

# Géodésie géométrique ou géodésie physique

■ Claude MILLION

*Lorsqu'il existe une distance trop importante entre un chantier et le référentiel sur lequel seront menés les calculs, les mesures faites sur le plan devront être corrigées d'un coefficient d'échelle avant leur utilisation par les donneurs d'ordre : Architectes, Ingénieurs, etc., lesquels ne sont pas habitués à rencontrer de telles contraintes dans leur travail de tous les jours. De ce fait, ils imposent souvent que les mesures soient rapportées à l'altitude moyenne du chantier.*

*Des Universitaires ont objecté qu'il existait des logiciels du commerce qui calculent très bien ces corrections. En dehors du fait que ces potentialités ne sont apparues que très récemment, rien n'indique que leur usage soit facile sur le chantier, de nombreux exemples semblent prouver le contraire.*

*On propose de calculer les point de base GPS connus ou mesurés en latitude et longitude dans deux systèmes, l'un proche du chantier, l'autre conforme à la réglementation, soit Lambert 93.*

*Les plans seront établis dans le système du chantier, puis, en fin de travaux, les coordonnées locales seront traduites en coordonnées Lambert 93 par une transformation polynomiale conforme de degré approprié.*

*La représentation locale plane conforme proposée est la Projection Stéréographique. Si le chantier est petit, la transformation se réduit à une translation rotation et mise à l'échelle du premier degré.*

**I**l y a peu de temps encore tous les calculs topométriques étaient menés en utilisant un référentiel bidimensionnel (2D) pour exprimer les positions horizontales, et l'altitude pour la troisième dimension. Comme l'altitude était rapporté à une surface courbe, il n'était pas possible de combiner les coordonnées verticales et horizontales dans un système cartésien tridimensionnel (3D) sans sacrifier l'unicité de la définition, et sa cohérence, sur de grandes distances.

Certes, dans les dimensions d'un ouvrage de génie civil, ou à l'échelle d'un bâtiment, même grand, il était souvent possible de faire la confusion, d'autant que cette coupure correspondait à un phénomène physique très net : Si aux frottements près, on déplace un corps pesant dans le référentiel horizontal, sans dépenser d'énergie, en revanche, on dépense de l'énergie, ou on en récupère, si on le déplace verticalement. Toutes les activités qui touchent au Génie Civil, et si on réfléchit bien, toutes les activités humaines, sont extrêmement sensibles à ce fait. Elles sont liées à cette surface qui pourrait être le géoïde, mais le plus souvent elles l'ignorent, elles sont liées à une équipotentielle particulière passant à l'altitude moyenne du chantier

À l'opposé, les mesures GPS sont rapportées à un référentiel unique XYZ axé sur le centre de masses de la terre et apparaissent comme parfaitement cohérentes à toute distance. Ce qui est tout à fait exact, sinon qu'on ne voit pas comment un

ouvrage de Génie Civil pourrait gagner à utiliser ces coordonnées à l'état brut. On ne le fait d'ailleurs pas.

On remplace le système XYZ par son mauvais "clone" composé de la longitude la latitude et de la hauteur au-dessus d'un ellipsoïde de référence mondial. Techniquement, les coordonnées géographiques longitude et latitude sont rapportées à ce même ellipsoïde de référence, lequel n'a pourtant que peu à voir avec une surface horizontale physique, celle que donnerait un niveau mis en station sur place par un architecte ou un géomètre de chantier par exemple ; certes, il est assez proche d'une équipotentielle, mais c'est une création intellectuelle destinée à dresser des cartes mondiales, la géodésie, la géophysique, les applications astronomiques et hydrographiques, et à atteindre des quantités d'autres objectifs, voir les attendus de [1], tous fort louables en soi, mais ils n'ont rien à voir avec les problèmes spécifiques du Génie Civil.

Décrire la position 3D d'un point à l'aide de ses coordonnées géographiques est rendu difficile par l'ambiguïté qui subsiste sur la surface de référence. Bien entendu le passage des coordonnées 3D aux coordonnées longitude latitude et hauteur au-dessus de l'ellipsoïde, et la transformation inverse sont des opérations purement géométriques qui se font sans la moindre perte de précision, mais à quel prix sur le plan de la réalité physique !

■ ■ ■

- La seule surface de référence naturelle, qui ait une réalité physique, est la surface de niveau perpendiculaire à la direction du fil à plomb, ou si l'on veut celle donnée en un point par un niveau à bulle ou tout dispositif pendulaire équivalent.

