le GDN23/NIGREF. La qualité des solutions journalières NGD2023/NIGREF et de la solution globale est évaluée.

La combinaison des solutions NGD2023/ NIGREF en ITRF2020 est réalisée grâce à une technique d'empilement d'équations normales. Les caractéristiques de la solution finale NGD2023/ NIGREF incluent son alignement avec ITRF2020 sans déformation, une précision moyenne d'environ 5-6 mm dans les composantes horizontales et 11 mm dans la composante verticale pour le réseau NIGNET et une précision interne encore plus élevée pour le réseau NIGNET CORS. Les principales caractéristiques sont les suivantes :

- c'est une solution de réseau libre non déformé ;
- elle est alignée sur ITRF2020 à l'époque des observations, au moyen d'une transformation de similarité à trois paramètres ;



Figure 7. Stations GNSS du réseau BF-CORS.

- la précision moyenne au sein d'ITRF2020 à l'époque des observations pour le réseau est estimée à 5 mm dans la direction Nord, 6,3 mm dans la direction Est et environ 12 mm dans la direction verticale (Haut) ;
- le réseau NIGNET présente une précision légèrement meilleure d'environ 5 à 6 mm dans les deux composantes horizontales et d'environ 11 mm dans la composante verticale ;
- la précision interne du réseau NIGNET CORS est de 2 à 3 mm dans les composantes horizontales et d'environ 5 mm dans la composante verticale.

En somme, le nouveau système de référence géodésique du Nigéria marque une avancée significative dans la précision et la fiabilité des données géodésiques, offrant ainsi des avantages importants pour la topographie, la cartographie et la recherche scientifique dans le pays.

Burkina Faso

À travers les époques, plusieurs systèmes planimétriques et altimétriques ont cohabité au Burkina Faso. Les systèmes planimétriques existants au Burkina sont :

- le système géodésique Adindan avec pour point fondamental le point 58 du cheminement du 12^e parallèle (Dallo Maouri en République du Niger). Il est basé sur l'ellipsoïde Clarke 1880 et sa projection Mercator Transverse Universel (UTM 30 et 31) ; il n'existe pas de réseau et comprend 2 350 bornes astronomiques mises en place au niveau de l'AOF ; ces bornes ont ensuite été complétées par des bornes du cheminement du 12^e parallèle ;

Figure 8. Réseau de nivellement du Burkina Faso.



Carte de la réhabilitation et de la densification du NGA01958 par l'IGB

- les systèmes Doppler dont le système de référence est le WGS72BE avec une projection UTM (30 ou 31) ; quatre bornes ont été matérialisées sur les limites de la frontière du Burkina ;
- le système géodésique WGS84 qui a pour ellipsoïde le GRS80 avec une projection UTM (30 ou 31) ; le réseau de premier ordre comprend 55 bornes avec une précision de 2 cm en planimétrie et 3 cm en altimétrie ; le réseau de second ordre est constitué de 704 bornes ;
- le système ITRF 2008 qui a pour ellipsoïde le GRS80 avec sa projection Burkina Faso Transverse Mercator (BFTM). Il a une précision de 5-6 mm en horizontal et 11 mm en vertical ; 13 stations ont été mises en place dans ce système (figure 7) ;
- les canevas de détails locaux constitués de lotissements de grande envergure sous la période révolutionnaire.

Le système altimétrique national du Burkina Faso est basé sur le nivellement général de l'Afrique de l'Ouest NGAO qui a pour point fondamental le puits du marégraphe de Dakar. Il couvre 85 % du territoire avec une précision de 2 mm/km (figure 8). L'hétérogénéité de ces réseaux à l'échelle du Burkina Faso a contraint l'État à prendre des dispositions légales pour fixer un cadre d'harmonisation. En effet, deux groupes de textes ont encadré la conception et la réalisation des divers systèmes géodésiques :

- les textes français de 1943-1945 ; ils ont été utilisés dans le système géodésiques Adindan, Doppler, WGS84 et ITRF 2005 ;

- les nouveaux textes de 2012 qui encadrent le nouveau référentiel géodésique national ITRF08, projection BFTM définie en mai 2012.

Pour le maintien de la cohérence des réseaux géodésiques à l'échelle du Burkina, plusieurs défis sont à résoudre :

- la diversité des systèmes géodésiques ;
- la production de données dans les repères locaux sans définition mathématiques appropriée ;
- le manque de fonds ou de financement pour la prise en charge des travaux relatifs à la transformation des données dans le référentiel normalisé ;
- la prise en compte des données ponctuelles et des données de forme ;
- la non-maîtrise des référentiels géodésiques par la plupart des utilisateurs ;
- la gestion des réseaux modernes, entretien et développement.

Des perspectives de résolution sont en cours. Deux groupes de paramètres de transformation sont déjà déterminés et de précision suffisante pour des productions cartographiques à petites et moyennes échelles : système Adindan vers ITRF 2008 et *vice versa*, le système Adindan et WGS84 et *vice versa*.

Pour les travaux de niveau topographique, la diversité des canevas exige une approche locale donc nécessitant un financement important pour sa réalisation et son traitement.

Ouganda

Historiquement, le réseau de référence géodésique de l'Ouganda était initialement composé de deux réseaux

distincts : le réseau horizontal et le réseau vertical.

Le réseau géodésique horizontal, achevé au début des années 1970 (figure 9), a établi le système national de référence horizontale et comprenait environ 130 points de contrôle primaires, 650 points de contrôle secondaires et 950 points de contrôle tertiaires. Cela fait un total de 1 730 points du réseau géodésique horizontal. Ce réseau horizontal a été pratiquement détruit pendant la période de troubles politiques des années 1970-1980 et ne pouvait plus servir au développement du pays. On estime à 60 le nombre de points encore existants.

Le réseau vertical de référence, quant à lui, était basé sur un nivellement précis. Il a été établi au cours de la période 1930-1960. Il est basé sur le système de référence verticale de Khartoum et a conservé quelques points de référence sur le terrain, mais le réseau ne peut plus être utilisé. Ce déficit de réseau a conduit à la mise en place d'un nouveau réseau géodésique unifié et moderne.

Le réseau géodésique moderne de l'Ouganda est basé sur des services web et des services non-web. Il est composé de points de contrôle géodésiques passifs, de stations de contrôle géodésiques actives et du modèle du géoïde.

En raison de l'ampleur de cette mission, la mise en œuvre de ce réseau moderne s'est effectuée par étapes : phase pilote, phase 1 et ensuite phase 2.

Au cours de la phase pilote, plusieurs activités de densification du réseau ont été effectuées. En effet, neuf points d'ordre zéro et cinq points auxiliaires conformes au système de référence géodésique mondial précis ont été établis. Ils ont été positionnés géométriquement et sont en bon état. Ces points ont été établis dans l'ITRF 2005 Epoch 2010.0 projection UTM Zone 36N/S avec une date d'entrée en vigueur en 2009.

Au cours de la phase 1, les activités de densification se sont accentuées : neuf points d'ordre zéro ont été observés en 2018, douze stations actives (CORS) d'ordre zéro ont été établies dans l'ITRF 2005 projection UTM 36N/S avec pour une date d'entrée en vigueur en 2019. 197 points de premier ordre et 229 points passifs ont été établis dans l'ITRF 2005 Epoch 2010.0 projection UTM

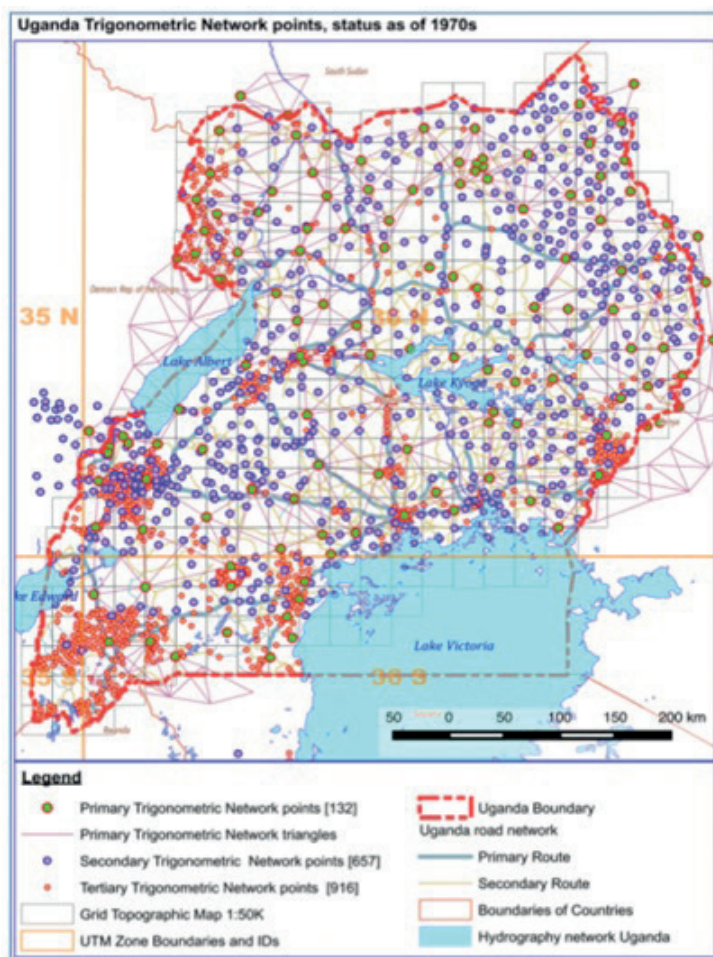


Figure 9. Réseau trigonométrique de l'Ouganda en 1970.

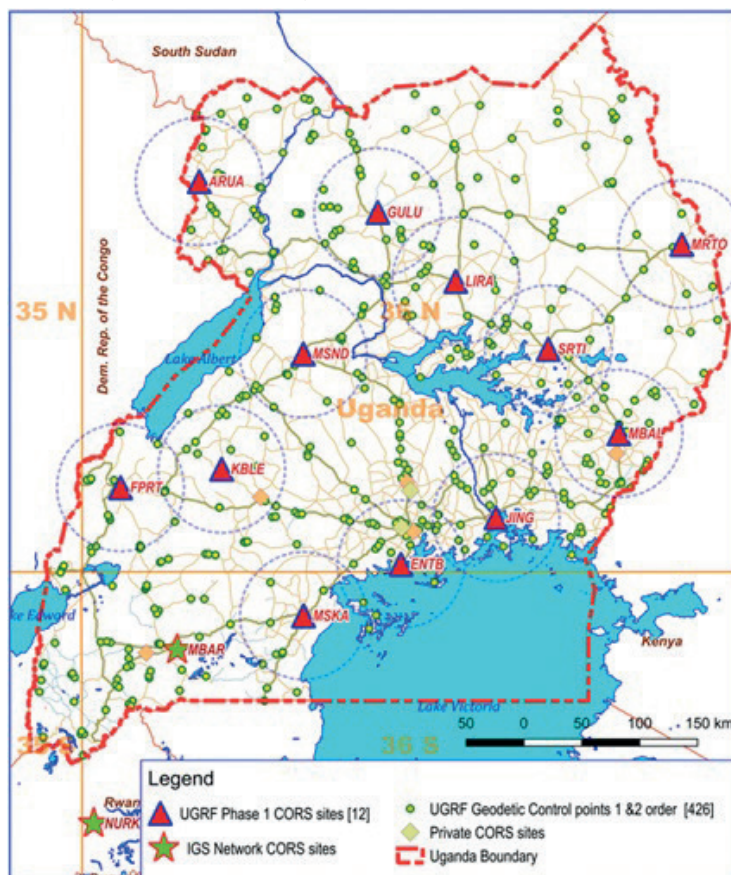


Figure 10. Stations GNSS permanentes de l'Ouganda.

Zone 36 N/S avec une date d'entrée en vigueur en 2019.

La composante passive du réseau est constituée de points de contrôle géodésiques permanents répartis sur l'ensemble du territoire afin de fournir une référence géodésique précise qui se confond uniformément avec les stations actives. Des stations de référence permanentes actives (CORS) ont été construites pour atteindre la meilleure précision possible avec la technologie GNSS moderne (figure 10). Elles fournissent des services cinématiques en temps réel (RTK) et des services de positionnement par post-traitement (PPPS). L'Ouganda dispose à ce jour de 12 stations gérées par le gouvernement et d'environ 60 stations CORS privées dans le pays. Dans la phase 3 à venir, le pays a prévu d'augmenter le nombre de stations CORS publiques pour atteindre 40 et d'inclure environ 60 CORS privées supplémentaires. L'Ouganda a aussi prévu de densifier les points passifs. Le modèle du géoïde de l'Ouganda fait partie intégrante du cadre de référence géodésique de l'Ouganda, qui comprend le réseau géodésique horizontal (les stations CORS, les points de contrôle géodésiques d'ordre zéro, d'ordre 1 et d'ordre 2) et la référence verticale (la hauteur du géoïde). Il est basé sur un levé aéroporté (gravimétrie) réalisé en 2020 et est lié au référentiel altimétrique de Khartoum par sept points de nivellement GPS. Ces points ont une précision de 2 cm RMS, ce qui en fait de loin le meilleur modèle du géoïde d'Ouganda avec une précision verticale de 10 à 50 cm. Le modèle de géoïde a été établi avec le soutien de l'Institut national de l'espace, Université technique du Danemark (DTU).

Les challenges et les perspectives du réseau géodésique de l'Ouganda portent sur divers points :

- la phase d'établissement et la gestion d'un nouveau cadre de référence géodésique moderne unifié avec l'agenda mondial, est terminée ;
- le lien entre les données géodésiques nationales et l'ITRF et l'AFREF ne fait que commencer ;
- l'intégration de toutes les stations CORS gérées par le gouvernement et les stations CORS privées dans un réseau unique ;



- l'investissement nécessaire à l'entretien des stations est énorme : coût de l'électricité par mois, coût de l'Internet par mois et des licences de logiciels, la maintenance ;
- il faut du personnel compétent et renforcer les capacités : les géomètres devraient apprendre la communication de l'information, la mise en réseau et le redémarrage des serveurs ;
- la migration de l'ancien réseau géodésique (Arc 1960) vers le nouveau (ITRF).

Côte d'Ivoire

L'évolution rapide de la technologie et l'importance croissante des données géospatiales ont engendré des transformations significatives dans le domaine de la géodésie et de l'information géographique. Dans ce contexte, Monsieur Fernand Balé, directeur du CIGN/BNETD, s'est penché sur la modernisation et la mise à jour du Réseau géodésique de la Côte d'Ivoire (RGCI), un projet phare entrepris par le Centre d'information géographique national (CIGN), un département du Bureau national d'études techniques et de développement (BNETD) qui joue un rôle crucial dans la production d'information géographique et la transformation digitale des organisations en Côte d'Ivoire. Cette initiative stratégique s'inscrit dans une dynamique plus large visant à améliorer la qualité, la précision et la disponibilité de l'information géographique, ainsi qu'à renforcer la sécurité foncière et à soutenir la transformation numérique du pays. La présentation a mis en lumière les objectifs, les étapes clés et les défis surmontés lors de la modernisation du Réseau géodésique de la Côte d'Ivoire (RGCI), ainsi que les perspectives prometteuses pour l'avenir au niveau régional et international. La modernisation du RGCI est un projet mené par le Centre d'information géographique national (CIGN). Le RGCI, établi depuis l'époque coloniale, a été maintenu et amélioré par le CIGN pour répondre aux besoins de précision géodésique et de sécurité foncière du pays.

Dès les années 60, l'Institut géographique de Côte d'Ivoire, aujourd'hui CIGN, a pris le relais et procédé à la densification et au maintien du réseau.

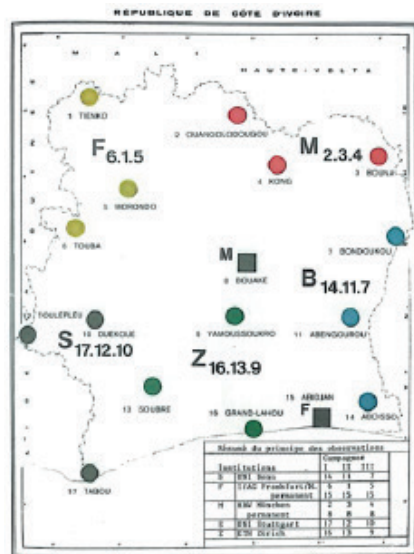


Figure 11. Réseau national, années 1980, méthode Doppler - Transit.

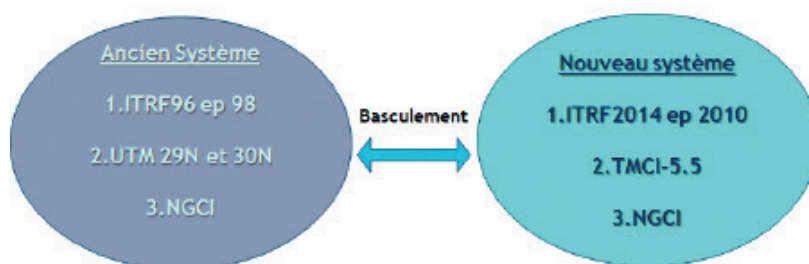
De 1961 à 1963, plusieurs triangulations et cheminements locaux ont été exécutés. Les points fixes ont été déterminés par des méthodes astronomiques. Dans les années 80, le 1^{er} réseau national a été établi par la méthode Doppler grâce à la coopération allemande. Ce 1^{er} ordre comprenait 17 points (figure 11).

De 1996 à 1999, la Côte d'Ivoire opère le choix de mettre à niveau le RGCI par la méthode du GPS. Ce projet a été réalisé par un financement public dans le cadre de la réforme fiscale, et voit la naissance du Réseau géodésique ivoirien de référence qui compte : 42 points, représentés par des piliers de béton et une station permanente (YAM1) en collaboration avec l'IGS.

