

Application de la représentation Lambert 93

■ Paul COURBON Ingénieur des travaux (IGN), géomètre-expert

Le décret n°2000-1276 du 26 décembre 2000, paru au Journal Officiel du 28 décembre 2000, et son correctif de janvier 2001 applicable à partir du 1^{er} février 2001 officialise le système géodésique RGF 93 et la représentation Lambert 93 pour le territoire français.

L'article 2 de ce décret prévoit : "L'Institut Géographique National en zone terrestre et le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine en zone maritime, entretiennent et diffusent à tout demandeur public ou privé, l'information relative à ces systèmes et à leurs caractéristiques ainsi que les éléments nécessaires à la transformation des systèmes les plus couramment utilisés sur le territoire national, dans le système de référence national défini à l'article 1^{er}."

Un an et demi après, il est intéressant de savoir où en est l'application de cette loi et, surtout, les difficultés rencontrées pour sa mise en œuvre et sa compréhension par les différents utilisateurs. Avant de nous attacher à ces points, nous préférons donner quelques rappels à l'attention de nos lecteurs.

Positionnement d'un point sur la terre

Le premier type de positionnement, lié à l'astronomie de position, est la latitude, angle entre la verticale du lieu et le plan de l'équateur et la longitude, angle entre le méridien du lieu et un méridien origine : généralement celui de Greenwich.

Les différents types de représentation plane (projection)

Mais pour pouvoir reporter ces coordonnées sur un plan, il est nécessaire de rechercher un système de représentation permettant de passer de la surface terrestre au plan.

Il n'est pas facile de se familiariser avec tous les systèmes employés dans le monde. Au XIX^e siècle, mis à part de système métrique introduit par les scientifiques français au moment de la Révolution, il n'y avait aucun système universel. Chacun travaillait dans son coin. C'est ainsi que pour représenter la terre sur un plan, sont apparues, les représentations Lambert, Mercator, Bessel, Bonne, etc. appelées aussi projections.

■ Le géoïde et l'ellipsoïde

La terre est un solide irrégulier. On avait défini le géoïde comme le prolongement des mers au dessous de continents. Liée à la gravité, cette surface est elle aussi irrégulière. Les satellites ont confirmé des creux de plus de 100 m sur la surface des océans par rapport à un modèle géométrique. Or, il est nécessaire de définir un modèle mathématique pour pouvoir faire tous les calculs de transformation qui aboutissent au plan cartographique. Le modèle mathématique le plus proche du géoïde est l'ellipsoïde.. Là aussi, en fonction des travaux réalisés par les scientifiques, plusieurs ellipsoïdes furent adoptés. Les uns s'adaptent bien à une région, les autres à une

autre région. En France, l'ellipsoïde associé à la représentation Lambert était celui de CLARKE 1880 IGN.

L'apparition des satellites et le calcul de leurs trajectoire a permis de mieux définir la forme exacte de la terre. Ces satellites sortaient du cadre hexagonal. Il convenait de définir un nouvel ellipsoïde mieux adapté que le Clarke 1880 à l'ensemble du globe terrestre. Nous en reparlerons plus loin.

■ Les points fondamentaux

Au XVII^e siècle commença la géodésie française. Chaque pays bâtissant ensuite sa géodésie, le fit indépendamment des pays voisins. Chacun démarra d'un point dit "fondamental", déterminé astronomiquement et où l'ellipsoïde et le géoïde correspondaient conventionnellement. Etant donné la précision des instruments utilisés, surtout en ce qui concerne la mesure du temps très importante en astronomie de position, étant donnée l'absence de radio-communication, ces points n'avaient qu'une précision de quelques dizaines de mètres, au mieux. Même avec un système de représentation unique, on n'aurait pu raccorder les géodésies des différents pays. Une volonté d'unification apparut après la seconde guerre mondiale, avec le système européen ED 50 qui n'avait qu'un seul point fondamental, situé à Postdam.