Dans la mesure où on ne combine pas les coordonnées horizontales et la coordonnée verticale on conserve la cohérence et l'unicité de définition de chaque système. Ce que ne fait pas le référentiel de GPS, c'est donc un système qui, contrairement à ce qu'il affiche, n'a ni unicité, ni cohérence physique, tout en ayant, mais géométriquement seulement, ces mêmes qualités, lesquelles sont inutiles à l'utilisateur qui "rampe" sur le géoïde.

## Les coordonnées latitude et longitude de GPS

Par définition, les coordonnées 3D du point sont projetées perpendiculairement sur l'ellipsoïde de référence et forment avec sa normale deux angles, l'un compté à partir de l'équateur de direction Sud Nord sera la latitude, l'autre sera l'angle dièdre entre le plan de la projection et la direction origine des longitudes, qui n'est pas tout à fait l'ancien référentiel de Greenwich, égal à la longitude, avec une controverse Anglo-Saxons contre Européens, sur le sens de mesure de cet angle ! Voir Figures 1 et 2.

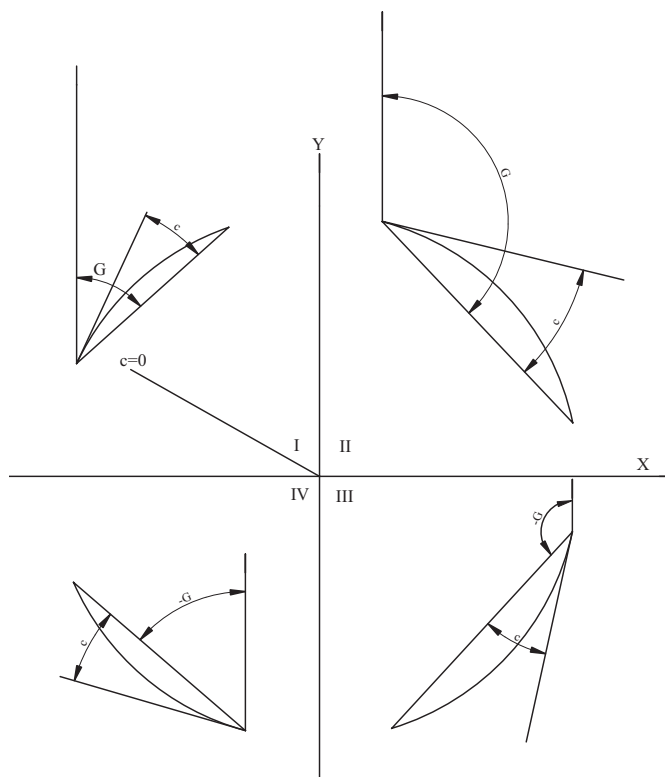


Figure 1

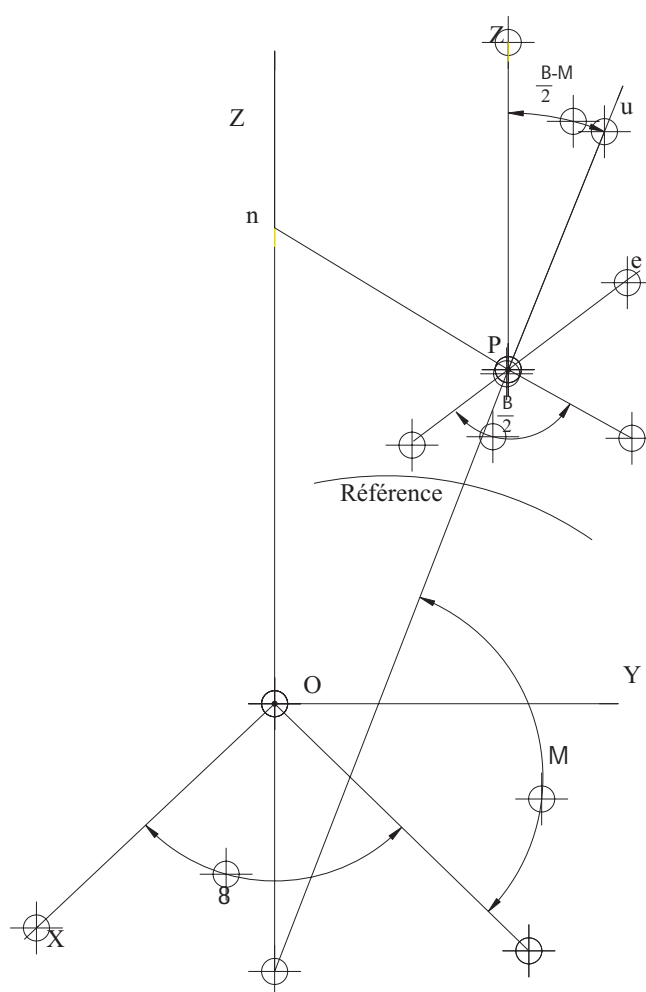


Figure 2

Ceci a pour conséquence que, comme les verticales sont, sensiblement, des arcs d'hyperboles, ou sont plus exactement les directrices d'hyperboloïdes de révolution ; selon la définition ci-dessus, deux points situés sur la même verticale n'auront pas, sur l'ellipsoïde de référence, la même latitude, ils auront donc deux représentations distinctes sur le même référentiel horizontal, par conséquent on notera une distance horizontale entre deux points situés sur la même verticale physique ! Voir la figure 1 très déformée pour bien mettre le phénomène en évidence. Ceci s'ajoute au fait que l'ellipsoïde n'est pas une surface équipotentielle ayant un intérêt pour le Génie Civil car souvent trop éloigné du géoïde, ou de l'altitude du chantier. Évidemment, l'ellipsoïde de référence étant de révolution, comme le sont les équipotentielles théoriques, aucun problème de ce genre ne se pose pour les longitudes.

Les familles d'ellipses méridiennes ayant les mêmes foyers sont celles des équipotentielles théoriques, situées au-dessus ou en dessous de l'ellipsoïde de référence GRS 80. En chaque point de l'espace, et en particulier sur un point moyen de votre chantier, passe une surface équipotentielle qui est liée à l'ellipsoïde de référence par cette relation d'homofocalité. Une famille de courbes orthogonales aux précé-

