

La topographie du futur

Modèles numériques de terrain

par G. GROS

*Délégué Général de l'Institut des Sciences et des Techniques
de l'Équipement et de l'Environnement pour le Développement*

Monsieur le Président,
Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs et Chers Collègues,

Je tiens tout d'abord à vous dire combien je regrette de ne pouvoir prendre part à ce congrès dont le thème est des plus intéressants. Malheureusement, il m'a été demandé au dernier moment de me joindre à une délégation française se rendant à l'étranger et je vous prie de bien vouloir m'en excuser.

Si les Modules Numériques de Terrain constituent aujourd'hui des outils d'usage courant, il n'en demeure pas moins vrai que leur développement, tant au niveau de la saisie, de l'élaboration, de l'exploitation qu'à celui des applications apparaît, aujourd'hui encore, comme l'une des composantes de la topographie du futur.

Nés dans les années 60 de l'essor de l'informatique et de la mise en œuvre d'importants programmes d'aménagement, les Modèles Numériques de Terrain sont toujours, après plus de 20 ans de développement, l'objet de recherches et d'expérimentations. Des progrès majeurs ont été réalisés mais d'autres sont attendus. Il suffit pour s'en convaincre de parcourir les actes des colloques internationaux. Partout, des groupes se créent en vue de mettre en commun expériences et besoins.

C'est ainsi qu'a été constitué en 1978, dans le cadre du Comité de la Recherche et du Développement de l'Institut Géographique National, un groupe chargé de réfléchir à de nouveaux développements des Modèles Numériques de Terrain.

Ce groupe composé de représentants d'organismes nationaux tels que le Bureau de Recherches Géologiques et Minières, le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, l'Institut de Physique du Globe, le Centre Electronique de l'Armement, la Direction des Télécommunications du Réseau National, l'Institut Géographique National, la SNCF, les Centres d'Etudes Techniques de l'Équipement, le Service Technique de l'Urbanisme, l'EDF, l'Institut d'Aménagement Urbain de la Région Ile-de-France, la Protection des Paysages, le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine a tenté de recenser l'acquis dans ce domaine, d'exprimer les besoins et difficultés ressentis par les services afin de propo-

ser des axes de recherches. En outre, il a procédé à la réalisation d'expérimentations en vue de la promotion de nouvelles applications. A cette occasion, le groupe a notamment abordé les questions relatives à la saisie ainsi que celles se rapportant à l'interpolation ou à l'élaboration de nouveaux types de modèles.

On distingue généralement, parmi les différents modèles, les semis de points, les courbes de niveau, les lignes caractéristiques, les maillages et profils divers. Dans tous les cas la saisie des informations décrivant la surface à "modéliser" constitue naturellement la première des phases dans le processus d'élaboration des modèles numériques de terrain.

Cette saisie peut être effectuée selon les cas et les types de surface à partir de 3 supports :

- la surface elle-même ;
- une image cartographique de la surface ;
- une représentation photographique de cette surface.

Il existe pour chacun de ces supports, des modes spécifiques de saisie appelés respectivement :

- levés directs ;
- numérisation ;
- restitution photogrammétrique.

D'une façon générale, supports et modes de saisie orientent le choix des données, conditionnent les processus d'élaboration et conduisent, in fine, à la production de MNT destinés à des applications privilégiées.

En effet, l'accès aux informations formant le voisinage d'un point nécessite d'organiser différemment les fichiers selon qu'il s'agit d'un semis de points ou de courbes de niveau. L'introduction dans le modèle des lignes caractéristiques (lignes de changement de pente, talweg, crêtes) est propice à la décomposition automatique de la surface en zones morphologiquement homogènes facilitant l'ajustement de la formule d'interpolation utilisée pour le calcul de la cote en un point. Le développement des matériels apporte sur le marché de nouveaux moyens offrant des facilités de plus en plus étendues. Tel est le cas des appareils de levé direct qui permettent, maintenant, au fur et à mesure, de l'exécution des mesures, la génération de modèles numériques et leur archivage sur cassettes autori-

sant leur exploitation directe dès le retour au bureau. En photogrammétrie, les appareils de restitution analytiques du type TRASTER laissent entrevoir un vaste champ d'applications nouvelles, par exemple la saisie à partir d'images géométriquement déformées par diverses causes physiques : lame d'eau des fonds bathymétriques. De même l'apparition de la micro-informatique n'est pas sans incidence sur l'élaboration des modèles numériques.

De l'examen de ces diverses questions, le groupe constatait que la pleine application des modèles numériques de terrain et leur promotion dans les différents domaines de la photogrammétrie, de la cartographie, de l'aménagement, des sciences de la terre était à rechercher au travers d'une réflexion méthodologique visant à déterminer les fonctions d'interpolation capables de fournir à partir d'un MNT l'essentiel de l'information (altimétrie, morphologie) contenue dans les supports de saisie eux-mêmes que sont le terrain, la carte ou la photographie aérienne.