L'objectif principal visé était d'assurer l'harmonisation des travaux topographiques, cartographiques, cadastraux dans un référentiel national unique et de contribuer à la sécurisation foncière. La modernisation du RGCI s'est faite en plusieurs étapes, notamment :

- le passage de l'ITRF 96 à l'ITRF 2014 (figure 12) ;
- les étapes de réhabilitation et de reconstruction des bornes géodésiques endommagées ;
- les observations GNSS, les calculs de nouvelles coordonnées ;
- et les paramètres de transformation entre les différents systèmes de référence.

Le financement du projet a été assuré par l'Agence foncière rurale (AFOR) dans le cadre du Projet d'amélioration et de mise en œuvre de la politique foncière (PAMOFOR). Par ailleurs, dans le cadre du même financement, cinq stations permanentes GNSS avec un centre de calculs ont été déployées dans les zones de PAMOFOR pour faciliter davantage les travaux de sécurisation foncière et de géoréférencement. L'extension du réseau CORS (Station permanente GNSS) à l'échelle nationale (figure 13), la contribution à l'opérationnalisation du GGRF et de l'AFREF (référentiel géodésique africain), ainsi que le renforcement de l'équipe de géodésiens pour accompagner les utilisateurs dans leurs besoins en information géographique et foncière sont autant de défis surmontés,



ITRF96 époque 98.2 vers ITRF2014 époque 2010

Désignation	Tx	Ty	Tz	D	R1	R2	R3
unités	m	m	m	ppb	Seconde (")	Seconde (")	Seconde (")
valeur	0.0075	-0.0113	-0.0507	7.662	-0.000493	0.009547	-0.008338

ITRF2014 époque 2010 vers ITRF96 époque 98.2

Désignation	Tx	Ty	Tz	D	R1	R2	R3
unités	m	m	m	ppb	Seconde (")	Seconde (")	Seconde (")
valeur	-0.0075	0.0113	0.0507	-7.662	0.000493	-0.009547	0.008338

Figure 12. Passage de ITRF96 à ITRF2014.

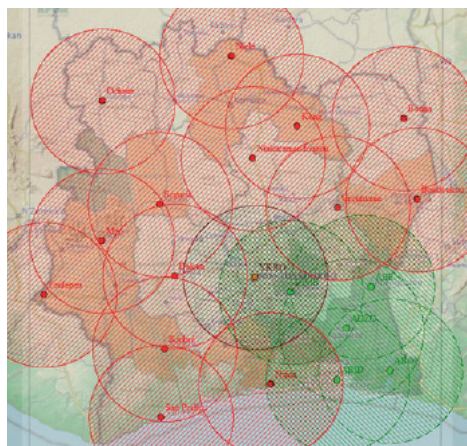


Figure 13. Réseau de stations GNSS permanentes en Côte d'Ivoire.

d'accomplissements et de perspectives pour l'avenir. En résumé, l'intervention de Fernand Bale lors du Geo-talk a permis de montrer un aperçu approfondi du processus de modernisation du RGCI, soulignant l'importance de l'information géographique de haute qualité dans la réalisation des objectifs nationaux et régionaux. En examinant les défis relevés, les solutions mises en œuvre et les opportunités futures, nous espérons contribuer à la compréhension et à la promotion des efforts déployés pour renforcer l'infrastructure géospatiale de la Côte d'Ivoire et promouvoir le développement durable dans l'ensemble de la région.

Ghana

L'adoption de l'ITRF au Ghana reflète la reconnaissance croissante de l'importance de disposer de données géodésiques précises et compatibles à l'échelle mondiale. Malgré les défis, le Ghana progresse dans la modernisation de ses systèmes de référence géodésique, contribuant ainsi à l'amélioration de la cartographie, de la navigation et de diverses applications géospatiales tant au niveau national qu'international. Monsieur Stephen Djaba, représentant du groupe GEO-TECH, nous a présenté l'actualité du réseau géodésique au Ghana en tant qu'acteur du domaine privé ayant fortement contribué à la mise en place du réseau national CORS en partenariat avec l'entreprise israélienne GMX Systems LTD. Les stations GNSS permanentes (GNSS CORS) ont pris le pas au Ghana au début des années 2000, suite à la réunion de l'AFREF en Afrique du Sud soulignant le besoin croissant de développer un système de

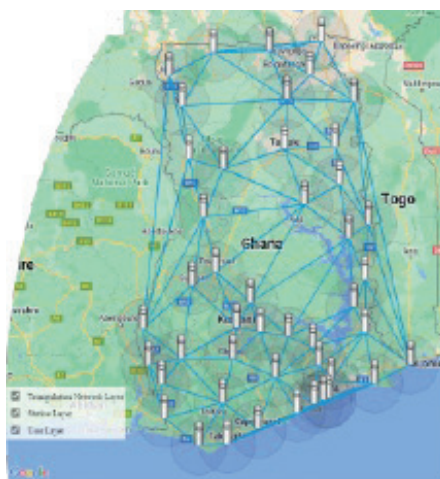


Figure 14. Stations permanentes au Ghana, vue partielle.

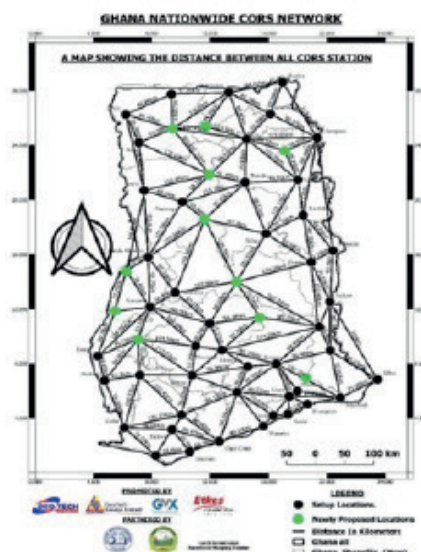


Figure 15. Stations permanentes au Ghana, vue complète.

référence commun pour l'acquisition de données géospatiales compatibles avec les normes internationales.

Ainsi, le Ghana compte aujourd'hui au moins 85 stations permanentes, dont 52 stations sont gérées par le groupement GEO-TECH-GMX avec 93 % de couverture nationale et un rayon de 50 à 70 km pour chaque station. Parmi les stations permanentes au Ghana, nous citons :

- Golden Star Bogoso – Prestea ;
- Goldfields Ghana LTD – Damang ;
- Université des Mines – Tarkwa ;
- Système Geo-Tech, Accra ;
- Institut ghanéen des sciences et technologies spatiales (énergie atomique) – Accra ;
- Commission foncière – Accra & Ho ;
- Association des géomètres agréés du Ghana (LiSAG) - huit stations ;
- Trois stations installées par Leica (PSDA) ;

- Stations installées par les groupes chinois, STONEX, Sud, etc. ;
- Stations installées par Trimble. La mise en place de ce système de stations permanentes (figures 14 et 15) a permis d'assurer une observation géodésique nationale continue, de réduire le coût des levés topographiques et les délais d'enregistrement foncier ainsi qu'améliorer la politique intergouvernementale de partage des données.

UN-GGIM et AFREF

AFREF (*AFRICan REference Frame*) est une initiative des Nations unies pour l'Afrique qui fixe un repère de référence africain. Il se présente sous forme de projet scientifique utilisant le positionnement moderne par satellite pour :

- définir un repère de référence géodésique uniforme pour l'Afrique, qui constitue la base des repères de référence tridimensionnels nationaux conformes au repère de référence terrestre international (ITRF) ;
- établir un réseau de stations de base GNSS pour la cartographie et la détermination de la position dans toute l'Afrique ;
- soutenir la recherche scientifique dans le domaine du positionnement par satellite.

Les objectifs de l'AFREF sont à plusieurs niveaux :

- déterminer un système de référence continental pour l'Afrique qui soit cohérent et homogène avec le repère de référence mondial de l'ITRF et qui serve de base aux réseaux nationaux de référence tridimensionnelle ;
- réaliser un référentiel vertical unifié et soutenir les efforts visant à établir un géoïde africain précis ;
- mettre en place des stations de base GNSS permanentes et continues à une distance telle que les utilisateurs se trouvent à moins de 1 000 km d'une station de base et que les données sont librement accessibles à toutes les nations ;
- déterminer la relation entre les repères de référence nationaux existants et l'ITRF afin de préserver les informations patrimoniales basées sur les repères existants ;
- fournir un environnement de développement durable pour le transfert



de technologie afin que ces activités améliorent les réseaux nationaux et d'autres applications ;

- contribuer à l'établissement d'une expertise nationale pour la mise en œuvre, l'exploitation, le traitement et l'analyse des techniques géodésiques modernes, principalement le GNSS.

L'AFREF a plusieurs caractéristiques :

- réseau de stations de base GPS/GNSS permanentes ;
 - couvrant l'ensemble du continent ;
 - au moins une dans chaque pays ;
 - à terme, partout en Afrique à moins de 1 000 km d'une station de base ;
- repère de référence géodésique uniforme ;
 - cohérent avec le repère de référence terrestre international (ITRF) ;
 - base pour les réseaux nationaux de référence tridimensionnelle

L'AFREF peut être applicable à des domaines divers et variés et les statuts des réceptions sont présentés en figure 16.

Le réseau AFREF est constitué de plus de 116 stations de base GNSS en Afrique. Au total, 43 stations diffusent actuellement des données qui peuvent être utilisées pour le calcul des solutions de position et l'analyse :

- donation Trimble de 5 stations déjà installées ;
- donation de Trimble de 10 stations à déployer ;
- donation de 75 stations par Ordnance Survey.

Les défis futurs de l'AFREF sont :

L'infrastructure du réseau

- évaluer l'état des stations existantes et des projets en cours avec les partenaires (IGN France et autres) ;
- déterminer les lacunes et l'emplacement optimal des stations GNSS promises par Ordnance Survey et Trimble.

Calcul

- adopter les bonnes méthodologies pour le calcul futur des paramètres de transformation ;
- élaborer une politique en matière de données qui permettra aux personnes de fournir des données à l'aide d'un serveur ftp et de créer un miroir des données afin d'obtenir une vue d'ensemble de toutes les stations ;
- discuter de la question de la hauteur verticale pour permettre à l'AFREF



Figure 16. État de réception des données des stations permanentes GNSS.

d'affronter dans les deux prochaines années le cadre de référence vertical.

La gouvernance

- faire connaître l'AFREF aux décideurs politiques et au grand public ;
- obtenir l'approbation de principe des mécanismes et activités de coordination proposés ;
- obtenir l'implication de principe des États membres dans l'intégration de leurs CORS GNSS dans le réseau AFREF ;
- recommandations à adresser à l'AMCOST (Conseil ministériel africain sur la science et la technologie).

Conclusion

Avec le développement technique et technologique des systèmes de positionnement par satellite, de nombreux pays africains ont fait migrer leur référentiel géodésique vers le système ITRF. Les États sont donc confrontés à la double équation du changement des paramètres du système ITRF, mais aussi à celle de la transformation des données des systèmes géodésiques antérieurs de leurs pays. Chaque pays a effectué sa mue en tenant compte de la spécificité de son territoire et des réseaux existants. Le panorama des expériences de plusieurs pays africains exposés dans ce résumé montre l'état des lieux des activités entreprises, mais aussi les défis à venir. Tout cela afin d'aboutir à l'homogénéisation de l'ensemble des données. Les Nations unies, à travers le programme AFREF, visent à mettre en place une infrastructure géodésique cohérente et uniforme pour toute l'Afrique. Avec la collaboration des États membres, cette infrastructure devrait

couvrir *in fine* toute l'Afrique et faciliter les opérations sur le terrain. De tout ce qui précède, nous pouvons dire que l'Afrique est en marche, la modernisation des infrastructures géodésiques l'est aussi. ●

Contacts

Fabrice Irie : irie.fabrice@rpag.africa,
 Labaly Toure :
 labaly.toure@geomatica-services.com,
 Amandine Njeugeut :
 amandine.njeugeut@gmail.com.
 Ait Hou Ithri : aithou.ithri@gmail.com,
 Marie Makuate : mbmakuate@gmail.com,
 Augustin Bamouni :
 augustin.bamouni@yahoo.fr,
 Kouamelan Ahoulou Joseph :
 jkouamelan@cabinetkouamelan.com
 Thierno Diallo : ibrahim23tid@gmail.com

ABSTRACT

On July 29, 2023, the African Geomatics Professionals Network (RPAG) co-organized a webinar with the United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM), entitled "Geodetic networks and ITRF implementation in Africa: history, challenges and prospects". The aim of the Geo-talk is to highlight the progress made at a continental level. This is the case with the establishment of the African geodetic reference frame (AFREF). On the other hand, it raises the remaining obstacles to geodetic networks and the implementation of ITRF in African countries, through several examples such as Nigeria, Burkina Faso, Uganda, Côte d'Ivoire and Ghana.



Trimble Business Center, une réponse aux besoins du Géomètre

Les professionnels de l'aménagement du territoire utilisent régulièrement des outils digitaux pour créer et simuler les nouveaux aménagements aux standards BIM 3D, 4D ou encore 5D. Ces technologies requièrent la numérisation de l'espace pour créer un jumeau numérique de l'existant qui servira de base de travail. Ces doubles numériques sont réalisés grâce à des technologies Lidar et photogrammétriques intégrées dans des capteurs terrestres (laser scanner) ou aéroportés comme les drones notamment. Ces différentes techniques de mesure n'ont pas une précision homogène et selon les applications, la nature et la taille du site ou du bâtiment à modéliser, plusieurs instruments sont parfois nécessaires complexifiant le travail. Dans ce contexte, comment traiter et concaténer ces données pour produire un nuage de points géoréférencé fiable et homogène ?

Nous avons essayé d'apporter un élément de réponse en utilisant la solution logicielle Trimble Business Center et particulièrement le module « Aerial ». Accompagnés de notre partenaire **Escadrone**, nous avons numérisé le **Parc Animalier d'Auvergne** en combinant la photogrammétrie aérienne, le scanner statique, la station scan et un récepteur GNSS pour créer un jeu de données exploitable pour de futurs aménagements. Nous avons choisi le magnifique cadre naturel du Parc Animalier d'Auvergne, au cœur des volcans auvergnats, pour ses caractéristiques singulières : 45 hectares de superficie, des zones boisées, des bâtis, des passages souterrains, des espaces d'eau, ou encore avec une dénivelée de plus de 150 mètres entre le bas et le haut du parc.

L'équipe terrain a commencé par géoréférencer des cibles disposées de manière homogène sur le parc pour traiter les données de drones. Dans un second temps, un premier scan de longue portée a été réalisé à l'aide de la station scan **Trimble SX12** calée dans le système de coordonnées local en utilisant la technologie **Trimble IS Rover** combinant l'utilisation simultanée des mesures optiques et GNSS. D'une précision angulaire de 1" et d'une portée de scan jusqu'à 600m avec un bruit de mesure de 2,5mm à 300m cet instrument haut de gamme a permis d'obtenir le nuage de référence.

L'autre partie de « relevé terrestre » a été menée grâce au scanner laser 3D **Trimble X12** équipé du logiciel **Trimble Perspective** pour un recalage automatique des nuages sur site. Ce scanner a notamment permis la numérisation rapide des passages souterrains et des façades des bâtiments.

Côté drone, 3 types d'appareils ont été utilisés :

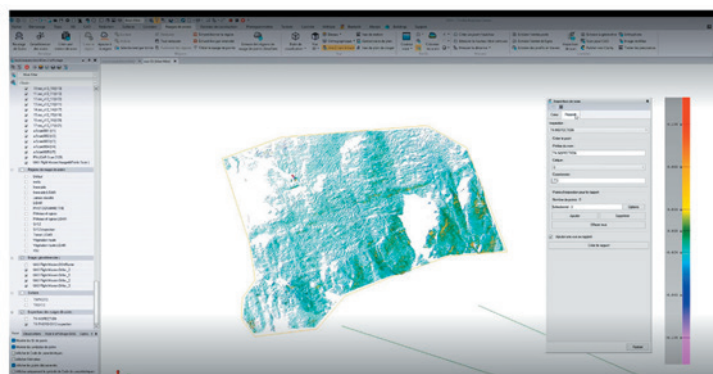
- Le Mavic 3 entreprise RTK pour faire de la cartographie « topo classique ».
- Le DJI Matrice 300 RTK avec une caméra de photogrammétrie P1 plus qualitative pour de grandes zones et des ouvrages d'art.
- Enfin, le Matrice 300 RTK et LiDAR L1 qui permet de capter des points sous végétation.

Items/Machines	Mavic 3 Enterprise RTK	M300 + P1	M300 + L1
Durée du vol	8 minutes de vol	15 minutes de vol	30 minutes de vol
Vitesse de vol	12 m/s	8,6 m/s	4 m/s
Focal	Equivalent 24 mm	35 mm	Equivalent 24 mm
Hauteur de vol	70 m	70 m	70 m
Correction	RTK via VRS	RTK via VRS	RTK via VRS
GSD et/ou densité du nuage de point (Lidar)	1,88 cm / pixels	0,88 cm / pixels	1,91 cm / Pixel Densité de 1198 points / m²
Recouvrement	70% / 80%	70% / 80%	70% / 80% photogrammétrie 62% Lidar
Paramètre Lidar	N/A	N/A	2 échos en scanne non répétitif

Les données brutes de drones ont ensuite été importées et calculées avec **TBC Aerial** pour obtenir des nuages de points géoréférencés. Le nuage de point issu du scanner Trimble SX12 a été compilé à celui de la station Trimble SX12 par l'outil d'assemblage nuage à nuage de TBC avec une précision de quelques millimètres. Enfin notre ingénieur d'applications a comparé les nuages de points de drones et celui des appareils terrestres toujours à l'aide de TBC Aerial.

