

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.

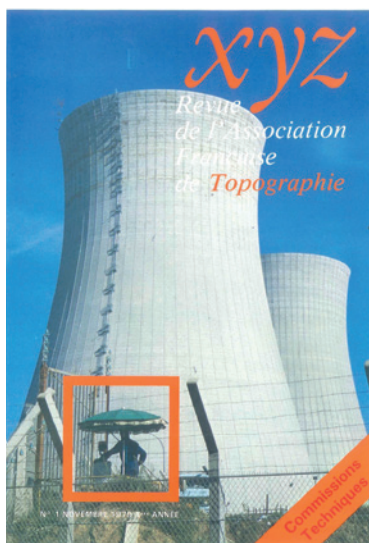


Figure 1. La couverture du numéro 1 de XYZ, novembre 1979.

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.

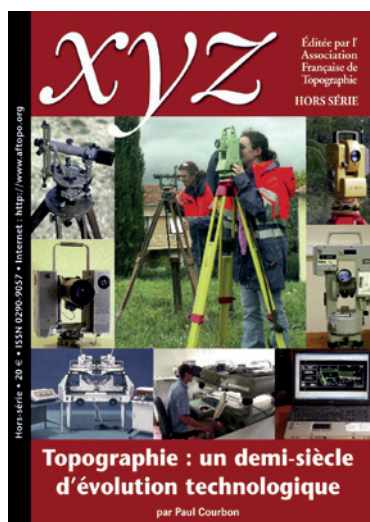


Figure 2. La couverture du XYZ hors-série de Paul Courbon sur les évolutions technologiques (2013).

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

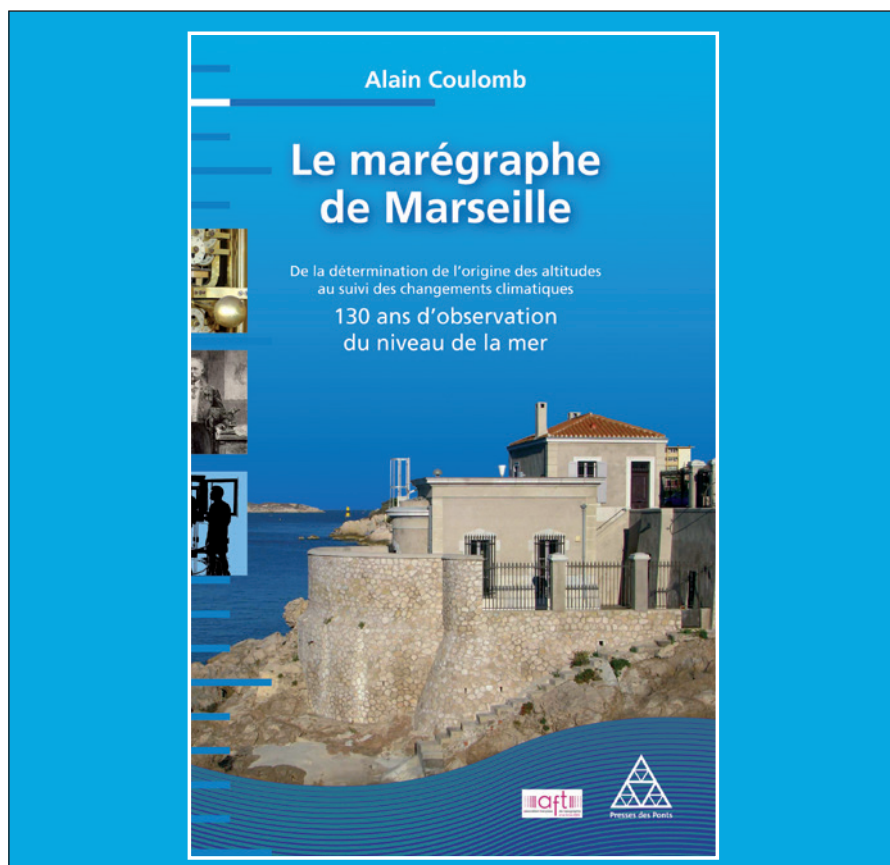
Bernard FLACELIÈRE
bernard.flaceliere@orange.fr

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