dentes sont les verticales. Ce sont des hyperboloïdes de révolution, ayant également les mêmes foyers que les ellipses. Le lieu des foyers, qui forment un cercle dans le plan de l'équateur, est commun aux deux familles de courbes, équipotentielle et verticales, voir [2] qui constitue toujours, malgré son grand âge (1967), la bible de la géodésie physique. On remarquera que les latitudes des points varient le long des verticales, d'où l'intérêt de bien définir le référentiel sur lequel on s'appuie ; mais bien sûr rien de tel pour les longitudes qui pourraient être définies sans faire référence à une équipotentielle particulière, par exemple en projetant le point sur le plan équatorial.

## Référentiel légal ou référentiel du chantier

On a souvent évoqué la différence fondamentale qui existe entre deux activités du topographe : La première consiste à faire des plans et cartes qui seront mises à la disposition du public en général à un prix ne représentant qu'une fraction minime de leur coût, chacun pense aux cartes éditées par l'IGN, et aux plans à grande échelle du Cadastre, encore que ces derniers n'aient, "stricto sensu" qu'une finalité fiscale fréquemment hautement affirmée, du moins en France ; la seconde est l'établissement de documents semblables, mais avec une finalité proche, forte, et bien définie, qui vise à construire un ouvrage ou à recueillir des informations précises sur des points qui n'intéressent que le client, lequel paye la totalité du coût de l'établissement de ce document. Mais des dispositions légales lui impose d'établir au moins son canevas de base dans un référentiel légal qui peut être un handicap pour une conduite simple de ses opérations, notamment un ellipsoïde 50 m sous le géoïde local, induisant un défaut d'échelle de 50/6.371.008, et présentant des altérations linéaires et angulaires (dV) très fortes dans certaines régions (cf. Lambert 93 à Dunkerque et en Corse).

Les universitaires prétendent qu'il ne s'agit là que d'une question de génération et qu'il est facile de fournir les dimensions propres au chantier à partir de ces données lointaines. En dehors du fait que ces potentialités ne sont apparues que très récemment dans les logiciels du commerce, et que rien n'indique que leur usage soit facile au niveau des chantiers, des bureaux d'Architectes et d'Ingénierie, certains exemples semblent prouver le contraire.