■ La représentation UTM

La représentation UTM (Universal Transverse Mercator) est la représentation ■■■

■ ■ ■ de la terre sur un cylindre tangent à l'ellipsoïde suivant un méridien. C'est la plus utilisée. Pour limiter les déformations inévitables quand on passe d'une surface courbe au plan de la carte, on limite la représentation à 3° de part et d'autre du méridien central, soit une plage totale de 6°. Il y a donc 60 zones UTM pour représenter toute la terre. On dit que c'est une représentation universelle, car les paramètres de transformation sont les mêmes pour toutes les zones, différemment de la représentation Lambert. La France, dont la longitude va de 5° Ouest par rapport à Greenwich, jusqu'à 8° Est, se trouve à cheval sur trois zones : 30, 31 et 32. Ce qui pose des problèmes quand on passe d'une zone à l'autre, car il n'y a pas de continuité dans les coordonnées rectangulaires.

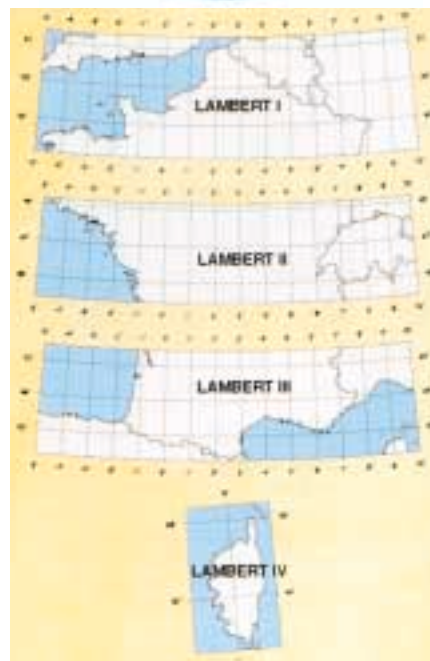
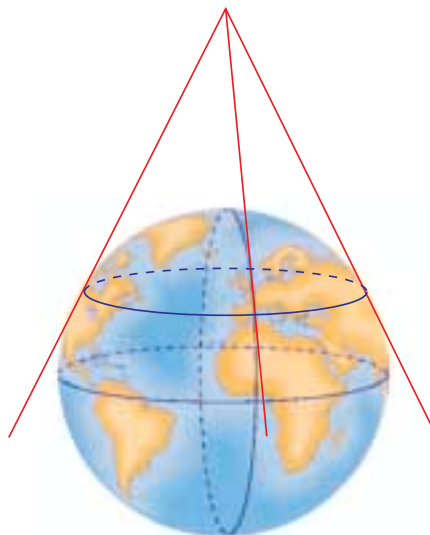


■ La représentation Lambert

La représentation Lambert fut adoptée en France au début du XX^e siècle, aux commencement des levers de la nouvelle carte au 1/20 000. La Réunion, la Guyane et les Antilles sont dans la représentation U.T.M.

La représentation Lambert se fait sur un cône tangent à l'ellipsoïde suivant un parallèle. Pour limiter les déformations, on avait partagé la France en trois zones pour le continent, plus une quatrième pour la Corse. La déformation maximale était de 12cm/km en limite de la zone II. Mais, ces différentes zones généraient

un manque de continuité de coordonnées. En allant du nord au sud, on passait d'une zone à l'autre. Un point de coordonnées $x=900.000,0 / y=335.000,0$ dans la zone Lambert III aurait pour coordonnées métriques : $x=900.036,7$ et $y=35.262,4$ dans la zone Lambert II.



Avec l'apparition des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) et des banques de données couvrant la France entière, un point de coordonnées données pouvait avoir trois positions. Il devenait nécessaire de n'avoir qu'une zone. C'est ainsi que fut créée la zone "Lambert II étendue" qui couvrait toute la France continentale. Le problème est en bordure de zone où l'on trouve une altération linéaire de l'ordre de 3m/km.