En effet, les différents types de modèles numériques couramment utilisés et les méthodes d'interpolation qui les accompagnent ne répondent pas encore à tous les besoins induits par l'automatisation toujours plus poussée dans les domaines techniques de l'aménagement.

L'estimation des cubatures d'un projet routier est grandement influencée par la répartition des points vis-à-vis des variations du relief. Il peut en résulter sur certains profils en travers des différences de 10 à 50 % et par cumul, de profil en profil, des erreurs importantes de cubature.

De même, la pertinence d'une analyse automatique des composantes visuelles d'un site dépend des modèles capables de discriminer les éléments qui charpentent le paysage dans lequel viendra s'inscrire l'ouvrage.

La confection de modèles en géologie de l'ingénieur ne peut être envisagée sans le support d'un modèle orographique traduisant la configuration et la structure du terrain ainsi que ses relations avec les couches sous-jacentes.

On pourrait encore citer les études d'hydrologie de surface, de ruissellement et, d'une façon générale, de morphométrie.

Intéressé par ces questions, le groupe s'est penché sur l'exploitation des modèles numériques de terrain dans le but d'extraire les éléments morphologiques considérés comme remarquables par la position particulière qu'ils occupent et les propriétés mathématiques qui peuvent leur être attachées. Les résultats obtenus montrent que ceux-ci peuvent rejaillir sur les questions d'échantillonnage des points de mesure et d'élaboration des modèles numériques. Questions qui sont par ailleurs directement liées aux moyens dont dispose la photogrammétrie.

A la suite de ces travaux, il a été créé en octobre 1980 au sein de l'Organisation Européenne d'Etudes de Photogrammétrie Expérimentales (OEEPE) une commission chargée de comparer les méthodes mathématiques existantes ou à créer, susceptibles de livrer en tout point, à la demande, altimé-

trie, pente, lignes de rupture, crêtes, talwegs, etc..., dans un minimum de temps de calcul avec une précision suffisante pour une mémorisation aussi restreinte que possible.

Il s'agissait, sinon d'une approche nouvelle, du moins d'expérimenter, de nouvelles idées.

C'est dans ce cadre que diverses expérimentations ont été conduites avec le concours de l'IGN. Certaines se poursuivent encore, d'autres ont contribué à la mise au point d'outils opérationnels.

N'ayant été que l'animateur de ces travaux, c'est à M. Dufour (Ingénieur Général Géographe, Conseiller Scientifique à la Direction Générale de l'IGN) et à M. Julien (Ingénieur Géographe à l'IGN), qui ont apporté une contribution essentielle à notre réflexion qu'il convient de présenter dans une perspective de développement ce qui est déjà ou sera dans un futur proche, outil ou concept nouveau au service des ingénieurs des sciences géographiques et des spécialistes en charge des projets d'aménagement.

M. Dufour exposera les expérimentations que nous avons menées sur l'échantillonnage des points d'observation, la saisie des lignes caractéristiques et l'extraction automatique des éléments remarquables du terrain. Il abordera à cette occasion les aspects théoriques au travers de la formalisation mathématique de ces questions, ainsi que les aspects pratiques d'expression graphique et de comparaison de la précision des modèles. Il évoquera les produits dérivés et applications que l'on peut attendre des travaux de recherche en cours.

M. Julien présentera des méthodes opérationnelles d'élaboration des modèles numériques de terrain mises au point à l'IGN et aptes à répondre à de multiples besoins de cartographie, d'études de projets et de constitution de bases de données altimétriques et topographiques.

Aujourd'hui les modèles numériques de terrain engendrent de trop nombreuses applications pour qu'il soit possible de toutes les citer.

Qu'il s'agisse de cartographie solarisée des plans d'occupation des sols, de blocs diagrammes du relief avec report automatique et en perspective des principaux objets topographiques, de la reconnaissance d'itinéraires de dégagement des faisceaux radioélectriques de télécommunication, d'études de bassins versants, de l'association au traitement de l'imagerie spatiale, il apparaît très clairement que les modèles numériques de terrain sont devenus le support indispensable à l'étude de bien des phénomènes scientifiques ainsi qu'aux différents stades d'études des projets d'aménagement.

C'est en fait pour de nombreuses applications la nécessité d'une juste expression de la morphologie dans ses traits essentiels et appropriés.

Certes de nombreuses questions restent encore à résoudre. Mais il ne fait nul doute que des progrès technologiques importants seront accomplis dans les prochaines années affirmant ainsi le rôle des modèles numériques de terrain dans la topographie du futur.