Une enquête très complète avait été faite par l'American Society of Civil Engineers et publiée dans son journal spécialisé dans le domaine de la Topographie Appliquée au Génie Civil [3] appendice III. Il s'agissait d'interroger les différentes Agences des Ministères des Transports (DoT) des états des Etats-Unis sur leurs pratiques pour satisfaire les obligations légales de baser les plans et cartes établies pour le compte de leurs services dans le canevas de base imposé, qui n'était généralement pas très pratique pour un usage sur le chantier. En effet, au niveau du chantier, le client voulait pouvoir mesurer sur le plan qui lui était livré des quantités qui soient celles qui seraient réalisées et non des entités abstraites rapportées

à un référentiel général national ou mondial sans rapport avec ce qu'il ferait. Pour résumer en peu de mots les résultats de cette longue et minutieuse enquête on peut dire que les réponses majoritaires privilégiaient l'établissement d'un plan à l'altitude moyenne du chantier, avec un point central ayant des coordonnées uniques celles du système officiel, et *in fine* le calcul du canevas de base dans le système légal, enfin son archivage. Quelques résurrections étaient signalées à la frontière entre deux Etats. En fait, les transformations se réduisaient dans la majorité des cas à une mise à l'échelle et à une translation, variables suivant les zones de l'Etat en cause.

Plus récemment, un article rapporte la réalisation des plans de récolement du TGV Méditerranée, on note que le référentiel choisi n'est pas Lambert 93 qui, dans la zone, présente des altérations notables, mais Lambert III de la NTF beaucoup plus mesuré dans ses altérations, avec un ellipsoïde plus proche du géoïde [4] que GRS 80.

Ayant pratiqué, comme Ingénieur Civil, pendant plus de trente ans, les Travaux Publics, le Génie Civil, et la Construction, on peut attester que les raccordements au canevas général qu'on a pu commander aux géomètres n'avaient d'autre but que de permettre de réaliser des chantiers que les opportunités foncières dispersaient comme un "patch-work" dans le tissu des bidonvilles d'Outre-Mer à entièrement résorber. Ces raccordements, bien qu'établis à partir d'un réseau IGN très lâche, et assez médiocre en regard de nos besoins, tout en étant parfaits, et même surabondants pour la cartographie, furent très vite largement densifiés, ils ont évité des déboires importants pour les raccordements des axes majeurs des voies, mais ils n'ont été vraiment utiles que parce que les altérations de toutes sortes étaient largement inférieures aux erreurs de mesure des instruments utilisés alors sur les chantiers. En aucun cas il n'a été question de satisfaire à des obligations légales que les autorités, qui auraient dû les faire appliquer, ignoraient d'ailleurs totalement, de plus, les dimensions de l'île où se situaient ces ouvrages ne posaient jamais ce genre de problème !

Il ne s'agit pas de préoccupations artificielles. Certains ont été très loin pour que les représentations cartographiques restent les plus proches possibles des mesures réelles qu'on fait sur le terrain en évitant même la réduction au niveau de référence tel que le niveau moyen des mers, on peut citer le cas du Michigan en 1971, qui ne se trouve pourtant qu'à une altitude moyenne de seulement 800 pieds.

Plus récemment, en 1993, sous l'impulsion de l'auteur de [3], l'Etat de l'Orégon a défini un système local de coordonnées conservant les références fondamentales de GRS 80, mais en se donnant une valeur du grand axe de l'ellipsoïde de 6 378 452 m au lieu de 6 379 137 m, voir [5] et une excentricité très voisine de celle adoptée pour GRS 80, mais très légèrement différente, on reviendra plus loin sur le point du calcul de l'excentricité d'une équipotentielle. Des formules simples de passage de ce référentiel particulier à l'Orégon, au référentiel général des Etats-Unis NAD 83 essentiellement, étaient ajoutés un facteur d'échelle et une origine commune. ■■■