Nous avons ainsi pu mettre en exergue la qualité de traitement photogrammétrique et d'assemblage des nuages de TBC Aerial.

Les écarts constatés entre photogrammétrie aérienne (M300 P1) et scanners terrestres en terrain plat sont inférieurs à 3 cm et n'excèdent pas 5 cm sur les parties très accidentées.



TBC Aerial est une solution unique pour la gestion des nuages de points en optimisant des flux de travail terrain-bureau pour la création de plans et de MNT en toute confiance. Envie d'en découvrir plus ? Contactez-nous : info@geotopo.fr



Nivellement direct en haute montagne : comment savoir, *a priori*, si la correction orthométrique est nécessaire ?

■ Thomas TOUZÉ

Le topographe déduit les différences d'altitudes de la dénivelée géométrique en tant que somme des dénivelées mesurées au niveau. Or, la définition rigoureuse des altitudes à partir du potentiel

de pesanteur requiert une pondération de ces dénivelées mesurées par l'accélération de la pesanteur. La difficulté réside dans le fait que le domaine d'exactitude de l'approche du topographe n'est pas défini, ce qui est problématique en haute montagne, face à de fortes dénivelées.

Ainsi, en nous basant sur une linéarisation de la pesanteur en fonction de l'altitude, nous proposons dans cet article une approximation locale de la correction orthométrique utilisable en altitudes normales. En nous appuyant sur un exemple dans les Alpes françaises, nous supposons que cette formule permettra au topographe, à l'échelle d'une vallée, d'estimer à partir de quelle dénivelée, selon l'exactitude qu'il doit atteindre, il devra prendre en compte la pesanteur dans ses cheminements.

■ MOTS-CLÉS

Nivellement, correction orthométrique, géodésie physique.

sion ? Subséquemment, si je définis la correction orthométrique comme l'écart entre la différence d'altitudes (la dénivelée "vraie") et la dénivelée géométrique, comment savoir si cette correction orthométrique est négligeable ou pas ? Et si possible, puis-je le savoir avant même de faire les mesures ?

Dans cet article, nous allons tenter d'apporter un début de solution à ces questions en proposant quelques idées. Tout d'abord, nous poserons quelques définitions qui nous permettront de déduire une expression locale de la correction orthométrique. Cela fait, en nous appuyant sur les valeurs de pesanteur fournies sur les points du RBF, nous présenterons les résultats obtenus à proximité d'un barrage sur le Drac en Isère.

Altitudes et dénivelées

La définition suivante peut être trouvée dans [1], chapitre 4 section 5 (avec quelques modifications de notations). *D'une manière générale, l'altitude d'un point M est son éloignement d'une surface de référence proche du géoïde. Elle est en pratique déterminée par des opérations de nivellement à partir d'un point fondamental O. Si on se contentait de cumuler les dénivelées mesurées au niveau, le résultat dépendrait du chemin suivi, car les surfaces équipotentielles du champ de pesanteur ne sont pas parallèles [figure 1]. On est donc conduit à adopter la définition générale suivante :*

$$H^*(M) = \frac{W(O) - W(M)}{\Gamma^*(M)}$$

Le symbole (*) distingue les différents types d'altitudes. $\Gamma^*(M)$ est une fonction du seul point M qui a la dimension d'une accélération. Comme la différence

Introduction

Le nivellement est un thème surprenant. Au premier abord, il fait appel à des concepts très simples, des mathématiques triviales et des instruments aisément manipulables. Mais en l'étudiant plus attentivement, la question de l'exactitude des déterminations altimétriques requiert de la physique et des mathématiques bien plus élaborées. Pour s'en convaincre, il suffit de demander à son entourage de définir ce qu'est l'altitude. Où se situeront leurs réponses parmi ces quelques exemples ?

- hauteur au-dessus de la mer ;
- hauteur au-dessus du niveau moyen des mers ;
- hauteur au-dessus du géoïde ;
- cote géopotentielle divisée par une valeur conventionnelle de la pesanteur.

Ces définitions de l'altitude de complexités croissantes et de plus en plus abstraites posent bien le problème : localement, une définition simple suffit pour déterminer de manière exacte les altitudes depuis une ou plusieurs réfé-

rences combinées à un nivellement. Mais suffit-elle quand l'incertitude du GNSS est trop élevée et que le chantier est trop grand avec éventuellement de la dénivelée ?

Évidemment, la proposition de définition la plus élaborée citée précédemment sert pour les réseaux nationaux de nivellement et implique un traitement particulier des dénivelées mesurées. Mais ce qui nous intéresse dans cet article, c'est la zone intermédiaire qui est encore aujourd'hui mal définie : quand je dois faire du nivellement de haute précision (par exemple inférieur en justesse et fidélité à 1 cm) sur plusieurs dizaines de kilomètres, voire moins, mais avec de très fortes dénivelées, ai-je besoin de tenir compte des variations du champ de pesanteur ?

Dit autrement, si je définis la dénivelée géométrique comme la somme de mes dénivelées élémentaires mesurées lors d'un nivellement direct, est-elle suffisamment exacte pour déterminer les altitudes selon mon besoin de pré-

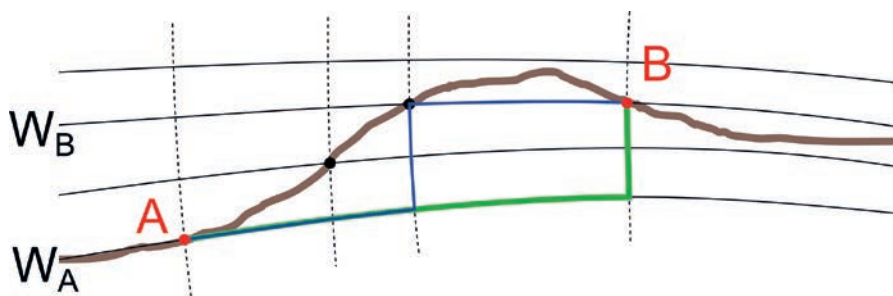


Figure 1. Cheminement de A à B selon un trajet aller en bleu qui diffère du retour en vert. Un tel nivellement traité de manière simple ne ferme pas à cause du non-parallélisme des surfaces équipotentielle de pesanteur W (lignes pleines noires). En effet, les distances curvilignes le long des lignes de champ (pointillés noirs), c'est-à-dire les dénivelées orthométriques, ne sont pas égales.

de potentiel ne dépend pas du chemin suivi, [cette formule] garantit une définition correcte du concept d'altitude. Le choix de la fonction $\Gamma^*(M)$ détermine le type d'altitude. En particulier, si la valeur de $\Gamma^*(M)$ est proche de la valeur de la pesanteur entre M et le géoïde, $H^*(M)$ est proche de la hauteur de M au-dessus du géoïde.

Nous n'allons pas détailler dans cette section les altitudes orthométriques ni les altitudes normales qui découlent de deux manières différentes de choisir $\Gamma^*(M)$ selon, respectivement, la pesanteur et la pesanteur normale. Nous retenons ici que l'altitude $H(M)$ se déduit de la cote géopotentielle $C(M) = W(0) - W(M)$ divisée par une fonction $\Gamma(M)$:

$$\exists \Gamma \text{ tel que } H = \frac{C}{\Gamma}$$

En termes de cheminement d'un point A à un point B, intéressons-nous aux variations de ces trois quantités H , C et Γ :

$$\begin{cases} \Delta H = H_B - H_A \\ \Delta C = C_B - C_A \\ \Delta \Gamma = \Gamma_B - \Gamma_A \end{cases}$$

La dénivelée vraie ΔH se définit ainsi comme la différence des altitudes. On peut aisément montrer, à partir des formules précédentes que :

$$\Delta H = \frac{\Delta C - \Delta \Gamma H_B}{\Gamma_A} = \frac{\Delta C - \Delta \Gamma H_A}{\Gamma_B}$$

Imaginons désormais un nivellement de A vers B. Tel que décrit en figure 2, on mesure les n dénivelées élémentaires h_i . Connaissant, pour chaque dénivelée h_i , la valeur locale de l'accélération de la pesanteur g_i , il est possible de déduire la différence de cote géopotentielle ΔC selon la formule suivante (voir [1] chapitre 4 section 2.5).

$$\Delta C \approx \sum_{i=1}^n g_i h_i$$

En introduisant ce résultat dans l'expression de la dénivelée précédente, on obtiendrait un résultat exact et indépendant du cheminement, mais bien difficile à obtenir concrètement, car requérant la connaissance de la pesanteur le long du trajet.

En effet, le topographe, à l'issue de son cheminement, est habitué à calculer la dénivelée géométrique h comme la somme des n dénivelées élémentaires et à considérer qu'elle est égale à la dénivelée vraie ΔH .

$$h = \sum_{i=1}^n h_i$$

$$\text{et} \\ \Delta H \approx h$$

L'hypothèse d'égalité entre la dénivelée géométrique h et la différence d'altitudes ΔH est tout à fait raisonnable dans l'immense majorité des nivelle-

ments. *A contrario*, sur de longues distances ou en cas de très forte dénivelée, cette hypothèse n'est plus satisfaisante. La difficulté, selon nous, est qu'il n'est pas connu à partir de quelle distance ni quelle dénivelée cette approximation n'est plus applicable.

Pour tenter de résoudre partiellement cette difficulté, nous proposons la définition suivante de la correction orthométrique Ω .

La correction orthométrique d'un cheminement en nivellement est la quantité Ω à ajouter à la dénivelée géométrique h – la somme des dénivelées élémentaires mesurées au niveau – pour obtenir la dénivelée vraie ΔH , correspondant à la différence d'altitudes. La dénivelée géométrique et la correction orthométrique dépendent du cheminement suivi, contrairement à la dénivelée vraie.

$$\Delta H = h + \Omega$$

Approximation locale de la correction orthométrique

Dans cet article, nous allons nous concentrer sur une simplification locale, qui ne saurait tenir sur plusieurs dizaines de kilomètres. En effet, nous faisons l'hypothèse forte H_0 que, localement, l'accélération de la pesanteur varie linéairement selon l'altitude.

(\mathcal{H}_0)

$$g(M) = g_A + g'_A (H - H_A) + \sigma_{M \rightarrow A} (\|\overline{AM}\|^2)$$

$$\text{avec } g'_A = \frac{dg_A}{dH}$$

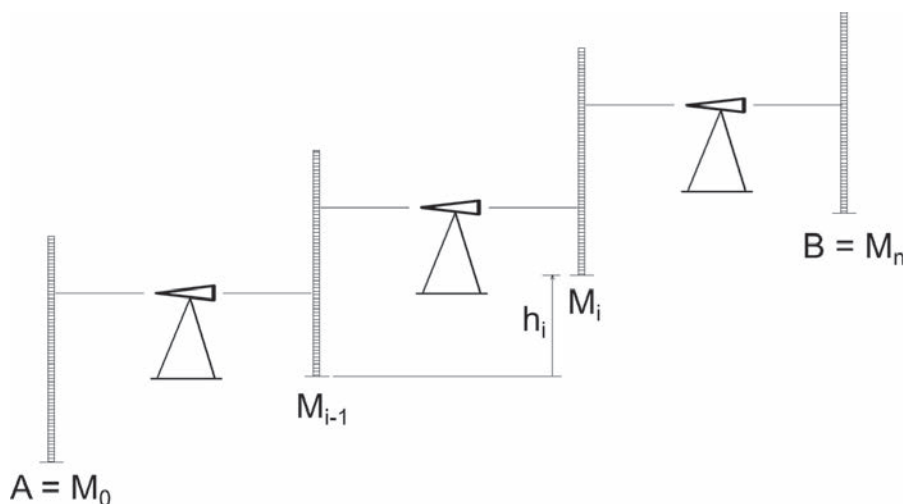


Figure 2. Nivellement de A à B par la mesure au niveau de n dénivelées élémentaires h_i [1].



Ainsi, pour notre cheminement de A à B, nous supposons connues l'accélération de la pesanteur g_A en A ainsi que sa dérivée g'_A . Nous aborderons cette question dans la section suivante. En négligeant les variations de g entre les lectures avant et arrières, nous pouvons alors exprimer les n valeurs g_i de la manière suivante.

$$g_i = g_A + g'_A (H_i - H_A) \approx g_A + g'_A \sum_{j=1}^i h_j$$

La variation de cote géopotentielle devient alors :

$$\Delta C \approx g_A h + g'_A \sum_{j \leq i} h_j h_i$$

Et par propriété des doubles sommes, nous avons :

$$\sum_{j \leq i} h_j h_i = \frac{1}{2} \left(\left(\sum h_i \right)^2 + \sum h_i^2 \right) = \frac{h^2}{2} + \frac{\sum h_i^2}{2}$$

De plus, pour nous débarrasser de la somme des carrés des dénivelées, nous pouvons introduire l'écart-type σ_h des n dénivelées h_i . Attention, il ne s'agit pas de l'incertitude des mesures, mais simplement l'écart-type des valeurs mesurées. D'une certaine manière, cet

écart-type traduit la rugosité du terrain. On a alors :

$$\sum h_i^2 = (n-1) \sigma_h^2 + \frac{h^2}{n}$$

En assemblant ces résultats, on obtient une expression simplifiée de la variation de cote géopotentielle ΔC en fonction de la dénivelée géométrique h et ne nécessitant plus que la connaissance de l'accélération de la pesanteur en A :

$$\Delta C \approx g_A h + \frac{g'_A h^2}{2} \left(\frac{n+1}{n} + (n-1) \frac{\sigma_h^2}{h^2} \right)$$

La dénivelée vraie ΔH devient alors :

$$\Delta H \approx \frac{g_A}{\Gamma_A} h + \frac{g'_A h^2}{2 \Gamma_A} \left(\frac{n+1}{n} + (n-1) \frac{\sigma_h^2}{h^2} \right) - \frac{\Delta \Gamma H_B}{\Gamma_A}$$

En remarquant enfin que l'altitude H_B de B est proche de $H_A + h$, la correction orthométrique Ω , telle que définie dans cet article, s'obtient selon la formule suivante :

$$\Omega \approx \frac{g_A - \Gamma_B}{\Gamma_A} h + \frac{g'_A h^2}{2 \Gamma_A} \left(\frac{n+1}{n} + (n-1) \frac{\sigma_h^2}{h^2} \right) + \frac{\Gamma_A - \Gamma_B}{\Gamma_A} H_A$$

Du fait de la linéarisation de g en fonction de l'altitude, cette approximation de la correction orthométrique est indépendante du cheminement, ce qui n'est pas tout à fait correct. Cependant, notre objectif ici est uniquement d'en estimer l'ordre de grandeur sur un chantier relativement peu étendu. Dans la section suivante, nous allons proposer un cas concret d'utilisation se basant sur un nivellement dans les Alpes, des points du réseau de base français et la manière de calculer Γ en altitudes normales.

Application sur le barrage de Saint-Pierre-Cognet

En 2019, DTG a créé de nouveaux points de référence sur les barrages du Drac, dont celui de Saint-Pierre-Cognet (figure 3). En plus d'observations GNSS pendant une nuit sur plusieurs points, un nivellement a été réalisé reliant plusieurs repères NGF à proximité.

La présence de tensions centimétriques entre le GNSS et les repères NGF nous avait contraints à explorer la piste de la correction orthométrique en plus



Figure 3. Berges du lac de Saint-Pierre-Cognet.

Tableau 1. Dénivelée géométrique mesurée entre deux repères de nivellement à proximité du barrage. Nous rappelons que l'écart-type affiché ici n'est pas la précision des mesures des dénivelées, mais l'écart-type des n valeurs de dénivelées qui traduit, d'une certaine manière, la rugosité du cheminement.

Point A	Point B	Dénivelée géométrique compensée A/R [m]	nombre de dénivelées	Ecart-type dénivelées mesurées [m]
X'.C.K3-256	X'.C.K3-250	112.3169	64	1.2236

d'autres hypothèses (tensions dans la grille RAF18, repères NGF ayant bougé, fautes de mesure, etc.).

Plus particulièrement, nous avons fait un nivellement aller et retour depuis le barrage et passant par quatre repères NGF dont aucune altitude ne coïncidait avec le GNSS ni même entre eux dans le nivellement. Les deux moins mauvais étaient aux extrémités du cheminement, les X'.C.K3-256 et X'.C.K3-250. La différence de leurs altitudes donnait une dénivelée théorique de 112,336 m contre une dénivelée géométrique mesurée (après compensation de l'écart de fermeture de 2,2 mm) de 112,317 m (tableau 1), soit un écart de 19 mm. Vu la longueur du cheminement aller supérieure à 2 km, l'environnement montagneux et la dénivelée, nous ne savions pas si cet écart pouvait s'expliquer par la géodésie physique ou pas. C'est dans ce contexte que nous avons réfléchi à la question de la correction orthométrique.

Pour appliquer notre formule, nous avons besoin de l'accélération de la pesanteur et de son gradient au niveau du départ du cheminement. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur les mesures de pesanteur fournies dans les fiches géodésiques des points du réseau de base français (RBF). Autour de notre barrage, nous avons trouvé sept points à moins de 36 km, dont un à 4 km.

Nous avons alors fait une régression linéaire des valeurs de g en fonction

de l'altitude en pondérant les mesures selon l'inverse des carrés des distances au repère de nivellement, dans le but de donner plus d'importance aux points du RBF les plus proches. Nous obtenons les résultats visibles en figure 4.

