

Cartographie numérique appliquée aux cartes à grande échelle

par M. GAUTRON
Ingénieur Géographe

La diversification des besoins exprimés et l'évolution des techniques de traitement de l'information, ont amené l'Institut Géographique National à automatiser certaines phases de sa production de cartes topographiques à grande échelle (1/5 000 et 1/2 000).

La forme graphique des informations (photographies aériennes, levés existants) n'étant pas directement assimilable par l'ordinateur, l'objet de la première étape sera de les convertir en numérique. Les fichiers, ainsi constitués seront gérés dans le cadre d'une base de données. En fin de processus, les traceurs automatiques permettent de restituer la forme graphique, particulièrement adaptée à la perception à la fois synthétique et analytique souhaitée.

1 — SAISIE DES DONNÉES A PARTIR DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

La zone à cartographier ayant fait l'objet d'une stéréopréparation, le plus souvent complétée par une aérotriangulation, la couverture aérienne est exploitée sur des appareils de restitution analogique, de 1^{er} ordre de précision. Ceux-ci sont dotés de codeurs rotatifs ou linéaires qui convertissent les déplacements effectués sur les trois axes en valeurs numériques. Les signaux, ainsi produits, sont transmis à un dispositif d'enregistrement sur bande magnétique. Les coordonnées tridimensionnelles sont donc prélevées directement au niveau du stéréomodèle. La précision, offerte entre autres paramètres, par les caractéristiques de la prise de vues, est ainsi conservée.

L'observation, au travers du système optique, du modèle de la surface topographique, permet de suivre des lignes et de déterminer les points nécessaires à leur reconstitution. A cette fin, deux modes d'enregistrements sont utilisés :

- Les lignes planimétriques (routes, constructions, hydrographie, etc...) sont décrites par les points caractéristiques correspondant à des changements de direction.

Le choix de ces points est laissé à l'initiative du photogrammètre. L'expérience a montré qu'une économie appréciable sur le volume des informations à traiter était ainsi réalisée sans modifications importantes du rythme habituel de travail.

- Par contre, pour les courbes de niveau, lignes virtuelles pour lesquelles un choix des points à enregistrer serait plus difficile, un mode automatique a été adopté. Celui-ci réalise un échantillonnage temporel dont on ajuste la cadence, pour la zone considérée, en fonction du degré de sinuosité des courbes.

La position relative des détails étant ainsi fixée, des renseignements complémentaires concernant des formes géométriques particulières et essentiellement la nature topographique, sont fournies par un enregistrement spécial.

L'identification, si elle est enregistrée élément par élément, est néanmoins préparée, zone par zone, par l'examen préalable, hors appareil, des photographies

et des levés existants. Ces zones résultent d'une décomposition du stéréomodèle en mailles, limitées par les réseaux routiers et hydrographiques.

Un résultat graphique de ces opérations est obtenu simultanément à l'enregistrement, par couplage avec les commandes de déplacements du crayon traceur d'un coordinatographe. Ce document rend compte de l'avancement du travail et permet un premier contrôle de l'identification des détails. Il donne aussi la possibilité de confirmer la mise à l'échelle du modèle et d'assurer les raccords graphiques avec les zones antérieurement numérisées. La production en est assurée par un traceur automatique. Pour le modèle à exploiter, y sont reportés, outre un carroyage et les points d'appui de l'aérotriangulation, quelques éléments graphiques des modèles adjacents.

En début de travail, les points d'appui, de coordonnées connues dans le système cartographique en vigueur, font l'objet de mesures dans le repère cartésien lié à l'appareil, repère dans lequel seront déterminés tous les points enregistrés.

A l'issue de la restitution sont fournis :

- une bande magnétique
- son équivalent graphique
- une fiche manuscrite décrivant brièvement les différentes étapes du travail, les références des points d'appui choisis, le relevé des compteurs du nombre d'enregistrements et autres indications utiles pour la suite des traitements informatiques.

Une numérisation complémentaire de la restitution photogrammétrique (limites administratives, sous bois, etc...) est effectuée sur une table lectrice de coordonnées. Un clavier annexe permet l'introduction d'un codage approprié.

L'étape suivante fait intervenir un ordinateur à forte capacité en mémoire centrale et en stockage sur disque.

Il s'agit en effet, d'intégrer dans une base de données les nouvelles informations.

Le premier traitement a pour but de regrouper, par entités géographiques, les nombreux fichiers, qui résultent de la numérisation. A cette occasion, une vérification de la quantité et de la logique des enregistrements permet de détecter certaines erreurs et de préparer immédiatement les corrections à faire.