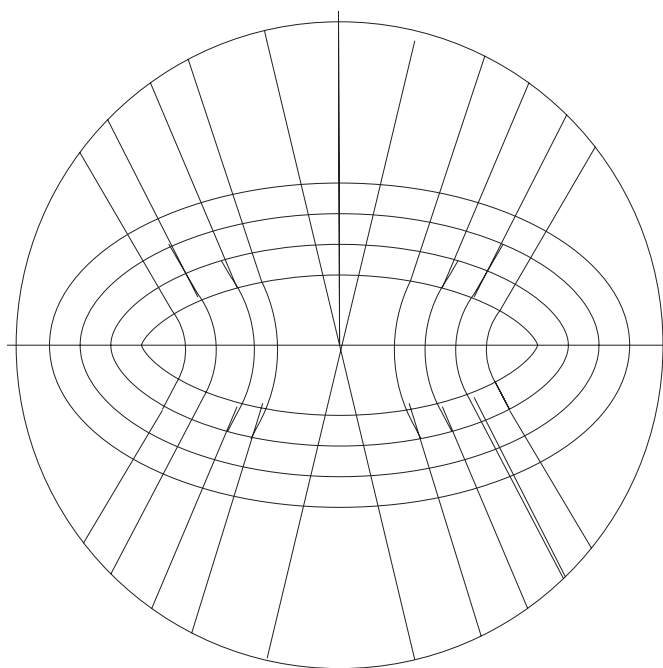


Figure 3 : familles d'ellipses et d'hyperboles homofocales

Il s'agit là de réalisations récentes auxquelles on ajoutera le réseau TransManche 1987 et le réseau particulier pour la traversée de l'Öresund entre le Danemark et la Norvège et sans doute bien d'autres dont on n'a pas encore eu connaissance.

### Le mélange des mesures

Les mesures spatiales faites par GPS, GLONASS, Doris et autres à venir, sont venues s'ajouter aux mesures traditionnelles faites au sol. Dès lors, s'est posé le problème du choix d'un référentiel commun pour calculer les réseaux composés de ces différentes mesures.

Enthousiasmé par [3] qui préconisait de faire tous les calculs dans le système tridimensionnel de WGS 84, on a largement sacrifié à cette tendance [6], en établissant des logiciels de démonstration pour les calculs de polygonation, intersection et relèvement – voir la fiche 1 – en tridimensionnel géocentrique, qu'on a largement diffusés, pour finalement déchanter faute de retours positifs des utilisateurs qui n'ont pas été intéressés.

En effet, dans ce référentiel qui fait la part belle aux mesures spatiales, chaque point stationné ne comporte pas moins de six inconnues :  $G_0$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $\Lambda$ ,  $\Phi$ , voir notamment les équations dans [2], les deux dernières inconnues indiquant dans quelle direction pointe la verticale de la station par sa longitude et sa latitude, elles sont évidemment très corrélées avec  $X$ ,  $Y$  et  $Z$ , ces dernières étant les trois coordonnées rectangulaires géocentriques, les résultats ne sont souvent pas très cohérents, probablement sous l'effet de la réfraction sur les distances zénithales, car les écarts sont très supérieurs à ce qu'on peut attendre des déviations des normales à l'ellipsoïde par rapport à la verticale – voir encore un exemple sur la fiche 1.

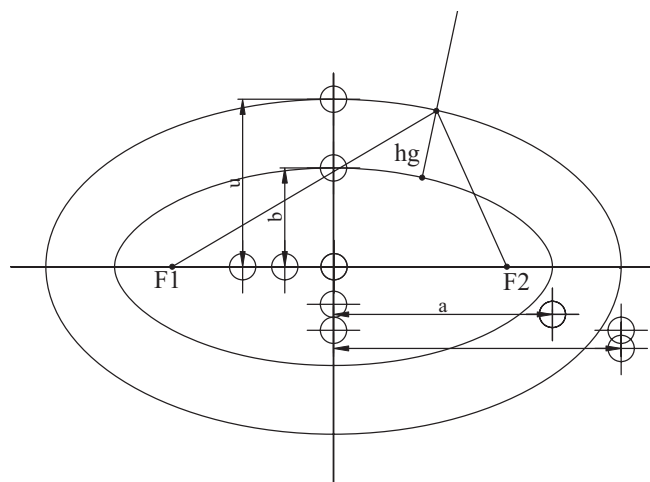


Figure 4

L'autre solution était de privilégier les mesures terrestres en se rapprochant du terrain et en transformant les mesures spatiales en leurs équivalents terrestres longueur développée sur une équipotentielle, ou sur le géoïde, distance zénithale, et azimut C'est ce qu'on propose. C'est ce qu'on a déjà fait dans [7] mais sur une surface qui n'était pas une véritable équipotentielle, tout en restant bien évidemment très proche.

### La définition d'une équipotentielle de référence

On va montrer comment calculer les caractéristiques d'une équipotentielle de référence attachée au chantier sur laquelle on pourra développer les longueurs mesurées au sol et dans l'espace, et qui servira de référentiel 2D. On éliminera ainsi tous les problèmes de projection orthogonale ou courbe puisqu'on "étalera" le vecteur DGPS sur cette surface, qui, bien que théorique, sera suffisamment proche d'une équipotentielle physique réelle pour que ce travail soit assez précis, mais en 2D seulement bien sûr. Bien entendu rien de tel n'est possible en 3D, pour cela il faut revenir à l'algorithme classique attribué à Helmert de projection orthogonale du point 3D sur l'ellipsoïde de référence ou de sa variante corrigée par Pizzetti. Les altitudes qu'on calculera seront conformes aux hypothèses qu'on s'est données, à savoir qu'elles seront rapportées à l'équipotentielle qu'on va définir. Mais on ne traitera pas ce problème ici.