Au niveau du repère de nivellement X'.C.K3-256, nous obtenons :

$$g_A = 9.80409 \pm 0.00008 \text{ m/s}^2$$

$$g_A' = -2.5 \cdot 10^{-6} \pm 3 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-2}$$

Pour pouvoir appliquer notre estimation de la correction orthométrique sur les repères de nivellement à proximité du barrage de Saint-Pierre-Cognet, il reste à calculer les termes Γ_A et Γ_B qui correspondent, dans le cas d'altitudes normales telles qu'en NGF-IGN69,

à la pesanteur normale moyenne de l'ellipsoïde jusqu'à la surface sphéropotentielle (voir [1] chapitre 4 section 5.2.1 p. 23 et 24). Toujours dans [1] à la même section, la formule (75), basée sur celle de Somigliana (35 du même chapitre), permet de déduire nos deux valeurs de Γ . Nous obtenons :

$$\Gamma_A = 9.805106 \text{ m/s}^2$$

$$\Gamma_B = 9.804929 \text{ m/s}^2$$

En appliquant notre formule approchée de Ω , nous obtenons, pour le cheminement de X'.C.K3-256 à X'.C.K3-250, une correction orthométrique négligeable à + 0,2 mm. Au-delà de ce résultat, notre modèle permet de prédire l'ordre de grandeur de la correction orthométrique pour de plus longs cheminements, avec des dénivelées plus prononcées. Ainsi, en considérant des cheminements imaginaires partant du même point, avec des dénivelées élémentaires similaires, en augmentant linéairement le nombre de dénivelées mesurées, nous pouvons estimer la correction orthométrique en fonction de la dénivelée

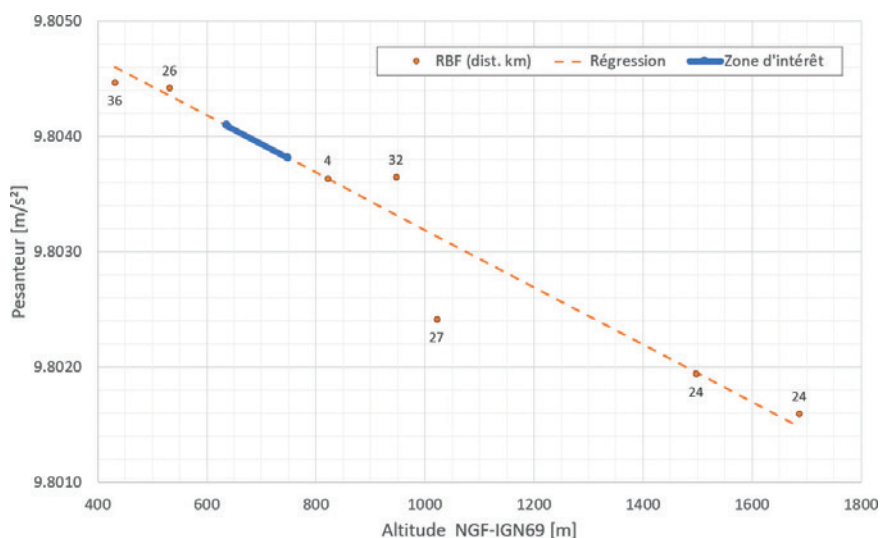


Figure 4. Régression linéaire de la pesanteur en fonction de l'altitude, pondérée selon l'inverse du carré des distances. Les résidus sont de l'ordre de 10^{-4} m/s^2 . Les étiquettes correspondent aux distances des points du RBF.

Tableau 2. Informations des points du RBF pour la modélisation locale de la pesanteur autour de X'.C.K3-256.

Points	E [m]	N [m]	H [m IGN69]	g [m/s ²]	d [km]	g régr. [m/s ²]	Résidus [m/s ²]
Molières-Glandaz 2	889 889.87	6 405 745.76	430.97	9.80446930	36	9.80460	0.00013
Monchaboud 1	918 301.56	6 449 279.45	531.55	9.80441755	26	9.80435	-0.00007
Saint-Jean-d'Hérans 2	918 155.94	6 421 251.02	821.47	9.80363946	4	9.80363	-0.00001
La-Chapelle-en-Vercors 4	890 782.88	6 433 042.71	946.75	9.80364556	32	9.80332	-0.00033
Villar-Loubière A	948 021.10	6 419 012.60	1021.06	9.80241355	27	9.80314	0.00072
Saint-Etienne-en-Devuluy B	931 898.05	6 402 068.34	1496.97	9.80194056	24	9.80195	0.00001
Villard-Reymond 3	937 680.00	6 441 857.08	1686.13	9.80159394	24	9.80148	-0.00011
X'.C.K3-256	921 270	6 423 830	637.22	/	0	9.80409	

Tableau 3. Extrapolation de la correction orthométrique, à proximité du barrage de Saint-Pierre-Cognet, pour des dénivelées allant jusqu'à 1 000 m.

Dénivelée géométrique h [m]	Γ_B [m/s ²]	Nombre de dénivelées n	Ecart-type dénivelées mesurées [m]	Correction ortho. Ω [mm]
100	9.80495	57	1.2236	0.2
112	9.80493	64	1.2236	0.2
200	9.80479	114	1.2236	0.8
300	9.80464	171	1.2236	1.9
400	9.80449	228	1.2236	3.7
500	9.80433	285	1.2236	6.2
600	9.80418	342	1.2236	9.2
700	9.80402	399	1.2236	12.8
800	9.80387	456	1.2236	17.1
900	9.80371	513	1.2236	21.9
1000	9.80356	570	1.2236	27.4

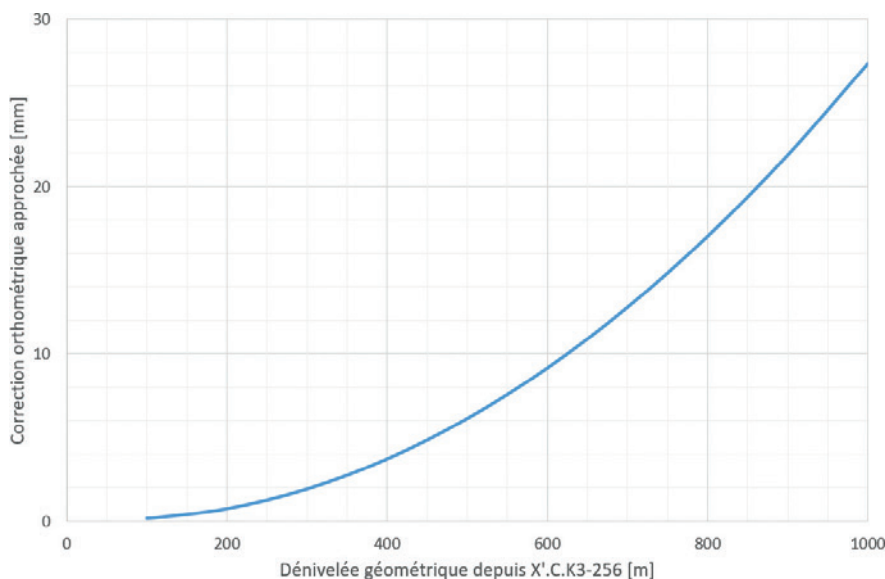


Figure 5. Extrapolation de la correction orthométrique, dans les mêmes conditions à proximité de Saint-Pierre-Cognet, pour des dénivelées allant jusqu'à 1 000 m.

géométrique. Nous obtenons les résultats en figure 5 et le tableau 3.

De ces calculs, nous pouvons désormais prédire l'ordre de grandeur de la correction orthométrique. Pour une exactitude de 2 mm, il est inutile de corriger les dénivelées géométriques inférieures à 300 m. Nous constatons que pour une exactitude de 1 cm sur la dénivelée, il serait nécessaire de corriger les cheminements dont la dénivelée géométrique dépasse 650 m. Nous remarquons également que la correction orthométrique ne varie pas linéairement, mais plutôt de manière quadratique.

Conclusion

Pour faire le lien entre les dénivelées géométriques mesurées et les différences d'altitudes, nous sommes parvenus à établir une formule appro-

chée de la correction orthométrique basée sur une linéarisation locale de l'accélération de la pesanteur en fonction de l'altitude. Dans le cas d'altitudes normales, telles que celles dans la NGF-IGN69, la relative facilité de calcul de la pesanteur normale (pour la détermination des coefficients Γ) permet alors l'utilisation concrète de cette formule. Il s'agit certes d'un modèle simplifié, valable localement, mais il permet vraisemblablement d'estimer correctement l'ordre de grandeur des effets de géodésie physique sur les nivellements en haute montagne. En France, nous disposons de mesures de pesanteur accessibles un peu partout sur le territoire par les points du RBF. De telles données étant indispensables à cette estimation de la correction orthométrique, des alternatives à l'utilisation du RBF pourraient consister en une campagne de mesures gravimétriques

ou à accéder partiellement à la grille de pesanteur établie pour la détermination du quasi-géoïde français.

Il serait intéressant de fiabiliser ce travail par des mesures gravimétriques le long d'un cheminement à dénivelée significative afin d'évaluer l'exactitude de notre approximation de la correction orthométrique. Cela pourrait apporter une aide aux topographes de haute montagne pour plus d'exactitudes dans leurs résultats et pour expliquer, peut-être, pourquoi malgré de bonnes mesures, certains cheminements ne ferment pas. ●

Contact

Thomas Touzé, EDF / DTG,
thomas.touze@edf.fr

Référence

[1] *Cours de géodésie, chapitre 4*, Françoise Duquenne et Henri Duquenne, ESGT, 2003.

Ce document est téléchargeable gratuitement sur le site de l'AFT à <https://www.aftopo.org/categorie-produit/ouvrages/>

ABSTRACT

The land surveyor deduces the differences in altitude from the sum of the height differences measured with a level. However, the rigorous definition of altitudes from the gravitational potential requires a weighting of the leveled differences in height by the acceleration of gravity. The difficulty lies in the fact that the field of accuracy of the land surveyor's approach is not defined, which is problematic in high mountains, when faced with steep gradients. Thus, based on a linearization of gravity as a function of altitude, we propose in this article a local approximation of the orthometric correction usable with normal altitudes. Based on an example in the French Alps, we assume that this formula will allow the land surveyor, on the scale of a valley, to estimate from what height difference, according to the accuracy he must achieve, he will have to take gravity into account in its surveys.

Le lexique topographique de l'AFT

■ Françoise DUQUENNE - Tania LANDES

Constatant la forte demande, que ce soit sur papier ou en ligne, de son lexique édité dans les années 1990, l'AFT a entrepris une mise à jour. Ce travail d'envergure est pris en charge par des membres du conseil de l'AFT, en large collaboration avec les instituts de formations et instances, comme le CNIG.

Il s'agit d'un lexique en français et l'avis de professionnels francophones est sollicité. Si certains lecteurs de cet article se sentaient volontaires pour contribuer activement à ce travail d'équipe, qu'ils se fassent connaître auprès de la coordinatrice Françoise Duquenne (contact.fduquenne@gmail.com).

Le sommaire de cette nouvelle version est composé de 18 chapitres :

1. Généralités
2. Théorie des erreurs
3. Systèmes de référence et de coordonnées
4. Mesures des longueurs
5. Mesures des angles
6. Positionnement par GNSS
7. Déterminations planimétriques
8. Détermination des altitudes
9. Méthodes de levé
10. Méthodes d'implantation
11. Cadastre et travaux fonciers
12. Traitements des données
13. Représentation cartographique
14. Photogrammétrie
15. Lasergrammétrie
16. Traitement de nuages de points
17. SIG
18. Hydrographie

En attendant d'avoir tous les chapitres, il a été décidé de publier des chapitres au fur et à mesure de l'avancement, et dès 2017, est paru le lexique GNSS pour le positionnement (figure 2). Il est lui-même en cours de révision.

En 2024, paraîtra un fascicule comportant les chapitres photogrammétrie, lasergrammétrie et traitement de nuages de points. En avant-première, vous trouverez dans la suite un état du lexique lasergrammétrie rédigé par Tania Landes, professeure des universités à l'INSA de Strasbourg. Le lexique à paraître sera étendu à davantage de notions encore et des illustrations viendront également l'enrichir. N'hésitez pas à nous suggérer des termes à développer ou à nous proposer des définitions.

Lasergrammétrie

Balayage laser terrestre : Technique d'acquisition rapide et automatique de données tridimensionnelles utilisant la lumière laser pour mesurer directement, sans contact avec l'objet et

selon une trame régulière, les coordonnées 3D des points sur des surfaces depuis une position terrestre. Les anglicismes "scanning" ou "scan" sont à éviter, ceux-ci étant utilisés parfois sans distinction pour désigner "le nuage", "l'action de scanner" ou encore "la station d'acquisition". Il reste toutefois assez cohérent d'employer le terme "scan" pour désigner le résultat de ce qui a été scanné, c'est-à-dire le nuage (voir définition de "scan" ci-dessous).

Bruit du nuage : cCaractérise la dispersion des points autour d'une surface. Il s'explique par plusieurs facteurs affectant la mesure de distance (imprécision inhérente au système de mesure, facteurs environnementaux, matériaux de surface, couleur de la surface, angle d'incidence du faisceau, etc.). Il est détectable en analysant l'épaisseur du nuage obtenu après avoir scanné une surface plane et claire. Le bruit du nuage peut être réduit en appliquant un processus de correction et/ou de suppression de bruit. On peut également appeler bruit du nuage, tout point faux et indésirable.

Cadence de mesure : La cadence de mesure se définit par une fréquence (kHz ou MHz) et se traduit par un nombre de mesures de distances effectuées en une seconde. On parle plus couramment du nombre de points par seconde.

Champ de vision (ou "FOV, field of view" en anglais) : Le champ de vision global d'un scanner est l'intervalle angulaire dans le plan horizontal et/ou vertical dans lequel un scanner laser terrestre est capable de scanner. Le scanner "panoramique" permet de relever l'environnement complet autour de la station, tandis que le scanner "caméra" est limité à des champs de vision plus restreints. Entre les deux, se situe le scanner panoramique à champ vertical limité.

Densité : La densité de points se réfère au nombre de points acquis par unité de surface à distance d'objet fixe. Elle est conditionnée par le choix du pas défini pour effectuer le balayage (espacement entre points) et de la distance objet-scanner.

Effet de bord : Lorsque le faisceau rencontre un coin, une partie est réfléchi tandis que l'autre poursuit son chemin jusqu'à rencontrer un obstacle et être renvoyé. Ainsi apparaissent des points "fantômes", artefacts à proximité des bords des objets scannés (Boehler et al., 2003). Par ailleurs, comme seule une partie de la distribution (supposée gaussienne à la transmission) revient au scanner, la position du centre du point, calculée à partir de cette distribution, sera biaisée (Lerma et Garcia, 2008).

Empreinte laser (en anglais "spot") : Représente la taille du faisceau laser au niveau de la surface de l'objet à numériser.

Équation LiDAR : Similaire à l'équation RADAR (Radio Detection and Ranging), elle relie la puissance du rayonnement émis P_E à la puissance du rayonnement détecté (reçu) P_D . Le temps écoulé entre l'émission et la réception de l'onde fournira la distance séparant le scanner de l'objet (Pfeifer et al., 2015)).

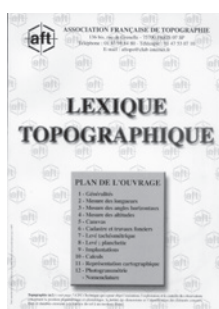


Figure 1. Le lexique topographique, 1990.



Figure 2. Le lexique GNSS pour le positionnement, 2017.



$$P_D = P_E \cdot \frac{1}{(\gamma_E R)^2} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(D_D)^2}{4R^2} \cdot \eta_{ATM} + P_B$$

$\xleftarrow{a} \quad \xrightarrow{b}$

Avec :

γ_E : angle de dépression selon lequel est émise l'onde laser

η_{ATM} : facteur d'atténuation de l'onde par l'atmosphère

σ : surface de rétrodiffusion de l'objet (target cross section), rencontrée par le faisceau (en m²)

R : distance scanner-objet

D_D : diamètre d'ouverture du dispositif (lentille, télescope)

P_B : background power (bruit, signaux, parasites)

Le signal laser est émis et traverse l'atmosphère avant d'impacter l'objet, qui le rétrodiffuse vers le système d'acquisition, en retraversant ainsi l'atmosphère.

(a) Puissance émise de façon directionnelle vers la cible surfacique

(b) Rapport de la surface de l'ouverture du dispositif d'émission à la surface du rétrodiffuseur omnidirectionnel (supposé lambertien) à une distance R.

Erreurs environnementales : Les facteurs environnementaux affectent la propagation du signal dans l'atmosphère. On peut citer la température ambiante, la pression, l'humidité relative, qui affectent l'indice de réfraction du milieu traversé par l'onde. On peut citer également l'éclairage des lieux, les vibrations du sol accueillant le scanner. L'effet de ces facteurs n'est pas toujours négligeable. Par exemple, les mesures de distances effectuées la nuit sont moins bruitées que celles de jour, en raison du rôle perturbateur que joue la lumière ambiante (composante spectrale identique à celle de l'onde laser).

Erreurs méthodologiques : L'opération de balayage laser terrestre est dotée d'un niveau d'automatisme assez élevé comparé aux mesures tachéométriques, où l'opérateur est définitivement le guide de la mesure. Une fois le scanner en place et calé, son intervention peut se résumer au choix de paramètres, tels que la fenêtre d'acquisition, la "qualité" (critère lié au nombre de tirs par points) et, bien entendu, le choix du pas du scannage, qui devra toutefois être cohérent par rapport au niveau de détail souhaité (éviter le sur-échantillonnage tout comme le sous-échantillonnage). Par conséquent, l'erreur provenant des manipulations de l'opérateur est réduite au niveau de l'acquisition. Des erreurs peuvent davantage surgir lors de la **phase de géoréférencement** des nuages de points et, bien entendu, dans la phase d'extraction d'informations. Ces problèmes seront abordés dans la partie "traitement de nuage de points".