■ Les coordonnées rectangulaires kilométriques

Le report sur le plan d'un point défini par sa latitude et sa longitude est compliqué par le fait que la longueur d'un arc de parallèle varie en fonction de la latitude. Il est plus pratique de définir un carroyage kilométrique ayant pour axe des ordonnées le méridien origine, représenté en Lambert comme en UTM par une ligne droite. En ce qui concerne la France, ce sont les coordonnées Lambert.

■ Les coordonnées trirectangulaires ou cartésiennes

Dans les levés topographiques terrestres, le troisième élément des coordonnées est l'altitude z . Élément indispensable pour voir le sens d'écoulement de l'eau, associée si étroitement à notre vie. Cette altitude z , liée au niveau de la mer, liée à la bulle des nivelles donc à la gravimétrie, se rattache au géoïde. Nous avons ainsi un système de coordonnées "bâtard", utilisant deux systèmes de références différents. Les abscisses et les ordonnées sont définis dans un système ayant pour repères l'axe des pôles, le plan de l'équateur et le méridien de Greenwich. L'altitude, quant à elle, est rattachée à la surface du géoïde.

L'apparition des satellites qui tournent autour du point théorique qu'est le centre de gravité de la terre, demandent un système de calcul unique, qui ait ce centre de gravité pour origine. C'est ainsi que fut adopté un système de coordonnées trirectangulaires ou cartésiennes, ayant une origine proche du centre de gravité de la terre, pour axe OZ l'axe des pôles, l'axe OX étant contenu dans le plan du méridien de Greenwich. C'est le cas du système WGS 84 encore employé dans de nombreux GPS, amélioré avec l'IRTF 2000.

Mais, quand on voit afficher un Z de 4.645.363m, pour nous terriens, habitués à un z par rapport à la mer, cela ne veut rien dire ! Il faut donc transformer ces coordonnées dans un système mieux adapté à la surface terrestre sur laquelle nous vivons. Mais, là encore se pose un dernier problème. Pour faire

nos calculs de transformation, il nous faut un modèle mathématique qui est l'ellipsoïde. Or, en France, la hauteur entre l'ellipsoïde et le géoïde varie entre 35 et 50 mètres suivant les endroits. Les logiciels de calcul devront donc comporter un modèle de géoïde pour pouvoir passer de la hauteur ellipsoïdique, donnée par les calculs de transformation, à l'altitude au dessus de la mer qui seule nous intéresse. Ce modèle de géoïde, mis au point par Henri Duquenne (ESGT) est utilisable en se calant sur les points du RGF 93.

Le RGF 93 et la représentation Lambert 93

Mais, avec l'avènement de la géodésie spatiale, il est apparu que nos modèles de calcul étaient assez éloignés de la réalité. L'arrivée des satellites puis, surtout, le GPS, remettaient en cause toute la procédure géodésique. On pouvait enfin quitter le cadre "hexagonal" pour entrer dans un cadre mondial. Il fallait donc entrer dans un système de références plus étendu et, surtout, mieux défini. Adieu le point fondamental de Paris, adieu l'ellipsoïde de Clarke 1880 IGN !

■ le nouveau système géodésique

L'ellipsoïde de Clarke 1880 IGN fut remplacé par l'ellipsoïde GRS 80 optimisé pour l'ensemble du monde. Était créé le système tridimensionnel géographique RGF 93, équivalent au système de référence européen ETRS 89 rattaché à une partie stable de la plaque eurasienne, en cohérence avec le système mondial ITRF 93. Un canevas de 1023 points, de

précision centimétrique et réalisé au GPS matérialise le système géodésique RGF 93.

Le système tridimensionnel géographique est défini par la latitude, la longitude et la hauteur par rapport à l'ellipsoïde GRS 80. Il est donc indépendant de tout système de représentation.