Soit sur la figure 4 l'ellipsoïde de base est GRS 80 de grand axe  $a$ , et de petit axe  $b$ . On veut calculer les axes d'une ellipse homofocale située à une hauteur  $h$ , au point de latitude  $\phi$ . La hauteur  $h$  peut être la somme :  $h = h_g + A_m$  composée de la hauteur du géoïde  $h_g$  et de l'altitude moyenne du chantier,  $A_m$  au point moyen du chantier, et à cette latitude  $\phi$ . On a,  $u \equiv b + h \cdot (1 - e^2 \cdot \sin^2(\phi)) = b'$  puis  $a' \equiv \sqrt{u^2 + E^2}$ , avec  $E$  excentricité linéaire fixée, dans GRS 80 [1], comme une constante dérivée, soit  $E = \sqrt{a^2 - b^2}$ , cette relation est la définition de cette constante qui vaut  $E = 521.854,0097$  m.

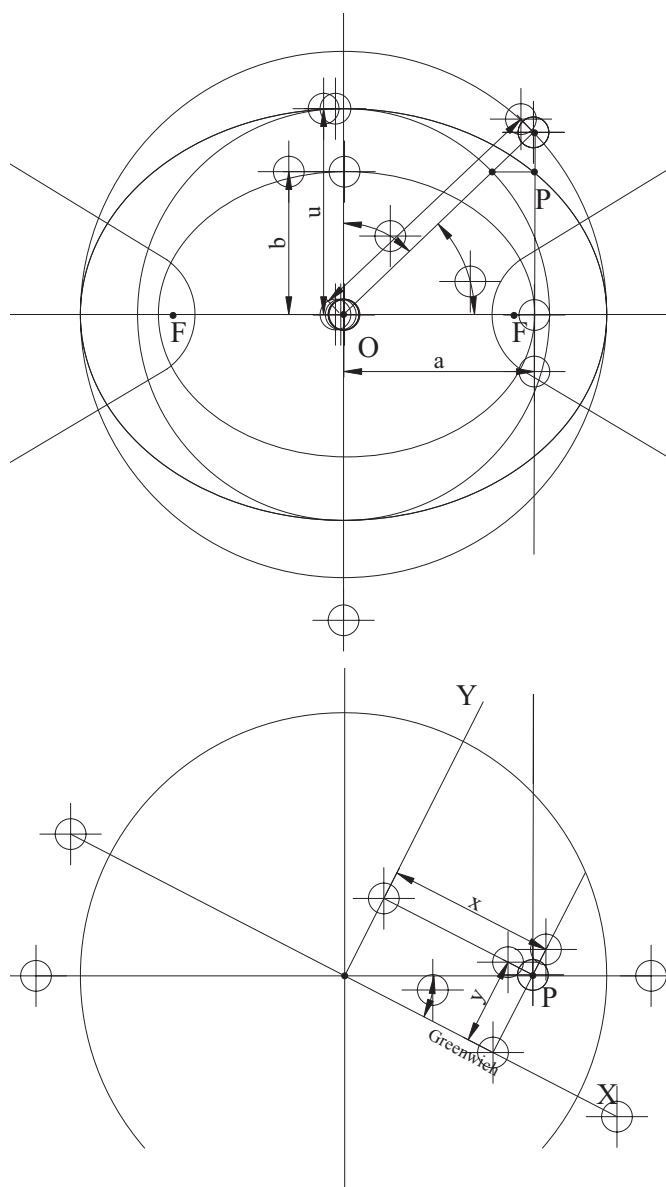


Figure 5 : Coordonnées ellipsoïdales

Comme la valeur de  $e$ , excentricité réduite, est celle de l'ellipsoïde de référence GRS 80, on la recalcule au niveau de l'équipotentielle locale  $h$ , soit :

$$e_h = e_h \sqrt{\frac{E^2}{a'^2}}, \text{ Puis on itère, } u \approx b + h \cdot (1 - e^2 \cdot \sin^2(\phi)) = b'$$

puis encore  $a' \approx \sqrt{u^2 + E^2}$ , éventuellement on répète,

$$e_h = e_h \sqrt{\frac{E^2}{a'^2}} \text{ on a alors } c' = \frac{a'^2}{u}$$

voir [2] et [7]. Mais, généralement, cela est superflu.