Intensité laser : L'intensité laser retournée par l'objet et mesurée au niveau du scanner représente la quantité de lumière reçue après réflexion sur la surface du rayonnement laser incident (codée généralement entre 0 et 255 ou entre 0 et 1). Comme détaillé dans (Soudarissanane et al., 2007), cette intensité est fonction de l'angle d'incidence du rayon, de la distance objet-scanner, de la réflectance de l'objet (albédo) – qui est différente suivant la longueur d'onde employée par le laser – et de la puissance émise. L'atténuation du signal par l'atmosphère entre également en ligne de compte. L'intensité

de l'onde réfléchie donnera des indications sur la nature des objets imagés.

Laser : Le terme LASER, de l'anglais "*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*" est une source de lumière cohérente (...) qui produit une amplification de lumière par émission stimulée de rayonnements. Une source laser occupe généralement une bande spectrale très fine.

LiDAR : Le terme LiDAR, de l'anglais "*Light Detection and Ranging*", signifie la détection et la télémétrie par la lumière. Un capteur ou système LiDAR est un système actif, qui enregistre l'énergie renvoyée par l'objet après l'avoir éclairé artificiellement. Le temps de trajet émetteur – objet – récepteur mis par l'onde cohérente permet de déduire la distance séparant l'objet de l'émetteur. D'autre part, l'intensité de l'onde réfléchie donnera des indications sur la nature des objets imagés.

Nuage de points (en anglais "*point cloud*") : Ensemble de points acquis (par mesure lasergrammétrique, par exemple) ou calculés (par technique photogrammétrique, par exemple), à la surface d'un objet, en vue de le représenter en 3D.

Ombre laser : Partie de l'objet masquée par un obstacle situé entre le scanner et l'objet. Le faisceau laser ne peut pas atteindre la surface ainsi occultée, ce qui génère des ombres laser dans le nuage de points. Il sera préférable d'employer le terme "ombre laser" plutôt que "trou" dans le nuage de points.

Pas (de balayage) : Le "pas" est l'espacement entre points successifs choisi par l'utilisateur avant de lancer le balayage laser. Il est un multiple de la résolution spatiale. Le balayage laser s'effectue selon une trame spécifique à définir au moment de l'acquisition. L'utilisateur fixe le pas angulaire vertical et horizontal de son choix (généralement identique dans les deux plans). Le plus petit pas angulaire disponible est appelé résolution angulaire.

Portée : Distance minimale (et maximale) à laquelle le scanner doit (ou peut) se situer par rapport à l'objet pour fournir des observations fiables.

Résolution angulaire d'un scanner laser : Grandeur qui caractérise la capacité de l'appareil à mesurer de façon indépendante deux objets situés sur des lignes de visée adjacentes.

Résolution en distance : Plus petite variation de distance mesurable.

Résolution spatiale d'un scanner laser : La résolution spatiale théorique d'un scanner laser terrestre représente le pas le plus fin que le scanner laser est capable de mesurer, à une distance objet-scanner fixe (produit de la résolution angulaire [rad] et de la portée). La résolution spatiale effective est liée à la résolution angulaire du scanner et à la taille de l'empreinte laser sur l'objet. On veillera à ne pas confondre "résolution spatiale" et "pas de balayage". La résolution spatiale est une limite en deçà de laquelle le scanner ne peut plus distinguer deux objets voisins.

Résolution spatiale théorique ou effective : La résolution spatiale théorique d'un scanner laser terrestre représente



le pas le plus fin que le scanner laser est capable de mesurer, à une distance objet-scanner fixe (produit de la résolution angulaire [rad] et de la portée). La résolution spatiale effective est liée à la résolution angulaire du scanner et à la taille de l'empreinte laser sur l'objet. Il faut veiller à choisir un pas angulaire cohérent par rapport à la taille de l'empreinte laser, afin d'éviter le phénomène de sur-échantillonnage du nuage.

RVB : Sigle désignant les valeurs RVB (Rouge, Vert, Bleu). Les valeurs RVB associées à chaque point du nuage sont extraites d'une image numérique acquise sur l'objet scanné à partir d'une caméra numérique, le plus souvent intégrée à l'appareil.

"Scan" : Terme employé pour désigner le produit fourni par le scanner, c'est-à-dire le nuage de points. Cet anglicisme ainsi que *"scanning"* sont toutefois à éviter, ceux-ci désignant souvent sans distinction le nuage, l'action de scanner, ou encore la station d'acquisition.

Scanner caméra (en anglais *"camera scanner"*) : Scanner effectuant les mesures de distances et d'angles dans un champ de vision particulièrement étroit, aussi bien dans le plan horizontal que dans le plan vertical. Le champ angulaire couvert est de l'ordre de 40°x40°. Le nom « scanner caméra » provient du champ de vision comparable à celui d'une chambre de prise de vues. Les scanners actuels sont généralement de type *"panoramique"* (voir ci-dessous).

Scanner laser à impulsions (en anglais *"pulse based method"*) : Technologie utilisant la mesure du temps de parcours d'un rayon laser entre le scanner et le point d'impact sur l'objet visé pour en déduire la distance qui sépare le scanner de l'objet. Les scanners laser à impulsions sont, dans le langage courant, également nommés scanners laser *"à temps de vol"*. Cette expression n'est pas conseillée, le terme de *"vol"* étant inadéquat à la qualification du déplacement d'une onde dans un milieu.

Scanner laser à différence de phase (en anglais *"phase shift-method"*) : Technologie utilisant la mesure de différence de phase pour mesurer la distance entre le scanner et l'objet. La télémétrie par différence de phase consiste à diriger vers l'objet le faisceau d'un laser (continu, de forte intensité et modulé de façon sinusoïdale) et à comparer les phases des ondes émises avec celle des ondes retour (Baltsavias, 1999). Les scanners laser employant ce principe modulent leur signal en utilisant une modulation sinusoïdale basée généralement sur l'amplitude ou sur la fréquence (Lerma Garcia et al., 2008).

Scanner laser à triangulation : Technologie utilisant le principe de la résolution de triangle, d'où son appellation, pour déterminer la distance séparant le scanner de l'objet. Elle est adaptée pour numériser des objets à courte portée, donc des objets de petite taille généralement. La technique repose sur l'observation d'un point émis par une diode laser, à l'aide d'un système optique récepteur, décalé par rapport à l'émetteur d'une distance fixe (Maillet, 1984).

Scanner panoramique (en anglais *"panoramic scanner"*) : Scanner effectuant des mesures de distances et d'angles dans un champ de vision de 360° dans le plan horizontal et d'au moins 2x130° dans le plan vertical. Cette caractéristique lui

donne la possibilité de lever l'environnement direct englobant la station, exceptée la partie située directement en dessous de l'appareil.

Scanner panoramique à champ vertical limité (en anglais *"hybrid scanner"*) : Scanner effectuant un balayage grâce à la rotation illimitée du scanner autour de l'axe vertical de l'instrument. Le champ de vision dans le plan vertical est limité à 50° ou 60°. Ce genre de scanner est communément utilisé pour scanner à longue ou à moyenne portée de l'objet.

"Spot laser" : Anglicisme employé pour désigner la taille de l'empreinte laser à la surface de l'objet.

Systèmes à (mesure de) temps de vol (*"time-of-flight"*) : Se dit des systèmes s'appuyant sur la mesure du temps que met l'onde pour effectuer le trajet aller-retour système-objet pour en déduire la distance système-objet. Les scanners à impulsions tout comme les scanners à différence de phase entrent dans cette catégorie. ●

Références

- Support de cours LANDES, T. 2017. *Cours de lasergrammétrie, 4^e année ingénieurs* ; Spécialité topographie, INSA Strasbourg,
- LANDES, T., GRUSSENMEYER, P. (2011). *Les principes fondamentaux de la lasergrammétrie terrestre : systèmes et caractéristiques (partie 1/2)*. Revue XYZ de l'Association francophone de topographie (AFT), n° 128, pp. 37-49.
- LANDES, T., GRUSSENMEYER, P., BOULAASSAL, H. (2011). *Les principes fondamentaux de la lasergrammétrie terrestre : acquisition, traitement des données et applications (partie 2/2)*. Revue XYZ de l'Association francophone de topographie (AFT), n° 129, pp. 25-38.
- GRUSSENMEYER, P., LANDES, T., DONEUS, M., LERMA, J.-L. (2016). *Basics of range-based modelling techniques in Cultural Heritage (Chapter pp. 305-368)*. In : *3D Recording, Documentation and Management of Cultural Heritage*, Publisher: Whittles Publishing, Editors: Efstratios STYLIANIDIS, Fabio REMONDINO, 388 pages, ISBN 978-184995-168-5
- Baltsavias, E. P., 1999b. *Airborne laser scanning: basic relations and formulas*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 54, pp. 199 à 214.
- Boehler, W., BORDAS VICENT, M., MARBS, A., 2003. *Investigating Laser Scanner Accuracy*, CIPA International archives for Documentation of Cultural Heritage, Antalya (Turkey), Vol XIX : 696-701.
- LERMA Garcia, J. L., Van Genechten, B., HEINE, E., Quintero, M. S., 2008. *3D RiskMapping – Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning*. Editor: Universidad Politécnica De Valencia, ISBN:978-84-8363-312-0, 261 p.
- PFEIFER, N., MANDBURGER, G., GLIRA, P., RONCAT, A., MUECKE, W., ZLINSZKY, A., 2015. *Lidar: Exploiting the Versatility of a Measurement Principle in Photogrammetry*. Photogrammetric Week'15. Ed. Dieter Fritsch. Wichmann/VDE Verlag, Berlin&Offenbach, 2015, pp. 105-118
- Soudarissanane, S., van Ree, J., Bucksch, A. et Lindenbergh, R., 2007. *Error budget of terrestrial laser scanning: influence of the incidence angle on the scan quality*. Proceedings 3D-NordOst, 10. Anwendungsbezogener Workshop zur Erfassung, Modellierung, Verarbeitung, und Auswertung von 3D-Daten, 6-7 décembre 2007, Berlin, Allemagne, 8 pages.



classe-A
détection AIPR
PCRS géoradar
cartographie
marquage DT-DICT
récolement
réseaux
IC-OL-ML SIG
sécurité certification
géoréférencement
topographie

GARANTIR LA SÉCURITÉ DES TRAVAUX À PROXIMITÉ DES RÉSEAUX



PUBLIREPORTAGE



Suivez-nous sur LinkedIn pour ne rien rater des actualités des métiers de la détection et du géoréférencement des réseaux enterrés.

Contact : secretariat@fnedre.org

SLAM : un cheminement polygonal pour du relevé mobile

■ Jérôme NINOT

Nous entendons tous parler de SLAM et nous avons tous une compréhension plus ou moins précise de ce que représente cette famille algorithmique initialement développée pour la robotique mobile et les véhicules autonomes. Ces algorithmes sont apparus dans le domaine de la topographie et du scan 3D dynamique, permettant de réaliser rapidement des mesures massives. Cependant, ces nouvelles technologies ne sont pas sans rappeler certaines méthodologies, on peut alors faire une analogie entre les principes du SLAM et des techniques topométriques plus traditionnelles : pour maîtriser techniquement le principe du scan dynamique SLAM et en connaître les limites, nous proposons dans cet article de comparer le SLAM aux techniques de relevé traditionnel par cheminement polygonal, donnant ainsi une compréhension opérationnelle du relevé dynamique. Nous abordons le sujet du scan dynamique à travers un cas concret d'un relevé d'intérieur massif.

MOTS-CLÉS

SLAM, scan dynamique, taux de dérive, cheminement, relevé d'intérieur

Le "SLAM", cet acronyme qui fait son apparition au sein de la profession de géomètre-topographe autour des années 2010, bouleverse les méthodes de travail et les capacités de mesure en permettant de réaliser des mesures en dynamique : le temps passé sur site pour un relevé 3D n'a pas d'égal. Cet acronyme qui signifie "Simultaneous Localization And Mapping" représente une famille algorithmique (calculs logiciels) donnant la capacité à un mobile de se localiser dans une carte qu'il enrichit au fur et à mesure de son

déplacement. C'est donc un procédé itératif auto-contraint : le modèle dans lequel se localise le mobile dépend de sa localisation précédente et de la compréhension de son environnement à l'instant précédent. Quatre étapes majeures constituent un algorithme SLAM :

- 1- estimation du déplacement (figure 1) ;
- 2- extraction des nouveaux amers¹ (figure 2) ;
- 3- recherche de correspondances

¹ Amer : un point de référence utilisé dans l'algorithme et dont sa caractéristique dépend du type de capteur utilisé

des nouveaux amers avec la carte d'amers (figure 3) ;

- 4- correction de la pose estimée et mise à jour de la carte d'amers (figure 4).

Ces amers peuvent être de différentes natures, issus de descripteurs ou non. Leur nature varie selon le type de capteur(s) de perception (vision, LiDARs, etc.) utilisé(s) au cœur de l'algorithme. Tels une constellation d'étoiles ou même une constellation de satellites GNSS, ces amers sont les points de référence que le mobile utilise pour se localiser.

Ainsi, un algorithme SLAM produit une succession de mesures de déplacement

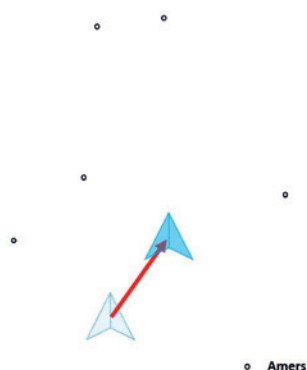


Figure 1. Étape 1 estimation de la nouvelle position à un instant t.

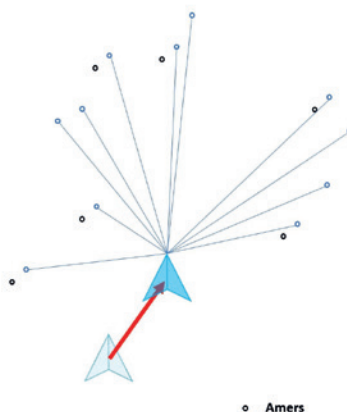


Figure 2. Étape 2 extraction des nouveaux amers issus des données d'un capteur de perception.



Figure 3. Étape 3 appariement des amers par couple (algorithme ICP).



Figure 4. Étape 4 calcul de l'erreur de position en déterminant la transformation inverse issue de l'ICP. La carte dispose désormais de nouveaux amers.

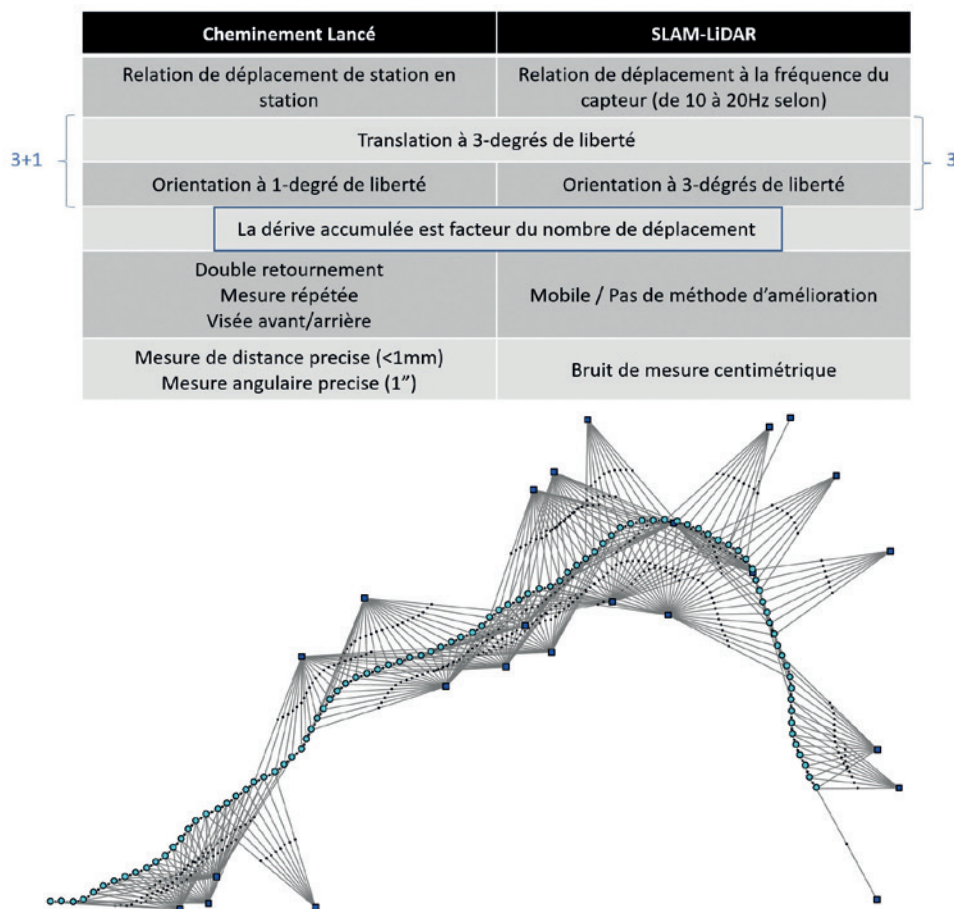


Figure 5. Graphe de contraintes. Image issue de (Kaess & Dellaert, 2017)³

dans l'espace (6 degrés de liberté) i.e. une relation de proche en proche à la fréquence du capteur, en partant d'une pose² initiale arbitraire en coordonnée locale. Chaque relation intégrant un bruit même très minime, la dérive finale cumule un ensemble de petites erreurs. On parle alors du taux de dérive global τ de l'algorithme, le rapport entre la somme des erreurs et la distance curviligne D parcourue.

$$\vec{\partial}_t^{\text{mesuré}} = \vec{\partial}_t^{\text{reel}} + \vec{\varepsilon}_t$$

$$\tau = \frac{\|\sum_{t=T_0}^T \vec{\varepsilon}_t\|}{D} ; D = \sum_{t=T_0}^T \|\vec{\partial}_t^{\text{reel}}\|$$

Cet ensemble de relations de proche en proche, par l'intermédiaire des amers successivement appariés, constitue un graphe de contraintes (figure 5) qui peut être enrichi d'informations complémentaires. Dans le cas d'un cheminement topométrique, nous retrouvons, de

2 Pose : vecteur positionné dans l'espace représentant l'état du mobile dans l'espace (position et orientation)

3 Kaess, M., & Dellaert, F. (2017). Factor Graphs for Robot

manière analogue, le fait de réaliser des mesures successives permettant de positionner une nouvelle station par rapport à une autre, en déterminant une nouvelle pose dans l'espace, mais cette fois-ci à 4 degrés de liberté par l'intermédiaire d'une contrainte de gisement et de distance.