Différemment de ce qui se passait dans les anciens répertoires géodésiques qui ne donnaient que les coordonnées Lambert zone des points, les nouveaux répertoires donnent les coordonnées en tridimensionnel géographique et ensuite en Lambert 93.

■ La nouvelle représentation LAMBERT 93

Nous avons dit précédemment que pour des raisons de S.I.G. national, il était préférable de n'avoir qu'une seule zone pour toute la France. C'était la raison de la zone Lambert II étendue.

Associée au RGF 93, la représentation plane du territoire continue à se faire en Lambert, sur un cône légèrement sécant à cet ellipsoïde GRS 80. Mais en une seule zone pour toute la France. Le méridien origine n'est plus celui de Paris, mais 3° Est de Greenwich, la latitude origine est de 46°30'. Pour éviter les coordonnées négatives, les coordonnées du point origine sont de 700.000,00 en x et 6.600.000,00 en y. Pour diminuer les altérations linéaires, nous avons deux parallèles d'échelle conservée (altération linéaire 0) à 44° et 49° (où le cône est sécant à l'ellipsoïde). Mais cette altération reste quand même supérieure à +3m/km à l'extrême sud de notre pays (Bonifacio) et un peu inférieure à l'extrême nord (Dunkerque). Elle est de -

0.95m/km à la latitude origine. On aurait pu profiter de tous ces changements pour adopter carrément la représentation UTM, mais cette opportunité n'a pas été saisie. La raison invoquée est la difficulté de créer un algorithme de calcul adapté à une zone UTM très élargie. Il y avait sans doute d'autres raisons valables pour rester en Lambert, d'autant plus qu'une zone UTM agrandie aurait échappé au découpage normal des fuseaux UTM, de 6° en 6°. Mais, à une époque où se crée l'Europe, n'aurait-il pas fallu chercher une harmonisation avec les autres pays ?

Nous voyons qu'il ne faut pas confondre le RGF 93 qui est un système de points géodésiques, avec le Lambert 93 qui est une représentation plane de l'ellipsoïde.

le décret d'application du 26 décembre 2000 (J.O. du 28.12.2000) et son correctif de janvier 2001

Comme vu plus haut, ce décret officialise le système RGF 93 qui devient le système légal français, auquel est associée la représentation Lambert 93. Mais, ses modalités d'application restent trop générales. L'article 2 stipule que l'IGN reste à la disposition des demandeurs, mais aucun délai d'application n'est précisé pour les administrations qui n'ont pas encore exploité des levés en Lambert local, exécutés antérieurement pour des besoins d'études. Si l'IGN a mis à jour tous ses répertoires géodésiques, nous ne savons encore quand toute la cartographie 1/25 000 non informatisée sera actualisée pour un utilisateur lambda. Quant aux autres ■■■

L'ellipsoïde Clarke 1880 IGN est remplacé par l'ellipsoïde GRS 1980, optimisé pour l'ensemble du monde. Un canevas de 1023 points de précision centimétrique, réalisé au GPS, matérialise le système géodésique RGF 93, fourni en coordonnées tridimensionnelles géographiques. La représentation Lambert 93 est une représentation plane de l'ellipsoïde, en une seule zone pour la France continentale et la Corse. Lui sont associées les coordonnées Lambert 93. Nous voyons qu'il ne faut pas confondre le RGF 93, système de points géodésique, avec le Lambert 93, représentation plane de l'ellipsoïde.

■■■ administrations, je ne sais où elles en sont. Dans le Var, les géomètres fournissent toujours aux DDE des levés en Lambert III, même quand ils dépassent 500 mètres de long ! L'exemple de Marseille et Toulon, ou du département du Var m'indique que les collectivités locales sont encore loin d'avoir adopté le nouveau système.