Une série de programmes, dont l'enchaînement automatique facilite grandement les opérations, prévoit la sélection des éléments sur des critères de localisation et leur applique des traitements, généraux ou propres à certaines caractéristiques géométriques. Cet ensemble de logiciels peut être décomposé en trois groupes, suivant un ordre fonctionnel et non chronologique :

- programmes utilitaires : accès à la base de données, gestion de celle-ci. Les insertions, extraits et sauvegardes se font en différé suivant un mode de traitement par lots. Diverses interrogations sont traitées en temps partagé, en conversationnel, par l'intermédiaire de terminaux clavier-écran.
- programmes de "mise au net" : élimination des points superflus (amélioration du tracé des ali-

gnements), corrections géométriques (contours circulaires, orthogonalisation des côtés consécutifs des constructions). Ils simulent les opérations de dessin manuel. Ils ont pour but de donner un caractère esthétique aux sorties cartographiques, sans pour autant dégrader la précision des données acquises.

- programmes de mise en forme et d'intégration dans la base de données : transformation des coordonnées dans un système universel, compression et structuration des fichiers.

Arrivé à ce stade, on peut estimer que la partie essentielle des opérations de saisie est terminée.

Une caractéristique importante de cette phase, mais aussi des suivantes, est le volume des informations traitées.

2 — CONTRÔLES ET CORRECTIONS

Les contrôles portant sur les fichiers obtenus, de même que leur mise à jour, constituent une seconde étape, dont l'importance ne doit pas être sous-estimée. C'est en effet celle-ci, qui assurera l'exactitude et la plénitude des renseignements emmagasinés.

La meilleure façon de juger la qualité et la validité, à la fois de la numérisation mais aussi des traitements informatiques effectués, étant de revenir à la forme graphique primitive, des documents provisoires sont produits. Un souci cartographique doit être présent au moment du choix de la forme et du contenu de ces dessins automatiques. Le problème à résoudre est de faire apparaître, de la façon la plus évidente possible ; les erreurs d'identification, les éléments parasites, les lacunes éventuelles.

Un traceur rapide fournit, sur un support stable, un dessin comportant, sous formes de signes conventionnels simplifiés ou d'indications littérales, tous les détails à vérifier.

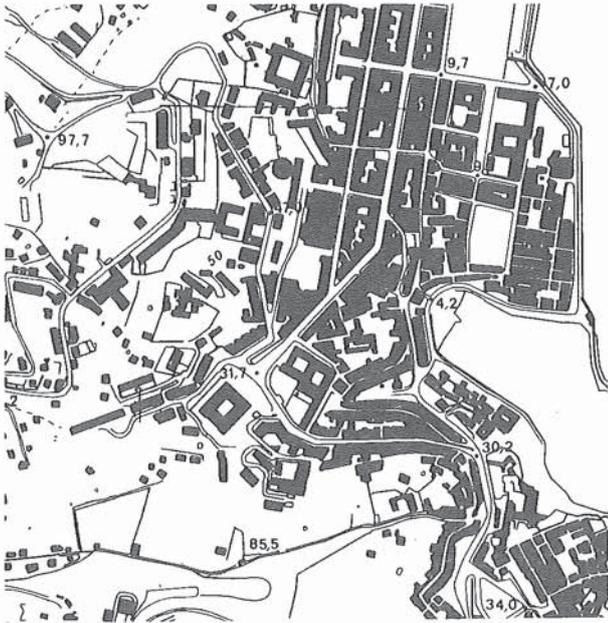
Une comparaison avec les photographies aériennes, les divers levés antérieurs, aboutit à reporter les éléments manquants, et à surcharger ceux pour lesquels le codage ou la forme sont à modifier.

Les difficultés rencontrées pour effectuer ces corrections, c'est-à-dire les traduire au sein du fichier initial, tiennent à ce que l'on doit agir, dans beaucoup de cas, jusqu'au niveau ponctuel pour le graphisme et aussi tenir compte de la topologie liée aux objets topographiques à manipuler.

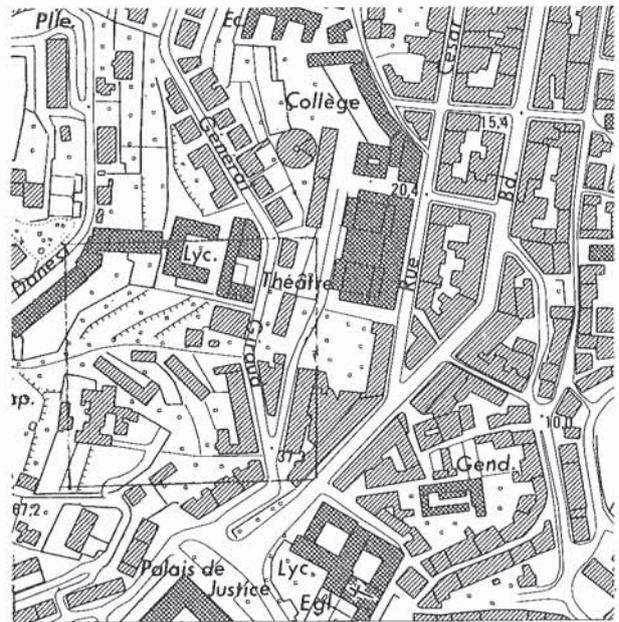
Par exemple : la modification partielle d'un élément pose un triple problème :

- 1°) retrouver et isoler l'élément initial,
- 2°) agir sur certains des points constitutifs pour les supprimer et/ou les déplacer.
- 3°) réintégrer l'élément modifié, en ayant ou non changé tout ou partie de la codification, qui y est attaché.