Le tableau ci-dessus résume les analogies entre SLAM-LiDAR et cheminement lancé. Le cheminement lancé est très comparable au SLAM-LiDAR sans boucle. Le taux de dérive s'accumule au fur et à mesure que le nombre de stations augmente.

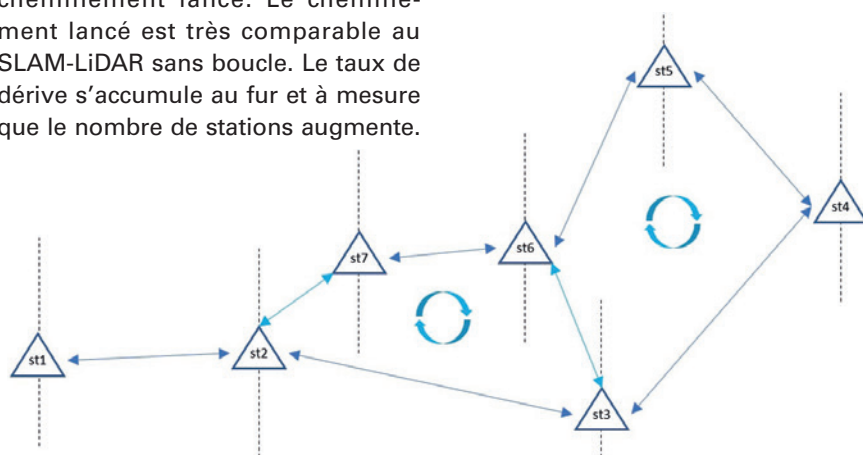


Figure 6. Cheminement polygonal, l'équivalent de la fermeture de boucle topométrique pour réduire les dérives d'un cheminement lancé (en antenne).

Seulement, dans le cas du SLAM-LiDAR, l'équivalent d'une station pourrait être une trame LiDAR. Dans le cas d'un LiDAR produisant dix trames par seconde, le taux de dérive lié au nombre de stations et du nombre de fois que l'on estime son déplacement au cours du temps est le facteur majeur qui implique que le taux de dérive d'un algorithme SLAM est bien supérieur à celui obtenu sur un cheminement lancé. Un algorithme SLAM peut également se doter d'un algorithme de fermeture de boucle lui permettant de réduire son taux de dérive lorsque le mobile est en capacité de "revenir" dans une zone connue. En topométrie, ce cheminement lancé devient alors un cheminement polygonal réduisant ainsi les erreurs cumulées. À chaque fois qu'une nouvelle station, positionnée par rapport à la station précédente, peut "reboucler" et réaliser une seconde mesure par rapport à une station plus ancienne, de nouvelles contraintes s'ajoutent au calcul pour optimiser l'ensemble et réduire la dérive cumulée au sein de cette boucle (figure 6). L'algorithme de fermeture de boucle du SLAM-LiDAR est similaire, en ce sens qu'il doit pouvoir "répartir" l'erreur observée sur l'ensemble des déplacements réalisés au sein de cette boucle (figure 7 et figure 8). Cette répartition est appelée la compensation d'erreur.

Il est alors possible d'enrichir un ou plusieurs relevés topométriques précédents par des compléments en réalisant de nouvelles stations, elles-mêmes rattachées à une ou plusieurs stations plus anciennes. Dans ce cas, les calculs sont

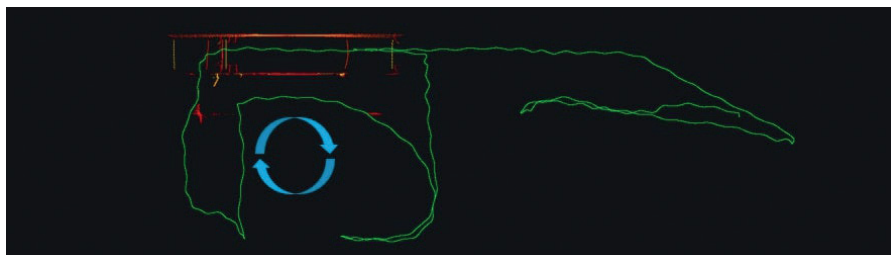


Figure 7. La fermeture de boucle en SLAM-LiDAR pour réduire le taux de dérive.



Figure 8. Fermetures de boucle multiples.

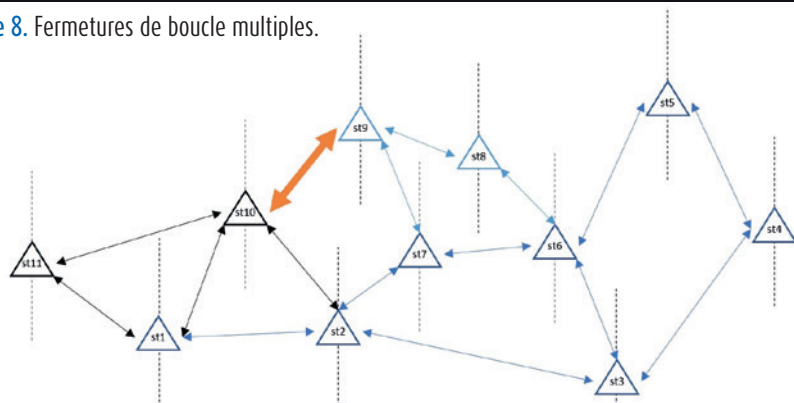


Figure 9. Mesures additionnelles pour enrichir le projet initial, avec rattachements multiples avec le projet initial ET entre les nouvelles stations.

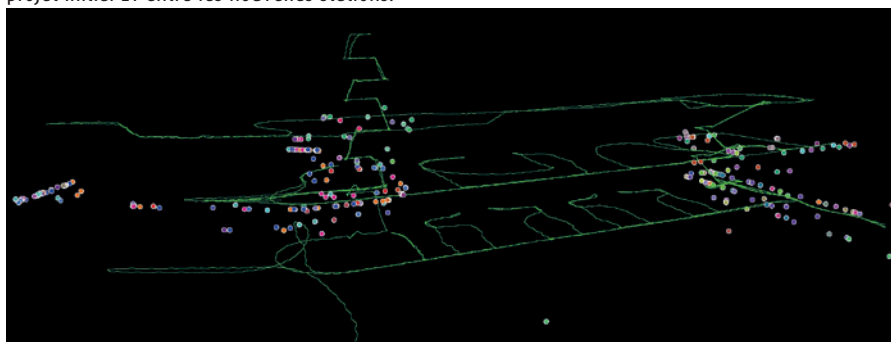


Figure 10. Contraintes entre 3x scans et ajustement global via de nouvelles contraintes entre les scans.

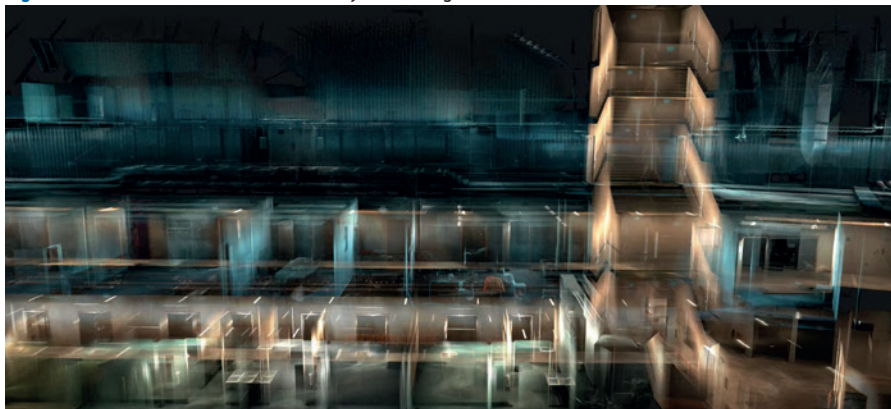


Figure 12. Relevé indoor avec technologie SLAM, constitué de 3x scans distincts (1x par étage), compensé globalement via les zones de recouvrement dans les deux cages d'escaliers pour constituer un nuage de points global.

scan #	1	2	3
1	62		
2	40	116	
3	16	38	55

Figure 11. Nombre de contraintes au sein de chaque scan, et nombre de contraintes entre les scans qui ont servi au rattachement et à la compensation globale.

très similaires à la fermeture de boucle, en venant constituer de nouvelles contraintes au graphe global. Chaque cheminement indépendant se rattache à un cheminement primaire, mais peut également se rattacher à d'autres cheminements secondaires (figure 9).

Et le rattachement global...

Enfin, le cheminement topométrique peut être rattaché à des points connus pour constituer une nouvelle famille de contraintes : des contraintes en position. Ces contraintes peuvent être utilisées dans le cadre d'un positionnement du projet global avec une transformation rigide (transformation d'Helmert), mais peuvent également participer à la compensation globale de chaque relevé. La position et l'orientation des stations deviennent alors optimisées dans le calcul pour respecter au mieux toutes les contraintes. Le SLAM permet également ce genre de compensation en intégrant des contraintes dites "absolues". Deux conséquences directes en découlent : 1- changement de repère, pour travailler dans un système de projection donné ; 2- minimisation des erreurs et réduction du taux de dérive de grande échelle.

L'intérêt lorsque le scanner 3D mobile SLAM dispose d'un récepteur GNSS est qu'il a la possibilité de générer ses propres contraintes absolues, éliminant ainsi, de fait, drastiquement le taux de dérive sur l'ensemble du projet lorsque ce scan extérieur est rattaché aux multiples scans intérieurs. Sur la figure 14, on observe un projet de relevé massif via le système mobile MS-96, constitué de seize scans indépendants, rattachés entre eux, comme le montre le tableau de la figure 15. Le site en question est un site de près de 6 000 m² sur un parc de 8,5 ha. Les seize scans cumulent 2 heures et 13 minutes de données avec 47 zones de recouvrement (figure 16).



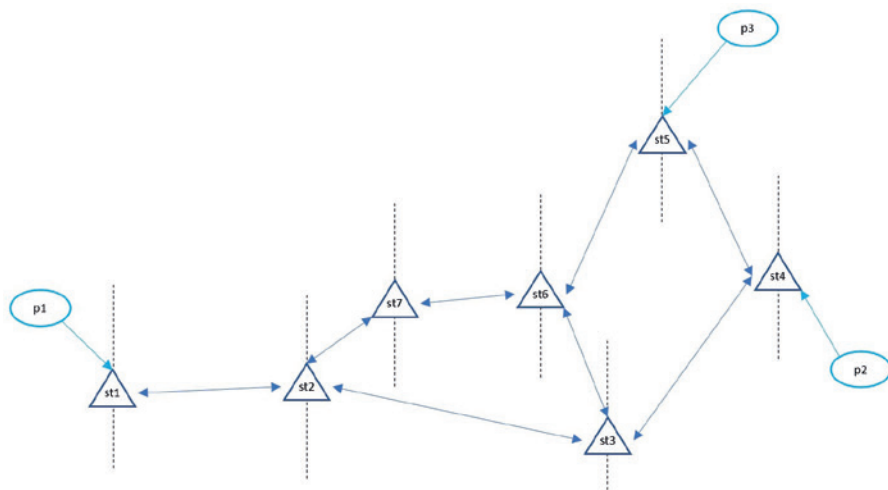


Figure 13. Contraintes absolues sur un cheminement polygonal par l'insertion de points connus dans le calcul.



Le scan SLAM-LiDAR est une méthode de relevé 3D particulièrement efficace et précise si l'on connaît ses limites et comment les contraindre : le taux de dérive du SLAM est généralement similaire pour un type d'environnement donné. On considère actuellement que le taux de dérive d'un SLAM-LiDAR fluctue

scan #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2	X															
3	X	X														
4																
5	X	X	X	X												
6	X	X	X	X	X											
7	X	X	X	X	X	X										
8																
9	X	X					X	X	X							
10	X						X	X	X	X						
11										X	X	X				
12				X						X	X					
13	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
14	X															
15					X	X	X				X	X				
16						X										

Figure 15. Tableau des rattachements, chaque croix informe qu'il existe une ou plusieurs zones de recouvrement entre deux scans.

entre 0,2 % et 1,0 % en fonction de l'environnement (la répartition spatiale et la portée des amers influent directement sur la précision du calcul, plus les amers sont éloignés et répartis, plus grande est la précision). Ce taux de dérive peut être corrigé avec une bonne méthodologie, en constituant des boucles et en apportant des contraintes absolues. Les contraintes absolues sont nécessaires sur un relevé massif pour pouvoir compenser les dérives de grande échelle. Le SLAM-LiDAR dispose finalement des mêmes contraintes que le relevé traditionnel par station totale, avec des performances égales si l'utilisateur est conscient des limites. ●

Contact

Jérôme NINOT,
VIAMETRIS, jninot@viametris.fr

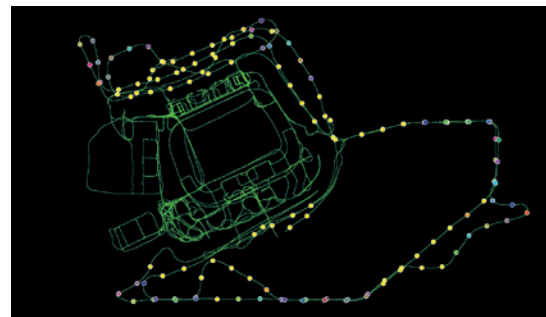


Figure 14. Contraintes absolues intégrées lors d'un relevé SLAM dans la compensation globale : les contraintes absolues sont des points GNSS-PPK. Chaque pastille de couleur représente une contrainte en position.



Figure 16. Aperçu des trajectoires pour réaliser le scan massif d'un site : les trajectoires vertes sont celles avec contraintes absolues, les trajectoires bleues permettent de rattacher l'intérieur et l'extérieur, les trajectoires rouges sont toutes les trajectoires intérieures.

ABSTRACT

We've all heard of SLAM, and we all have a more or less precise understanding of what this algorithmic family represents, originally developed for mobile robotics and autonomous vehicles. These algorithms have appeared in the field of topography and dynamic 3D scanning, enabling the rapid realization of massive measurements. However, these new technologies are reminiscent of certain methodologies, and an analogy can be drawn between the principles of SLAM and more traditional topometric techniques: to gain a technical grasp of the principle of SLAM dynamic scanning and to understand its limitations, we are proposing in this paper to compare SLAM with traditional polygonal traverse surveying techniques, thus giving an operational understanding of dynamic surveying. The subject of dynamic scanning through the case study of a massive indoor survey will be approached.

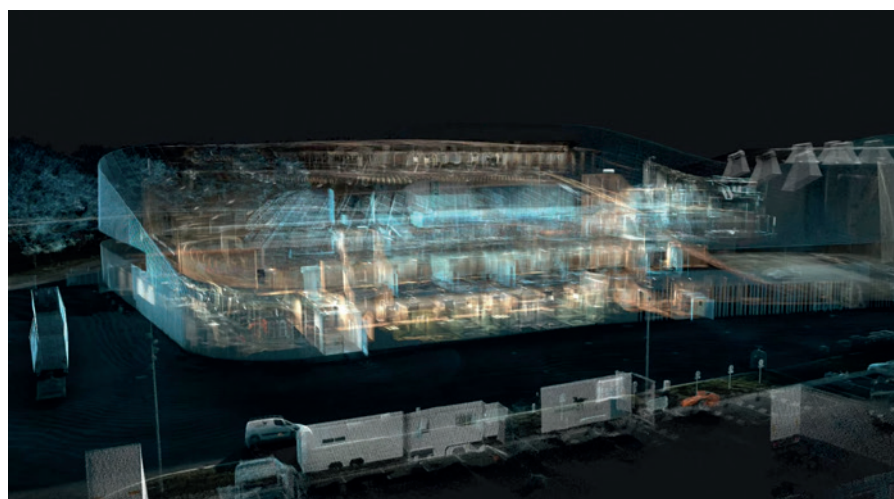


Figure 17. Nuage de points colorisé du site, rattaché dans le système RFG 93 en projection Lambert conique conforme grâce à l'intégration des contraintes absolues.



FESTIVAL INTERNATIONAL DE GÉOGRAPHIE

de Saint-Dié-des-Vosges

34^e édition

29, 30 sept,
& 1^{er} oct.
2023

Conférences
Débats
Littérature
Expositions
Géo-numérique
Gastronomie
Cinéma
Spectacles

urgences

PAYS INVITÉ : **LE CHILI**

fig.sddv.fr

Fondateur : Christian Pierret

en partenariat avec



La Région
Grand Est

CNL
CENTRE NATIONAL
DU LIVRE



MAIRIE DES VOSGES
Mairie de Saint-Dié

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION
NATIONALE
ET DE LA JEUNESSE

AVANT LA RÉUNION DES
FONDS NATIONAUX
D'AMÉNAGEMENT ET
DE DÉVELOPPEMENT
DU TERRITOIRE

V
VOSGES
Le Département

Strasbourg.eu

SNCF

aft
association francophone de topographie
et sa revue xyz

sofia

la culture avec
la copie privée

Scam*

urba
nisme

CARTO

Vosges
matin

Vosges
TV

1
LE VIVANT

3 grand est

bleu

culture

Des téléphériques au Sikkim (Inde)

Une interview d'Aymeric RICHARD, ingénieur géomètre-topographe chez Mesur'ALPES.