■ Le problème de l'altération linéaire

Nous avons vu que le choix d'une zone unique pour toute la France était dicté par les SIG nationaux. La représentation Lambert 93 est donc avant tout destinée aux échanges. La priorité a été donnée aux Systèmes d'Information Géographique plutôt qu'à la topographie de base.

Je ne sais si l'attention des utilisateurs a été suffisamment attirée sur l'altération linéaire en limite de zone. Implanter un bâtiment de 100 mètres ne demandait aucune précaution quand l'altération maximale était de 12 cm/km. Si un architecte conçoit un gros ouvrage à un endroit où on dépasse 3m/km et qu'il travaille sur un plan établi en Lambert 93, attention aux dégâts. Il vaudra mieux travailler sur des coordonnées indépendantes locales, quitte à les transformer ensuite pour entrer dans le cadre légal. Dans les pays où ce problème se pose depuis longtemps, on fait attention. Le fera-t-on, dès maintenant, en France ? Il faudra que tous les logiciels d'implantation tiennent compte de l'altération linéaire pour pouvoir implanter directement des ouvrages à partir des coordonnées Lambert 93. Les cotes périmétriques affichées sur les plans de bornage rattachés au Lambert 93 ne devront-elles pas être corrigées de l'altération linéaire par un logiciel approprié ? C'est là qu'apparaît le problème de l'application d'une loi, dont le texte trop général n'a donné ni délais, ni procédure d'adaptation précise. On renvoie les utilisateurs à l'IGN ! Or, si l'IGN est parfaitement spécialisé en géodésie, il ignore totalement les plans de délimitation ou de bornage avec des cotes périmétriques ! Il n'a

Pour privilégier les SIG nationaux, le Lambert 93 ne comporte qu'une zone pour toute la France. Il en résulte une altération linéaire comprise entre -1m et +3m/km. Cela pose des problèmes aux topographes.

aucun pouvoir sur les fabricants de matériel.

Les confrères géomètres que j'ai questionnés n'ont pas tous pris conscience de ce problème. Ils n'utilisent d'ailleurs pas encore le Lambert 93 ! Je dois ajouter que l'ordre des Géomètres-experts a publié une magnifique brochure sur le système Lambert 93, mais qui reste trop générale et ne rentre pas du tout dans le détail. Elle est inutilisable en pratique, par le géomètre de base.

Il faut préciser que la plupart des logiciels topographiques ne calculent pas l'altération linéaire en fonction des coordonnées Lambert. Il faut introduire l'altération linéaire du lieu avant les calculs. Il faudra que tous les prochains logiciels prennent en compte les coordonnées Lambert pour introduire automatiquement ces altérations. Là encore, un vaste travail reste à faire qui n'a pas été prévu par le décret d'application. La diffusion du programme CIRCE 2000 par voie d'Internet (1) est très intéressante. Mais, il faudra des instructions précises et suffisamment pédagogiques pour ceux qui utilisent la topographie et ont cessé leurs études depuis longtemps.

■ Nul n'est censé ignorer la loi... et pourtant !

Nul n'est censé ignorer la loi, mais la paresse naturelle de l'homme l'amène à toujours remettre à demain les changements qui demandent un effort d'adaptation ! Je pense que le passage au Lambert 93 sera plus laborieux que celui à l'euro... cela nécessitera un gros effort d'information de la part de l'IGN, auprès des autres administrations, auprès des géomètres et géomètres-experts, des bureaux d'étude et cela, d'une manière pédagogique et accessible par la majorité.

Quel doit être le rôle de l'IGN

Bien qu'il ait à subventionner en partie son budget, l'IGN est en premier lieu un service public. Je pense que son rôle ne doit pas être passif, à attendre qu'on lui pose des questions, mais actif. Il doit précéder ces questions. Cela, d'autant plus, que bien que la loi ait été signée par des politiques, l'IGN fait partie de ceux qui sont à l'origine de cette loi. De ce fait, l'IGN doit se sentir impliqué dans son application.