## Un peu de géométrie : les coordonnées ellipsoïdales

On introduit les coordonnées ellipsoïdales sur la figure 5 :  $u$ ,  $\theta$ ,  $\lambda$ , dans un système trirectangle géocentrique  $X, Y, Z$ .  $P$ , le point ; est sur un ellipsoïde de révolution quelconque, mais

homofocal, au référentiel Mondial GRS 80 de centre  $O$  d'excentricité linéaire  $E$ . La coordonnée  $u$  est le petit axe de l'équipotentielle.  $\theta$  est la colatitude réduite de  $P$ , complément de  $\beta$  la latitude géocentrique de  $P$ , et  $\lambda$  est la longitude dans son sens habituel. Les relations entre les coordonnées géocentriques de  $P$  :  $X, Y, Z$  et ses coordonnées

$$X = \sqrt{u^2 + E^2} \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\lambda)$$

$$\text{ellipsoïdales sont } Y = \sqrt{u^2 + E^2} \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\lambda)$$

$$\text{le demi-grand axe est } Z = u \cdot \cos(\theta)$$

$$a' \approx \sqrt{u^2 + E^2}$$

Pour construire un ellipsoïde homofocal on fait  $u'$  constante :

$$\frac{X^2 + Y^2}{u'^2 + E^2} + \frac{Z^2}{u'^2} - 1 = 0$$

cette équation représente un ellipsoïde de révolution. Deux paramètres essentiels : une constante dérivée  $E = O \rightarrow F1 = F2 \rightarrow O$  de GRS 80 et, seulement, un paramètre  $u$  propre au chantier. Si on fait  $\tan(\lambda) = \text{constante}$  on obtient un hyperboloïde à une nappe qui, recoupé par un plan méridien  $Y = X \cdot \tan(\lambda)$  donne l'équation de la verticale passant par  $P$ .  $\theta$  est l'angle de l'asymptote de la verticale en  $P$

$$\frac{X^2 + Y^2}{E^2 \cdot \sin^2(\theta)} + \frac{Z^2}{E^2 \cdot \cos^2(\theta)} - 1 = 0$$

Pour  $E = 0$  on retombe, évidemment, sur des coordonnées cylindriques.

## Le mélange des mesures

On sait que les praticiens sont assez attachés à leurs habitudes. Il serait possible, à ce stade de se passer de projection, et de travailler en coordonnées ellipsoïdales longitude et latitude d'autant, que la consultation des plans se fait, dans la majorité des cas, sur écran et que les cotes et toutes dimensions relevées (angles, cubes etc..) résultent d'un calcul interne fait par le micro-ordinateur qui affiche l'image.

Pour être réaliste, on préférera transformer les coordonnées bidimensionnelles des points GPS en coordonnées planes  $X$  et  $Y$  dans une projection qui servira de référentiel de calcul aux mesures terrestres. Le problème est de savoir laquelle choisir. En fait, dans [5], on n'a que l'embarras du choix, sauf une projection oubliée, mais pourtant bien utile pour les chantiers compacts, la projection stéréographique locale, très simple et pour laquelle la précision de calcul ne doit rien à des développements limités, c'est de la géométrie pure. On reviendra un jour sur ce sujet, tout à fait négligé dans cet ouvrage qui constitue, pourtant, une somme pratique considérable sur le sujet des projections.

Il faudra ensuite pour satisfaire aux obligations légales transformer toutes les coordonnées du chantier en coordonnées Lambert 93. Ceci est très facile si on prend les précautions suivantes : Il faut calculer les coordonnées géographiques des points GPS dans les deux systèmes de coordonnées géographiques, le RGF 93 et le système local du chantier. Les coordonnées RGF 93 seront transformées en Coordonnées Planes Lambert 93 et les coordonnées chantier dans une projection



conforme quelconque qui satisfasse le client sur une équipotentielle proche du chantier afin de ne pas trop en altérer les dimensions. Le client a bien d'autres sujets de préoccupations sur son chantier que de garder en tête que les dimensions de ses plans ne seront pas correctes, les visées non rectilignes, et qu'il devra, constamment, songer à les corriger !