Le lecteur de XYZ se souvient de l'article de septembre 2016, "Quelle est donc l'altitude de cette montagne ? Mont Damavand, le point culminant de l'Iran" paru dans XYZ n° 148, pp. 54 à 60, en rubrique topo vécue. Parmi les trois géomètres-topographes membres de l'expédition figurait Aymeric Richard, alors jeune diplômé de l'INSA de Strasbourg. Nous le retrouvons dans nos colonnes, de retour du Sikkim, en Himalaya indien, interviewé par la rédaction (figure 1).

La rédaction de XYZ : Qu'as-tu fait depuis cette parenthèse iranienne, où t'a mené ton activité de topographe ?

Aymeric Richard : Depuis 2016, je travaille chez Mesur'ALPES, un cabinet de géomètres-experts de Savoie. Ce cabinet couvre les activités classiques du géomètre-expert, les relevés, les implantations, la numérisation, les études d'aménagement, les activités foncières, mais est surtout spécialisé en relevés, implantations, suivis (stabilités) et contrôles de remontées mécaniques ; ainsi, je suis actuellement responsable du service des remontées mécaniques au sein du cabinet.



Figure 1. Aymeric en action au Sikkim.



Figure 2. Le blondin, en vert, la ligne de la télécabine Bhaleydhunga et la station totale.

XYZ : Pour quelle société de transport par câble travailles-tu ?

AR : Mesur'ALPES travaille en France, pour les principaux constructeurs de remontées mécaniques (CCM Finotello, DOPPELMAYR, GMM, LEITNER et POMAGALSKI). Il arrive chaque année, que POMA, leader de cette activité aux quatre coins du monde, des cimes aux grandes métropoles, du transport industriel aux parcs touristiques, requière notre expertise pour des missions à l'étranger.

XYZ : Et en quoi consiste, précisément, la topographie des remontées mécaniques ?

AR : Il y a plusieurs étapes pour la construction d'un transport par câble :

- dans un premier temps, il y a les études préliminaires : relevés topographiques des profils terrain et zones de gares (par LiDAR et/ou méthode traditionnelle) ; et études foncières (bornages des gares et servitudes (pour le survol et zones de pylônes...) ;
- une fois le constructeur choisi, nous réalisons la pré-implantation pour figer l'ensemble des ouvrages sur site et contrôler le fond de plan d'étude ; à l'issue de cette étape, nous fournissons les distances réelles (entre les pylônes) et profils de la future ligne (axés et décalés) ;
- l'implantation finale de la remontée nécessite précision et adaptation en

fonction de l'appareil à réaliser (télécabine sur deux tronçons avec angle, téléski avec arrivée dans un bâtiment existant, implantation des deux gares du téléski avant déboisement...), autant de paramètres qui vont conditionner la méthode topographique utilisée... ;

- l'ensemble des massifs béton réalisés est ensuite contrôlé (en distance, altimétrie et alignement) après réalisation, pour vérifier que ces ouvrages respectent les tolérances fines fixées par les constructeurs, avant de positionner dessus les gares et les pylônes ;
- notre travail topographique s'achève par le réglage millimétrique des structures de gares et l'alignement des axes de potences des pylônes.

XYZ : Travaillais-tu aussi sur d'anciennes installations ?

AR : Exactement, notre activité se partage à 50 % sur les projets d'appareils neufs et 50 % sur les suivis d'appareils existants : études de stabilité, état des lieux de ligne, à tout moment nécessaire et a minima lors des grandes visites de quinze ans après la construction, puis dix ans après et finalement tous les cinq ans ; ceci est demandé par le STRMTG (Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés), le pôle de compétence de l'administration française dans le domaine de la sécurité des

transports de voyageurs par remontée mécanique et par transport guidé, qui se doit d'assurer une surveillance du parc français ; le nombre de contrôles de stabilités de remontées mécaniques augmente chaque année, lié notamment au réchauffement climatique qui engendre la fonte du permafrost, et donc le mouvement de nombreuses installations en haute altitude.

XYZ : Parle-nous du chantier du Sikkim ?

AR : Le Sikkim est un royaume himalayen, situé entre le Népal et le Bhoutan, rattaché à l'Inde en 1975. Son point culminant est le Kangchenjunga à 8 598 m d'altitude à la frontière du Népal. Bhaleydhunga est situé à Yangang, dans le sud du Sikkim à 3 165 m d'altitude, le sommet possède un temple, offre une spectaculaire vue sur le Kangchenjunga et nécessite cinq heures de marche pour l'atteindre ; une télécabine à vocation touristique de même nom, le Bhaleydhunga, est en construction depuis 2015 ; compte tenu de ses 3 000 m de longueur, son profil escarpé avec pas moins de 1 350 m de dénivelé et ses 18 pylônes, les ouvrages et gares ont été terminés en huit ans, grâce notamment au téléphérique à matériaux annexe, dit un blondin (figure 2), nécessaire à la construction ; POMA a sous-traité la topographie à un géomètre local.

XYZ : Mais pourquoi cette mission, alors qu'il y a un géomètre local et que le chantier est terminé ?

AR : Durant les tests de mise en route, le constructeur a noté un désalignement qui empêche le bon fonctionnement de la ligne ; une mission d'audit est déclenchée afin de vérifier l'appareil globalement, trouver les points litigieux et participer aux réglages correctifs ; j'ai du être très réactif dans l'étude des documents ainsi que dans la préparation de la mission, qui n'était composée que d'un seul géomètre-topographe, moi-même, et d'un spécialiste de la société POMA.

XYZ : Je pense que le voyage lui-même est déjà une aventure.

AR : Certes, une aventure qui a duré deux jours, car après un vol Genève – golfe Arabo-Persique – Delhi, nous avons emprunté un vol intérieur vers



Figure 3. Le dal bhat, riz, sauce lentille et divers légumes de saison.

Badgogra pour y passer la nuit et, après six heures de routes et pistes, nous sommes arrivés à pied d'œuvre, mais le chauffage manquait dans ce village de Yangang. Nous avons découvert le plat multinational himalayen, le dal bhat ou riz-lentille (figure 3).

XYZ : Profitons de cette pause à la lampe à pétrole pour que tu nous racontes ton équipement et ton programme d'activité.

AR : Je suis parti avec une station totale et un équipement GNSS ; bien m'en a pris, car en janvier, il y a quasiment du brouillard tous les jours et les visées optiques sont très difficiles ; le programme peut être décrit comme le relevé des axes de massifs et des têtes de pylônes, puis la comparaison des positions et altitudes par rapport aux données du géomètre local et du profil de l'appareil fourni par POMA, dans le but de déceler les éventuelles erreurs d'implantation ou de réglages.

XYZ : Mais dans quels systèmes de coordonnées planimétrique et altimétrique travailles-tu ?

AR : Il faut certes savoir jongler avec les systèmes, globaux et locaux ; si les études sont initiées sur des cartes nationales ou bien sur des relevés LiDAR géoréférencés, le projeteur en remontées mécaniques travaille en distances terrain horizontales et en dénivelées. Pour lui, les facteurs d'échelle en projection, les réductions au niveau zéro de l'ellipsoïde, les systèmes de coordonnées planimétriques sont des notions abstraites. On travaille dans un système axé, attaché au profil du projet, du type points kilométriques, où on est à telle distance du point zéro du projet

et à droite ou à gauche de l'axe ; le topographe est donc amené aux conversions entre les données globales et les données profils.

XYZ : Et je suppose que, dans le cas de trajet non rectiligne ou bien en zone urbaine, la topographie est plus compliquée ?

AR : Forcément, chaque remontée mécanique est unique (pylônes sur mesure), à chaque fois nous devons adapter notre polygonale au relief et environnement rencontrés, tenir compte des abords et s'adapter à la présence du bâti.

XYZ : Quelle est la précision demandée pour les mesures et implantations ?

AR : Le cahier de charges de POMA impose des tolérances assez serrées ; pour les ouvrages de gares, ces tolérances sont de $\pm 0,5$ cm en alignement, également de 1 cm en distance et en altitude ; pour les surfaces d'appui des ouvrages de ligne, cela dépend de leur inter-distance, soit de $\pm 0,5$ à $\pm 1,5$ cm en alignement, de ± 1 à ± 5 cm en distance et de ± 1 à ± 3 cm en altitude ; notons les mouvements de dilatation des installations durant la journée à cause de l'ensoleillement (qui peuvent atteindre plusieurs centimètres en fonction de l'exposition).

XYZ : La pause est terminée, allons ensemble sur le terrain.

AR : Par chance, le premier jour est sans brouillard et nous permet de vérifier l'alignement depuis le bas ; le deuxième jour, après cinq heures de marche, nous atteignons le sommet qui est en plein brouillard ; le troisième jour, en utilisant la nacelle de service, nous relevons toutes les têtes de pylônes manquantes ; les écarts sont relevés et des cales insérées sous les pylônes présentant les plus importants désalignements (4 à 5 cm) apportent les corrections, permettant de valider une étape dans la livraison de l'appareil au client indien.

XYZ : Y a-t-il d'autres missions du même type au Sikkim ?

AR : Nous avons profité de la présence de l'équipe pour visiter un autre chantier, le GD8 Pelling Temple ; une polygonale permettra de vérifier que les points du géomètre local sont satisfaisants à sa réalisation. ●

Christian Renonciat : le merle moqueur



■ Jean-Pierre MAILLARD

Le merle moqueur

© Elise Maillard

Comme toutes les constructions humaines, les bâtiments militaires sont un jour appelés à disparaître, ou à renaître. Le fort d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Hauts-de-Seine), n'y fait pas exception. Inscrit dans un pentagone de 170 m de côté il a été construit dans les années 1840 pour la défense de Paris. Son existence et la résistance de ses soldats n'ont cependant pas empêché la défaite de la France, infligée en 1870 par l'Allemagne prussienne. Or immédiatement, au terme d'une nouvelle sanglante bataille dans la même condition d'épouvante, sa ruine complète a résulté paradoxalement de la guerre civile entre Versaillais et communards, achevée au mur des Fédérés le 28 mai 1871 à Paris.

Le quartier du fort

Reconstruit en 1880 pour la même fonction de défense, le fort a ensuite, au fil des décennies, accueilli des départements du ministère, aujourd'hui des armées, tels la direction générale de l'armement, son centre d'électronique et autres services de transmission. La volonté municipale d'une requalification

des lieux a conduit à de longues tractations avec l'État qui ont abouti en 2007.

Démilitarisé en 2009, le fort d'Issy a alors fait place à une opération d'aménagement qualifiée d'écoquartier qui reçoit plus de 1 600 logements, dont 300 logements sociaux, un ensemble de commerces, des équipements publics et des jardins partagés, à la satisfac-

tion des 3 500 nouveaux résidents. On remarque une programmation des logements permettant le respect de la loi solidarité et renouvellement urbain (SRU) relative à l'habitat social, une contrainte souvent négligée par de nombreuses communes de la métropole parisienne qui préfèrent se libérer de cette obligation par le paiement d'un impôt. La présence de la Direction générale de la gendarmerie nationale (DGGN) garde une trace significative du passé militaire du fort.

Sur les Hauts d'Issy, isolé par les fortifications, le quartier respire la quiétude. On y remarque vite *Le Temps des Cerises*, un équipement public et associatif d'animation multidisciplinaire. Installé dans d'anciennes casemates, *Le Temps des Cerises* a été pensé comme un lieu convivial de création

partagée, vitrine des innovations technologiques. On y vient pour travailler, se relaxer, se documenter, créer ses propres contenus multimédias, boire un verre, assister à des représentations, à des ateliers, des conférences... Le bâtiment respecte la singularité du lieu marqué d'histoire et les services proposés allient avant-garde et mémoire. Son nom fait référence à la célèbre chanson populaire de Jean-Baptiste Clément, emblématique de la Commune de Paris. Au centre de la place, une sculpture fait face au *Temps des Cerises* : le merle moqueur, œuvre de Christian Renonciat.

Le merle moqueur

Le projet de Christian Renonciat, installé en avril 2015, est porté par plusieurs éléments cohérents et concordants :

- l'évocation des événements de la Commune, sur les lieux même où ils se sont déroulés ;
- le recyclage symbolique de 400 boulets de canon retrouvés sur place, témoins des terribles affrontements de cette période troublée ;
- un renvoi à la chanson *Le Temps des Cerises* en écho au proche bâtiment qui porte son nom.

Le Temps des Cerises a été écrit en 1866. La chanson s'est imposée dans la mémoire collective française après avoir grandement accompagné, dans leur lutte, l'espoir de jours heureux des communards. Si, en 1871, les aspirations ouvrières au changement ont été écrasées et qu'il aura fallu attendre le siècle suivant pour faire droit à nombre d'entre elles, la chanson évoque poétiquement le souvenir d'un moment, même aussi court que celui de la saison des cerises, où la liberté, l'égalité et la fraternité ont été plus qu'une devise. Rappelons-en les premières strophes :

*"Quand nous chanterons le temps des cerises
Et gai rossignol, et merle moqueur
Seront tous en fête.*

*Les belles auront la folie en tête
Et les amoureux du soleil au cœur
Quand nous chanterons le temps des cerises
Sifflera bien mieux le merle moqueur..."*



Le merle moqueur (détail) et *Le Temps des Cerises*.

Dans ce contexte historique, le sculpteur évoque implicitement, sur le pavé d'Issy, le peuple des rues et sa capacité de résistance, toutefois sans le poids de l'Histoire qui pourrait s'y associer. Au contraire, il préfère la tonalité d'une chanson et le chant d'un oiseau en précisant : *"Le plus beau symbole de cette page de l'Histoire, malgré un décalage chronologique que Victor Hugo voudra bien excuser, c'est Gavroche, l'enfant-oiseau des rues, auquel la chanson associe opportunément "le merle moqueur", et c'est un peu dans cette ironie bravache et rieuse qu'on voudra se placer en consacrant ces quelques trois tonnes de boulets de canon à incarner l'oiseau moqueur et toute son impertinente légèreté.*

Mieux qu'une transmutation, ne serait-ce pas, au sens propre, une sublimation, une assumption même, que d'envoler ces masses de fonte meurtrières en un chant d'oiseau ?"

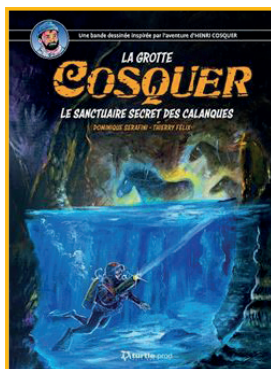
La forme du merle sort d'une enveloppe dont le volume est d'environ 3 m de diamètre. Les ailes, les pattes et la queue sont esquissées par un pseudo-squelette constitué de boulets assemblés bord à bord ou bien reliés par des tiges d'acier. L'ensemble est patiné en oxyde noir naturel et, en bon merle, l'oiseau arbore fièrement un bec et des yeux jaunes, dorés à la feuille, même si le temps a quelque peu terni les attributs colorés. L'absence de socle est volontaire afin que le merle ne soit pas monumentalisé, mais au contraire vu naturellement posé sur la place, au plan légèrement incliné.

C'est ainsi qu'apparaît une composition de sphères et de cylindres, une sorte de Meccano spécifique fait de recyclage de boulets et d'assemblage de tubes en fer. Avec une recherche de symétrie, le tout schématise un oiseau sans plume et pourtant criant de vérité puisque, bec ouvert, on le suppose en train de chanter. L'illusion est certaine puisque la gravité des boulets a bien été tournée en légèreté pour rendre crédible un éventuel envol de l'oiseau. La présentation renvoie aussi à la physique d'un atome qui, toute proportion gardée, entre noyau et électrons se déploie dans un grand vide. Ce faisant, on mesure combien toutes choses sont bien moins denses qu'on imagine, et par conséquent, que notre Univers est surtout et justement plein de vide.

Christian Renonciat

Né à Paris en 1947, Christian Renonciat a fait ses études à la Sorbonne où il a obtenu une licence de philosophie. Entre 1969 et 1975, il pratique les métiers du bois, dans un atelier d'art à Antibes. Puis il ouvre son propre atelier à Valbonne et, à partir de 1978, commence à exposer des œuvres sculptées dans le bois indifféremment hyperréalistes ou quasi-abstraites. À partir de 1984, l'artiste s'engage dans la création monumentale en variant les techniques et les matériaux. On trouve ses installations notamment en France : à Saumur, La Rochelle, Paris, Reims et Issy-les-Moulineaux comme à l'étranger : à Tokyo, Sapporo, Atlanta, San Francisco, Monte-Carlo, Londres et Séoul... Les œuvres de Christian Renonciat sont régulièrement exposées en France, en Suisse, en Belgique, aux États-Unis, au Japon et en Chine. Christian Renonciat vit et travaille en Touraine.

En détournant pacifiquement l'usage des boulets, Christian Renonciat montre qu'il y a mieux à faire avec une production porteuse de mort. Cette démarche s'ajoute à celle des nombreux autres artistes exprimant la même aversion, en particulier le Suédois Carl Fredrik Reuterswärd qui, à la suite de l'assassinat de John Lennon, a réalisé une œuvre représentant un revolver au canon noué, la bien nommée Non-violence. ●



■ La grotte Cosquer Le sanctuaire secret des calanques

Dominique SERAFINI - Thierry FÉLIX

“Si on ne regarde la mer que depuis la surface, on se prive de la moitié du spectacle” selon Henri Cosquer.