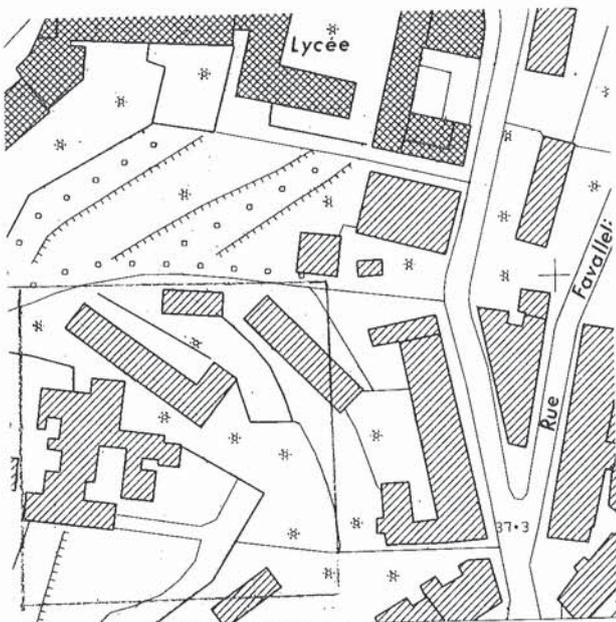
Ces fonctions sont assurées par un système basé sur le contrôle par un calculateur, d'un ensemble interactif : table de numérisation, console graphique. Des mémoires externes ; bandes et disques magnétiques assurent les moyens de communication avec l'ordinateur central et de stockage local.



Echelle 1 : 10 000



Echelle 1 : 5 000



Echelle 1 : 2 000

La modularité des logiciels offre des possibilités d'adaptation ou d'extension pour certaines applications : choix des emplacements des toponymes et adéquation des signes conventionnels à l'échelle d'édition.

3 — EXPLOITATION DE LA BASE DE DONNÉES

C'est évidemment, à ce niveau que vont se révéler les nombreux avantages de la création de telles banques de données. Les applications, qui seront développées ici, concernent plus particulièrement les besoins exprimés en cartographie sous forme traditionnelle.

La multiplicité des produits dérivés de la banque de données, les différentes échelles d'édition, la présentation en feuilles au découpage et en format variable, le contenu même des cartes, dépendent d'une part de la complexité de logiciels d'exploitation, d'autre part de la quantité et de la qualité (précision) des informations disponibles.

a) échelle d'édition : la précision des levés réguliers est fixée par l'échelle de la prise de vues et les qualités des appareils de restitution. Les traceurs vont permettre d'effectuer le report graphique en conservant toute la précision de la saisie initiale. La gamme d'échelle s'en trouve donc élargie. Aux extrémités de cette gamme, c'est la richesse du fichier qui intervient comme facteur limitatif. Pour les forts agrandissements, indépendamment de la précision, qui peut devenir insuffisante, le contenu des fichiers se révélera trop pauvre. Par contre, dans le cas des réductions, le trop grand nombre de détails enregistrés exigera une complexité accrue des programmes. Une solution entièrement automatique à ces problèmes de généralisation semble difficilement envisageable.

b) découpage cartographique : la présentation normalisée ou adaptée à des limites particulières (communes, cantons...) est fournie par un logiciel prenant aussi en compte l'habillage (carroyage, chiffres, indications diverses).

c) contenu : les sélections thématiques donneront la possibilité de mettre à la disposition de l'aménageur, de l'urbaniste etc... le document qui convient. Parmi de nombreux exemples, on peut citer :

- le réseau routier pour études de circulation
- l'hydrographie et l'altimétrie pour des études d'irrigation.

Le mode de représentation est aussi à prendre en compte pour satisfaire le lecteur de la carte. A ce niveau, résident un certain nombre de difficultés liées aux programmes à développer et au matériel utilisé. La symbolisation ou l'utilisation des signes conventionnels, même à grande échelle, exige une grande variété dans les possibilités des logiciels. Les traceurs, quant à eux, doivent fournir un résultat de qualité. Celle-ci est plus accessible par l'utilisation de la gravure sur couche que par le dessin à l'encre. Le matériel à mettre en œuvre doit réaliser un compromis satisfaisant entre la rapidité d'exécution et les qualités de précision et de fidélité du tracé.

Enfin, on ne saurait terminer la description d'une telle chaîne informatique sans évoquer d'autres utilisations potentielles ou déjà réalisées. Pour ne parler que de celles issues de la connaissance du relief, on peut citer :

- la confection d'orthophotographies
- cartes de pentes, planches d'estompage, d'ensoleillement
- modèles numériques de terrain
- calculs de cubatures, de surfaces, de longueurs
- tracé de profils etc...