Les points communs aux deux référentiels serviront à replacer tous les points du chantier dans le référentiel légal, et cela presque sans frais. Quatre points au minimum pour un développement au troisième degré, et six pour le cinquième, mais bien entendu il faut au moins disposer du double de ces nombres, ne serait-ce que pour se contrôler.

On a déjà donné les moyens de d'appliquer directement, en une seule opération, des coordonnées dans un autre référentiel [9]. On pourra trouver dans [10] les justifications théoriques complètes (Dans cet article on trouve tout ce qu'il faut savoir sur les projections). Ce dernier texte recommande d'utiliser des polynômes du cinquième degré pour des chantiers de 200 km par 200 km pour conserver le millimètre, on n'a pas dépassé le troisième degré dans [9], car on ne pense pas que de tels chantiers soient très courants. De toutes les façons, dans le logiciel établi en [9], il est facile d'augmenter le nombre des termes du développement.

## Conclusions

On a indiqué comment il était possible de rapprocher le référentiel du chantier afin que les mesures ne soient pas trop altérées et que, sur place, les plans représentent vraiment le terrain. On a indiqué qu'il était facile de satisfaire à la fois son client et les obligations légales résultant des récentes dispositions réglementaires prises sans trop se soucier des topographes et de leurs préoccupations quotidiennes mais qui, toutefois, avaient prévu le cas qui nous a intéressé. ●

## Références citées

- [1] **Helmut Moritz**, *Geodetic Reference System* –1980, Bulletin Géodésique.
- [2] **Weikko A. Heinskannen et Helmut Moritz**, *Physical Geodesy* – Reprint Institut of Physical Geodesy, Technical University, Graz, Austria, 1993. Le texte original est de 1967.
- [3] **Earl. F. Burkholder**, *Using GPS Results in True 3D Coordinates System in Journal*, in *Surveying Engineering* Vol 119, 1<sup>er</sup> février 1993.
- [4] **Stéphanie Beets**, *Bilan d'un levé de ligne à grande vitesse par profilomètre ferroviaire Adaptation au TGV Méditerranée*, XYZ n°88 septembre 2001.
- [5] **Maarten Hooijberg**, *Practical Geodesy Using Computers*, Springer Verlag 1997.

[6] **Claude Million**, *L'intersection 3D*, XYZ n°72, mars 1997 – *Tendances actuelles en matière de calcul des canevas de base*, XYZ n°78, janvier 1999.

[7] **Claude Million**, *Le développement du vecteur DGPS le long de la géodésique*, XYZ n°88, septembre 2001.

[8] **Pascal Willis et Claude Boucher**, *L'unification des références géodésiques. L'exemple du Tunnel sous la Manche*, XYZ n°62, 1995.

[9] **Claude Million**, *L'application d'un système de coordonnées dans un autre référentiel*, XYZ n°90, janvier 2002.

[10] **Jean-Jacques Levallois**, *Représentations conformes et adaptations*, XYZ n°64, mars 1995.

## ABSTRACT

*When a too long distance separates the altitude of the Surveyed Site or the geoid, and the Reference Ellipsoid of a Plane Projection, the measurements made on the plan must be corrected by a Scale Coefficient.*

*The current users of the topographic Survey such as Architects, Civil Engineers, etc... who are not familiar with this fact, are very puzzled in their day to day practice by these*

*corrections. Frequently, they ask, and impose, that the measurements made on the plan reflect the reality of their building site. It was objected that, now, on the shelf software computes these corrections. Apart from the fact that these potentialities appeared only very recently and that nothing shows that their use is easy on the level of the building sites, the offices of Architects and Engineering Offices, examples seem, moreover, to prove the opposite. We propose to transform the two-dimensional co-ordinates of the points G P S : , into plane co-ordinates X and Y in a projection which will be used as reference frame of computations for the measurements made on the ground. Then, Co-ordinates RGF 93 will be transformed into Plane Co-ordinates Lambert 93.*

*The co-ordinate of the building site will be computed in a local Conform Projection which satisfies the customer, on an Equipotential Surface the closest as possible to the building site in order to alleviate the dimensions alterations. The Conformal Projection proposed is a local Stereographic Projection.*

*At the end of the work the co-ordinates specific to the building site shall be converted into legal co-ordinates Lambert 93 by a polynomial transformation, four common points are at least necessary for a development to the third degree, and six for the fifth, but, of course, it is at least necessary to have the double of these numbers, to check the transformation.*