Comment, un agent d'une collectivité locale ou départementale, dont la spécialité n'est pas la géodésie et qui a certainement oublié les vagues notions qu'on lui a inculquées il y a longtemps et très rapidement, pourrait-il poser les questions pertinentes à l'IGN ?

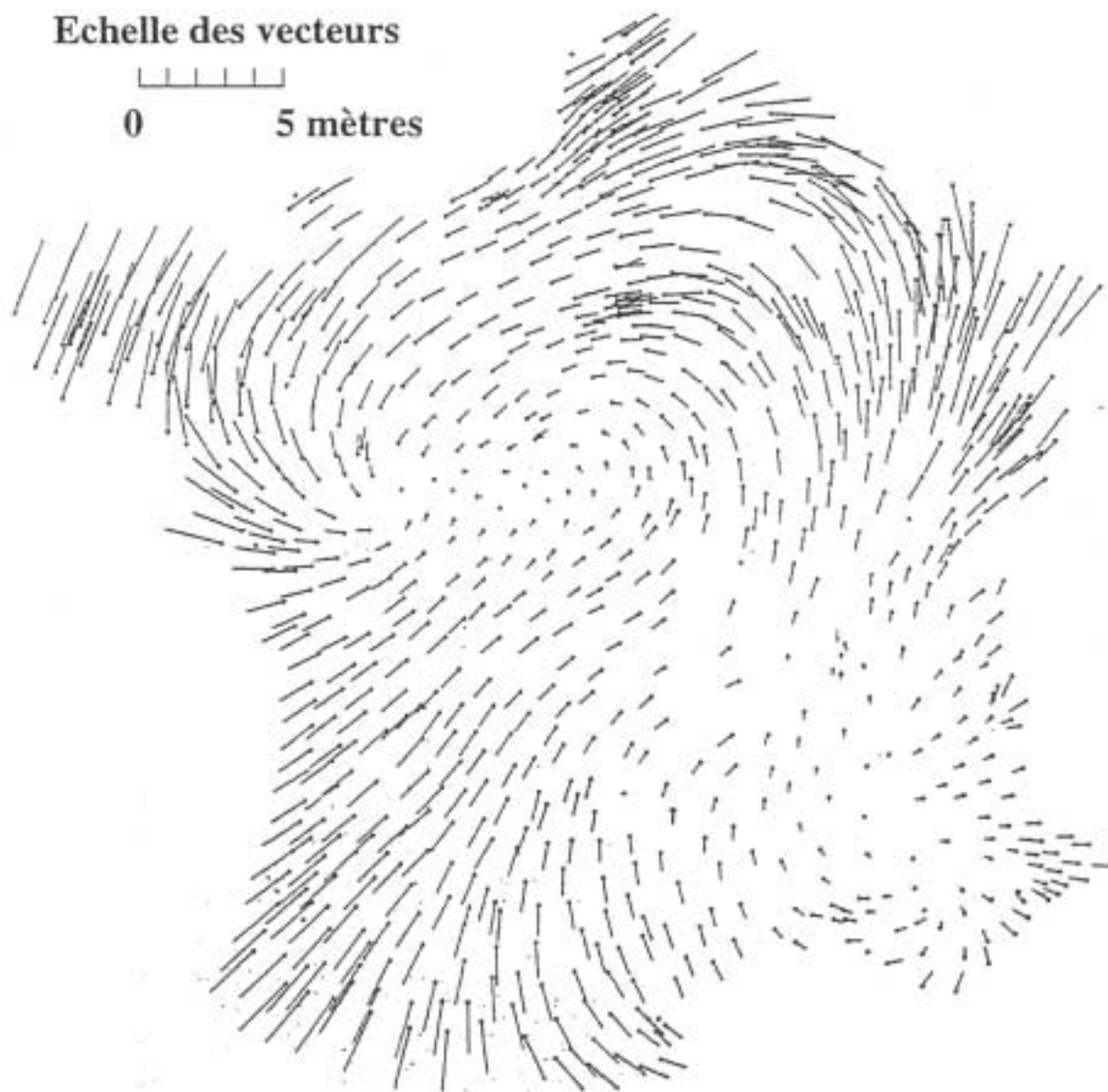
Il faut aussi rappeler que la plupart des géomètres-experts étant axés sur le foncier, les problèmes liés à la géodésie ne sont pas leur spécialité. Accaparés par les problèmes de gestion de leur cabinet, par les problèmes d'urbanisme, de bornage, les expertises, la plupart d'entre eux ont perdu de vue leur cours de géodésie. Il leur est difficile de trouver du temps pour se recycler. D'ailleurs, si nous questionnions des ingénieurs IGN qui ont choisi depuis longtemps des postes de gestion, nous aboutirions au même constat.