Septembre 1985, par 36 mètres de profondeur au bas d'un tombant rocheux dans les calanques entre Cassis et Marseille, l'œil du plongeur Henri Cosquer, dit Barbu, est attiré par une discrète ouverture dans la roche. Fort de son expérience, il quitte le grand bleu pour explorer les premiers mètres de ce mystérieux conduit où règne très vite l'obscurité la plus totale !

Les jours suivants, il progresse de plus en plus profondément avec pour seuls repères les indications de ses instruments de plongée et le faisceau de sa lampe.

“Mais où mène cette galerie ? Que cache-t-elle ? A-t-elle seulement une issue ?”

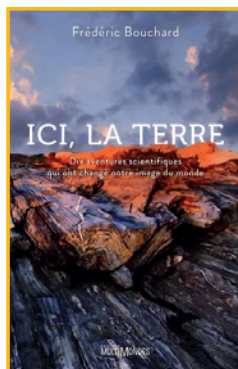
Les textes et dessins (pages 5 à 52) sont de Dominique Serafini qui est illustrateur et un plongeur expérimenté du milieu marin.

Les textes et illustrations photos (pages 53 à 72) sont de Thierry Félix qui est un préhistorien, fin connaisseur du monde des grottes ornées et conseiller scientifique, historien de l'ouvrage. Relire dans le n° 168 d'XYZ l'article de Bertrand Chazaly sur les relevés de la grotte Cosquer (partie 1), la grotte, les premiers relevés, un monument et une histoire chaotiques, et les relevés de la grotte Cosquer (partie 2), vers une dématérialisation de la grotte par digitalisation des processus et numérisations 3D, comment offrir à la communauté scientifique et au grand public l'accès au plus inaccessible des grands sanctuaires ornés d'Europe.

► **TURTLE PROD**

16,90 € - 72 pages

ISBN : 978-2-919322-63-3



■ Ici, la Terre Dix aventures scientifiques qui ont changé notre image du monde

Frédéric BOUCHARD

Notre planète ne s'est pas faite en une journée ; la science pour la comprendre non plus. Il faut suivre, au fil des derniers siècles, les tribulations de Sténon le bienheureux, James Hutton, Jean-Baptiste Delambre, Marie Curie et de plusieurs autres scientifiques pour s'en convaincre.

Ce sont leurs découvertes, pour le moins spectaculaires, qui nous ont révélé comment la Terre s'est formée et transformée tout au long de quatre milliards et demi d'années. Il en ressort dix récits rocambolesques qui nous conduisent aux quatre coins du monde, de Florence, en Italie, jusque dans les abysses de l'océan Atlantique en passant par la taïga sibérienne et Montréal. Ils nous fournissent aussi de grandes leçons de géologie avec la carte qui a changé le monde en donnant naissance à la géologie moderne et la mesure du monde en pleine révolution.

Diplômé en sciences de la Terre de l'Université Laval et de l'Institut national de la recherche scientifique à Québec, Frédéric Bouchard, professeur adjoint à l'Université de Sherbrooke au Canada. Il a été lauréat du concours “Make Our Planet Great Again” lancé par le gouvernement français en 2017, ce qui lui a permis d'étudier le pergélisol sous l'effet des changements climatiques en Sibérie et dans le nord canadien.

► **ÉDITIONS MULTIMONDE**

21 € - 152 pages

ISBN : 978-2-897-73300-1



■ Temps Les mystères de Chronos

Guido TONELLI

Traduit de l'italien par **Sophie LEM**

Un voyage vertigineux à la découverte du temps et de ses mystères

Le temps coule-t-il ? Peut-il s'arrêter ? Comment le mesure-t-on ?

Il existe un temps d'expériences, marqué par des souvenirs et des désirs, un temps pour le pouls d'un cœur ou le clignement d'un œil. Et il existe un temps des grandes distances cosmiques et de l'infiniment petit. Chronos est un mystère pour les physiciens d'aujourd'hui, comme pour les premiers humains, et celui qui le maîtrise domine le monde.

L'histoire du temps est une histoire longue, marquée par un avant et un après. Mais en s'aventurant dans l'infiniment grand et dans l'infiniment petit, il faut accepter certains paradoxes et imaginer un non-lieu et un non-temps dont sont issus deux couples inséparables : l'espace-temps et la masse-énergie.

Ce livre est un chemin tortueux qui mène à la compréhension d'un monde dominé par des effets relativistes, où il existe un futur qui précède et crée le passé. Un voyage pour apprendre à écouter la mesure du temps intérieur, à ressentir l'accélération et l'attente, lesquelles à leur tour modifient les dimensions du temps, celui des souvenirs et celui de l'avenir.

Guido Tonelli est chercheur invité au CERN et professeur à l'université de Pise. Il est l'un des principaux protagonistes de la découverte du boson de Higgs, découverte qui a valu le prix Nobel de physique 2013 à François Englert et Peter Higgs. Il a reçu le prix de physique fondamentale et le prix spécial de percée en physique fondamentale. Il est l'auteur de Genèse (Dunod, 2022).

► **DUNOD**

19,90 € - 224 pages

EAN : 9782100839155



■ La guerre des bactéries

Nicolas CHEVASSUS-AU-LOUIS

Entre résistance et collaboration :

les années noires de l'Institut Pasteur

Dès les premiers temps de l'Occupation, l'Institut Pasteur est identifié par les représentants du Reich comme acteur stratégique du conflit. La centaine de chercheurs qui y travaillent sont les seuls capables de produire les millions de doses de vaccins permettant de protéger les populations contre les épidémies comme celle de la diphtérie. Ils sont également au fait des dernières avancées scientifiques en matière de guerre bactériologique.

Dans ces circonstances exceptionnelles, les savants sont mis face à leurs responsabilités : ralentissement délibéré des livraisons aux troupes allemandes, engagement de 15 % des pasteuriens dans la Résistance, stockage de médicaments destinés aux combattants de l'ombre... mais aussi accueil de médecins SS qui utiliseront leurs recherches sur le vaccin contre le typhus, pour les essais pseudo-médicaux menés dans l'enfer de Buchenwald. Ce livre, le premier consacré à une institution scientifique pendant la Seconde Guerre mondiale, dissèque avec finesse les dilemmes, les sacrifices et les compromissions des membres du plus célèbre établissement de recherche français. Docteur en biologie, Nicolas Chevassus-au-Louis est journaliste, collaborateur régulier de Médiapart. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages, notamment *Savants sous l'Occupation* (Seuil, 2004).

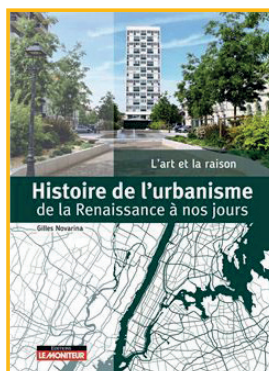
► **VENDÉMAIRE ÉDITIONS**
COLLECTION "CHRONIQUES"

23 € - 240 pages

ISBN : 978-2-36358-400-7

Répertoire des annonceurs - n° 176

ATELIER LIDAR	4 ^e de couv.
ESRI [LIVE+] SIG	2 ^e de couv.
GEOTOPO	39
FNEDRE	48
FIG SAINT-DIÉ	53
LEICA GEOSYSTEMS	2
RIEGL	3 ^e de couv.
REIS STOLZEL	9



■ Histoire de l'urbanisme

De la renaissance à nos jours

Gilles NOVARINA

Replacer les théories de l'urbanisme dans le contexte culturel, social, économique et politique de leur émergence. Un ouvrage richement illustré qui s'adresse aux étudiants, chercheurs, architectes et urbanistes. Ce livre montre comment la diversité des expériences d'urbanisme qu'ont connues les villes depuis le XVI^e siècle, relève de trois modèles :

- le modèle de la ville régulière qui organise l'espace à partir de principes et règles de nature géométrique (formes simples, murs se coupant à angle droit, symétrie du plan des constructions, régularité des ouvertures, continuité des façades, rapport entre hauteur du bâti et largeur des voies) ;
- le modèle de la ville organique qui naît d'une critique de l'urbanisme haussmannien et s'appuie sur la géographie et l'histoire pour construire une action urbanistique qui prenne en compte les diversités spatiales et sociales ;
- le modèle de la ville moderne qui cherche à adapter les structures urbaines à un progrès technique et économique qui s'incarne dans la voiture et l'immeuble résidentiel.

Sa dernière partie montre comment ces modèles doivent être revisités pour répondre aux défis contemporains de la durabilité, de la résilience et de la transition écologique.

Gilles Novarina, professeur d'urbanisme à l'université Grenoble Alpes, a dirigé l'Institut d'urbanisme de Grenoble de 2001 à 2011 et a été visiting professor au politecnico di Torino. Il est actuellement chercheur au laboratoire Architecture Environnement & Cultures Constructives de l'École d'architecture de Grenoble. Ses recherches portent sur les théories de l'urbanisme, la planification territoriale, la requalification des zones d'activités et les infrastructures vertes et bleues.

► **LE MONITEUR** - 29 € - 308 pages

ISBN : 9782281146318

■ CNS - MAG n° 95

Transport spatial

L'incontournable trait d'union - L'enjeu clé de souveraineté

Demain, les lanceurs européens seront réutilisables, minis, micros, modulables, moins coûteux, encore plus respectueux de l'environnement, mais une chose ne changera pas : ils resteront au service de l'autonomie et du rayonnement de notre continent.

■ CARTES ET GÉOMATIQUES n° 250

- Décembre 2022

Revue du Comité français de cartographie - CFC -

Les concours cartographiques

SOMMAIRE

- Introduction par François LECORDIX
- L'association Concours Carto Faire des cartes pour apprendre, cartographe pour comprendre, par Olivier GODARD
- Carte blanche à l'évasion Concours d'illustration carte routière, par Philippe SABLAYROLLES et Julie DUHOURCEAU
- Quand la Fête de la Science ne rime pas (seulement) avec Sciences dures Retour d'expérience autour du stand "cartographie" à Tours, par Florence TROIN et Dominique ANDRIEU
- De la diplomatie à la pédagogie Des cartes à remplir pour apprendre les pays du monde, par Michel GEORGES
- Les concours des conférences cartographiques internationales, par François LECORDIX

CFC : tél. & fax : 0143747093

SPÉCIAL AGENDA

Le forum de la topographie 2024 se tiendra en mars ou avril au sein de l'Agro-Bio Tech (Université de Liège) à Gembloux en Belgique.

Tenez-vous prêts !

Erratum

Le XYZ 175 présente, en page 15, les lauréats du prix de l'AFT. Le premier prix a bien été décerné à Eva Ivanova et non Ivanovna comme indiqué dans le texte et en légende du portrait de famille.

Analyser la transformation digitale du secteur foncier à travers le prisme des droits humains

■ Claire GALPIN

Transformation digitale, digitalisation, numérisation... sont devenues les maîtres mots de projets fonciers. Le respect des politiques publiques, du cadre juridique sont au cœur de l'identification et de la préparation de ces projets, tout comme les questions liées au changement climatique, à l'accès des femmes au droit foncier. Mais ces projets sont-ils vraiment centrés sur les personnes et les droits humains ? Comment sont inclus les plus vulnérables, les communautés traditionnelles et les peuples indigènes pour faire face à la disruption numérique ?

Il faut bien noter que c'est l'État qui décide de la réalisation de la cartographie foncière et de l'enregistrement des droits fonciers avec une propension à la promotion de la propriété individuelle à plus ou moins long terme. Dans ces opérations, la participation des communautés est prônée par les bailleurs de fonds, mais doit encore faire de grands progrès. De même, la transformation numérique ne prend pas suffisamment en compte les conflits fonciers à grande échelle.

Les processus de numérisation liés au foncier ajoutent de nouveaux défis aux communautés et aux populations rurales, qui sont déjà confrontées à de multiples formes de violence et de discrimination, comme le manque de protection des droits fonciers, l'accès limité à la justice, le manque d'infrastructures numériques et physiques pour faire reconnaître les droits fonciers, et le trop faible accès aux programmes d'aide publique.

Les processus de numérisation liés à la terre sont souvent principalement axés – implicitement ou explicitement – sur la propriété individuelle et privée. La manière dont les différents outils



Caravane - Golfe de Tadjoura, Djibouti

et technologies numériques peuvent prendre en compte le continuum de droits fonciers et traiter les autres formes de propriété et d'occupation (droits et systèmes de propriété collective et coutumière) doit être clarifiée et explicitée. Dans la pratique, certains processus de numérisation reproduisent ou aggravent même ces problèmes. L'accent mis par de nombreux projets sur la propriété exclusive, individuelle et privée et sur la promotion des investissements et des marchés fonciers, intensifie en fait les problèmes fonciers existants – en particulier les conflits fonciers.

L'insuffisance de l'information et de la participation effective à la conception et à la mise en œuvre des projets de numérisation du secteur foncier est également une cause du manque d'appropriation par les bénéficiaires. Les populations rurales et leurs organisations ne sont souvent pas au courant des processus de numérisation et ne savent pas comment utiliser les technologies numériques et y accéder. Les très faibles ressources financières et la faiblesse de l'infrastructure numérique dans les zones rurales en sont les causes.

L'amélioration de l'efficacité de l'administration foncière, ainsi que la réduction de la fraude et de la corruption, font partie des principaux arguments avancés par les partisans de la numérisation dans le

contexte foncier. Cependant, les résultats sont encore mitigés. La digitalisation n'est pas la solution miracle pour mettre fin à la corruption, à l'accaparement et à la fraude. L'absence de mécanismes de prévention et de contrôles efficaces peut créer de nouveaux points d'entrée pour la corruption.

Dans de nombreux cas, en particulier dans les zones rurales, le manque de capacités nécessaires pour accéder ou utiliser les systèmes et l'information numérique entrave l'utilisation des outils numériques de gestion foncière. Les difficultés que rencontrent les communautés rurales et (dans certains cas) les autorités locales lorsqu'elles tentent d'accéder et d'utiliser les systèmes numériques soulignent l'inadéquation socioculturelle.

Pour assurer la meilleure prise en compte des droits humains dans les projets fonciers visant la transformation numérique du secteur foncier, il serait utile d'intégrer les processus de numérisation dans les politiques publiques et le cadre juridique, de respecter et promouvoir le continuum de droits fonciers légaux et légitimes, collectifs et coutumiers, de garantir la participation et l'inclusion de tous les acteurs, en particulier les groupes vulnérables (femmes et jeunes) et les personnes marginalisées. ●

RIEGL VMX-RAIL

POUR LA CARTOGRAPHIE DES EMPRISES
FERROVIAIRES ET L'ANALYSE DES GABARITS



SYSTÈME DE CARTOGRAPHIE MOBILE À TRIPLE SCANNER
POUR DES ACQUISITIONS RAPIDES ET SÛRES EN LIMITANT L'IMPACT SUR
LES CIRCULATIONS ET LA DISPONIBILITÉ DES INFRASTRUCTURES

avec l'aimable autorisation
de SNCF Réseau

- 750 lignes mesurées par seconde, fréquence de répétition des impulsions de 5,4 MHz
- Vitesse de 80 km/h permettant d'acquérir jusqu'à 13 000 points/m² à une distance de 3 m du capteur
- Intégration sur tout type de véhicule ferroviaire (voiture, automoteur, ...) pour l'analyse de gabarit, de la caténaire, du risque végétation, ...
- Système de mesure robuste pour un fonctionnement fiable à long terme en environnement ferroviaire contraint
- Système comprenant 3 capteurs LIDAR de haute précision RIEGL VUX-1 HA²², avec possibilité d'intégration, en option, de caméras industrielles (jusqu'à 6)
- Orientation optimisée des têtes laser afin de maximiser le champ de vision et limiter les masques de mesure



Découvrez l'ensemble des capteurs et
systèmes RIEGL LIDAR éprouvés
www.riegl.com



RIEGL®

ATELIER LiDAR

MOBILE ET AÉROPORTÉ

7 ET 8 NOVEMBRE

Hôtel Globe et Cecil,
21 rue Gasparin, 69002 LYON

L'Atelier LiDAR, un évènement de l'AFT

Après une interruption en 2022, l'Atelier LiDAR mobile et aéroporté revient en 2023 ! Cette quatrième édition se fera pour la première fois sous l'égide de l'Association francophone de topographie, un nouveau pas significatif en vue de pérenniser cet évènement.

www.atelier-lidar.xyz

Les objectifs de cet atelier restent les mêmes, à savoir :

- partager des résultats récents portant sur l'analyse de performances de systèmes LiDAR mobiles, les méthodes transverses photogrammétrie-LiDAR, les outils d'analyse de nuage de points, et les applications de systèmes LiDAR mobiles et aéroportés ;
- créer un groupe francophone d'utilisateurs de systèmes LiDAR mobiles et aéroportés, d'intégrateurs, et de concepteurs de logiciels capables de répondre à des besoins émergents de l'industrie, et de favoriser les collaborations entre les différents acteurs de la filière. Au-delà des présentations, l'atelier laisse toujours une large part aux discussions (tables rondes) et aux échanges entre les participants.

Le thème principal de cette édition portera sur **les besoins, méthodes et outils pour l'analyse qualité de données**

LiDAR. Ce thème n'est pas exclusif et des communications portant sur l'acquisition, le traitement, les différentes plateformes, projets et retours d'expérience sont comme d'habitude bienvenus.

Inscription obligatoire au lien suivant :

<https://doodle.com/meeting/participate/id/aQ77j8Zd/vote>

Si vous souhaitez présenter, veuillez nous contacter via la page de l'évènement ou par email.

Grâce à nos soutiens, EDF, SNCF Réseau, EXAIL et LP360, l'atelier LiDAR sera gratuit ! Les organisateurs les remercient chaleureusement. Merci également à l'AFT pour son soutien moral, administratif et communicationnel !

Contacts : www.atelier-lidar.xyz ; nicolas.seube@lp360.com ; thomas.touze@edf.fr .