Mais, il n'y a pas que les géomètres. Il faut aussi penser aux bureaux d'étude, aux architectes, aux géomètres des sociétés de travaux publics dont aucun n'est spécialiste de géodésie.

■ L'IGN ne doit pas penser IGN, mais usager non spécialiste de la géodésie

Je rappelle l'article 3 de la loi du 26 décembre 2000 :

"Le rattachement des informations localisées au système national de référé-



Les déformations de la N.T.F. par rapport à un système spatial (document IGN)

rence peut être réalisé suivant l'une des trois modalités suivantes :

- en fournissant les informations dans les systèmes légaux de coordonnées.
- en fournissant les informations dans tout autre système accompagné des éléments nécessaires à leur transformation dans le système national de référence de coordonnées avec le même niveau de précision que celui des informations d'origine.
- en reportant les informations sur un fond de plan graphique ou numérique lui-même rattaché selon l'une des deux modalités précédentes avec le même niveau de précision que celui du fond de plan utilisé".

Première réaction : beaucoup de gens n'ont pas compris l'utilité de la représentation Lambert 93, si pour des travaux de génie civil (et ce qui n'est pas précisé, pour des plans de bornages comportant de longues cotes périmétriques) il faut rester dans un système de coordonnées indépendantes.

Les modalités 2 et 3 de l'article 3 ne sont ■■■

“Les observations GPS du réseau RGF 93 ont révélé des distorsions importantes dans la NTF déterminée par triangulation. Dans certaines zones, ces distorsions dépassent 5 mètres”.

■ ■ ■ pas accessibles aux non spécialistes. L'IGN doit donner deux ou trois cas de procédure strictes, associés à un exemple. Ceci doit faire l'objet d'un fascicule largement distribué aux administrations, collectivités et professions concernées. Les administrations qui passent des marchés avec les géomètres doivent stipuler clairement les documents exigés. Faudra-t-il fournir deux points ou trois points d'un lever dans les deux systèmes de coordonnées et appartiendra-t-il à l'administration qui reçoit le plan de faire elle-même un changement de base ? Quelle est l'utilité de faire ce changement de base ? comment et par qui sera-t-il utilisé ? La troisième modalité laissant le choix graphique ou numérique, il est difficile de comprendre comment elle pourra être appliquée sur un plan purement graphique !

■ Il faut comprendre pour appliquer

L'utilisateur n'est pas un fonctionnaire que l'on dirige par notes de service. Pour motiver les gens, il faut qu'ils comprennent. En premier lieu, il faut expliquer pourquoi deux systèmes : un indépendant pour des travaux de génie-civil ou autre et pourquoi des éléments de rattachement au Lambert 93. Quelle est la justification de ce double système ? Si les gens ne le comprennent pas, ils ne le feront pas. Ensuite, il faut que l'IGN développe deux ou trois exemples concrets pour son application. L'Ecole Nationale des Sciences Géographiques (ENSG) ne manque certainement pas de pédagogues pour ce faire !

■ Les logiciels

De même, les nouveaux logiciels de topographie doivent prendre en compte les conséquences de la forte altération linéaire. Une concertation doit se faire à ce sujet.

Transformation des coordonnées Lambert zone en Lambert 93

A première vue, cela devrait être très simple, un seul logiciel avec les algorithmes adéquats permettant de faire rapidement la transformation du Lambert zone 1, 2 ou 3 en Lambert 93. Mais, une transformation mathématique ne peut se faire que d'un système rigoureux à un autre système rigoureux. Or, si le RGF 93, réalisé par GPS dans un système mondial est rigoureux, il n'en est pas de même pour l'ex "Nouvelle Triangulation de la France" (NTF) réalisée précédemment par triangulation.

Cette triangulation avait été mise à l'échelle par la mesure d'une dizaine de bases qui avaient été amplifiées. Un certain nombre d'orientations astronomiques (une tous les 300 km) avaient été réalisées sur l'ensemble du territoire. Il est apparu que la précision de ce réseau était de 10^{-5} , soit de 5 cm sur un coté de 5 km. Après reprises des points NTF par GPS, il est apparu que la pauvreté des mises à l'échelle et des orientations, conjuguée au traitement par plusieurs blocs du 1^{er} ordre (et non un seul bloc comme le permettraient les moyens informatiques actuels) avait amené des distorsions de plusieurs mètres entre les points éloignés (voir figure). Dispersions incompatibles avec la précision des GPS. Il en résulte que la conversion des coordonnées NTF en RGF nécessite une grille de transformation dénommée GR3DF97A. Il faut ajouter que la précision du RGF est passée à mieux que 10^{-6} , puisqu'on parle d'une e.m.q de 2cm pour tout le pays.

L'examen de la figure montre que dans les Alpes et au centre de la France, le NTF et le RGF sont cohérents. Par contre, de fortes divergences existent en Bretagne, au nord et nord-est et

dans le sud-ouest. Ces divergences peuvent dépasser cinq mètres. Dans une même zone, deux points proches ayant une divergence du même ordre, ils seront cohérents entre eux, avec toujours une précision relative de 10^{-5} . Mais, entre un point de la Bretagne et un point de la Provence on va constater une divergence de plus de cinq mètres. Ce qui n'était pas perceptible au temps de la triangulation, l'est maintenant avec les GPS.

En guise de conclusion

Comme vu précédemment, le système géodésique RGF 93 est un système tridimensionnel géographique. C'est un système de coordonnées, indépendant de la représentation utilisée et valable dans un cadre qui dépasse largement la France. A ces coordonnées géographiques sont associées les coordonnées rectangulaires Lambert 93

Une question peut aujourd'hui se poser : étant donnés les progrès énormes de l'informatique et les possibilités quasi-illimitées des logiciels qui permettent facilement et rapidement de passer d'un type de coordonnées à un autre, pourquoi a-t-on décidé de n'avoir qu'une seule zone Lambert pour la France ?

N'était-il pas aussi simple d'employer les coordonnées géographiques pour tous les S.I.G. et banques de données, ce qui nous aurait permis de dépasser le cadre du territoire national et, dans certains cas de faire plus facilement des échanges avec les pays voisins ?

Les problèmes que je soulève l'ont déjà été, puisque depuis deux ou trois mois, le Centre National de l'Information Géographique (CNIG) a mis en place un groupe de travail. Je souhaite qu'à l'issue des travaux de ce groupe, soit publié un fascicule donnant toutes les informations, explications, exemples d'application nécessaires. Que ce fascicule, à la charge des collectivités, de l'Ordre des géomètres, etc..., soit largement diffusé. ●

(1) site Internet de l'IGN : www.ign.fr

"Avec les progrès prodigieux de l'informatique, ne pouvait-on pas envisager d'employer les coordonnées géographiques pour les SIG. Indépendantes des représentations planes, elles auraient permis de dépasser le cadre hexagonal".