

Trilatération à l'aide de l'AGA 6 BL.

L'INFORMATISATION DES PLANS CADASTRAUX*

par M. SAUTREAU, directeur divisionnaire des Impôts et A. CRIDLIG, inspecteur principal des Impôts - Sous-direction du Cadastre et de la Publicité foncière.

Pendant de longues années, la mécanisation de la documentation du Cadastre a été limitée aux seules informations contenues dans les matrices cadastrales. Le développement du progrès technique observé au cours des années 70, a permis d'envisager également l'informatisation des plans cadastraux.

Par sa nature, une telle opération est très différente de la prise en charge de renseignements figurant en clair dans un registre. Aussi convient-il, avant de faire le point de la question, d'indiquer brièvement les principes généraux de l'opération et les caractéristiques de la matière traitée.

*texte préparé en vue de la 11^e conférence de l'A.C.I.

CARACTERISTIQUES DES PLANS AU REGARD DE L'INFORMATISATION

Suivant la nature des éléments qui les constituent, on rencontre deux types de plans :

- le plan graphique, qui est une image du territoire à une échelle donnée ;
- le plan numérique, où les éléments du terrain (sommets de parcelles, angles de bâtiments, etc.) sont définis par leurs coordonnées. Le plan n'est autre, en définitive, que la liste des coordonnées desdits points (groupés par parcelle sur une fiche spéciale par exemple). Les autres données physiques sont calculées à partir des coordonnées : contenances parcellaires, distances entre sommets, etc.

L'informatisation d'un plan consiste à transférer sur support magnétique les figures géométriques dont il est formé. Les lignes composant ces figures sont prises en charge par l'intermédiaire des coordonnées des points qui les définissent, ce qui suppose l'existence d'un système de référence : axes ou carroyage du plan. Sont également pris en charge : les références d'identification (numéro parcellaire), la toponymie (lieuxdits, noms de rues...) et les signes conventionnels.

De ce fait, les deux types de plans précédemment définis font l'objet de traitements tout différents. On distingue :

- la numérisation d'un plan graphique.

Un plan graphique nécessite, avant tout enregistrement, la lecture sur le plan des coordonnées graphiques des éléments à prendre en charge.

- l'enregistrement d'un plan numérique.

Lorsqu'on se trouve en présence d'un plan numérique, les jeux de coordonnées qui le composent sont directement enregistrés en mémoire.

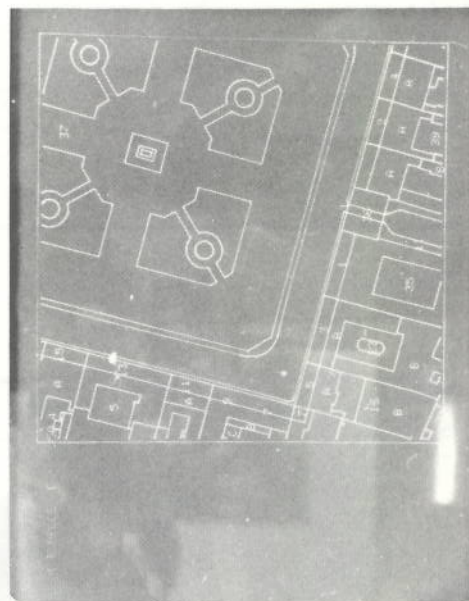
La présente communication traite principalement de l'informatisation des plans cadastraux numériques. Cependant, les procédures décrites s'appliquent également à l'informatisation de plans graphiques existants, sauf à substituer aux deux phases d'acquisition des données et de calculs topométriques, une phase de numérisation.

ETABLISSEMENT DES PLANS CADASTRAUX NUMERIQUES

Depuis 1973, le service du Cadastre français a entrepris, dans certaines communes urbaines, la production de ces plans. Sont concernés par cette opération, la capitale Paris, trois grandes villes - Lyon, Bordeaux, Saint-Etienne - ainsi que cinq autres communes urbaines d'importance moindre.

Le volume considérable des informations (1) à traiter dans une telle production rend bien évidemment nécessaire le recours à l'informatique, ne serait-ce que pour assurer le dessin automatique des plans. A cet effet, le Cadastre dispose d'une chaîne de traitement comprenant :

- un ordinateur Contraves modèle Cora II B, de 20 K mots de 24 bits et ses périphériques : une console, deux unités à disque, un lecteur de cartes, un lecteur-perforateur de ruban, deux dérouleurs de bandes magnétiques, une imprimante rapide, un écran graphique Tektronix associé à une unité de photocopie ;
- deux tables à rouleau Benson servant à la production autonome (off-line) des dessins de contrôle ;
- une table à plat Benson utilisée pour le dessin ou la gravure sur couche à tracer des plans définitifs.



Il convient cependant de signaler que cette configuration est provisoire, en raison notamment de ses capacités limitées, et réservée exclusivement à l'établissement des plans cadastraux numériques. D'ores et déjà, une reconversion du système est en cours de réalisation afin que, à l'issue des travaux de constitution évoqués ci-dessus, la gestion des informations et notamment leur mise à jour, puissent être exécutées, en conversationnel, sur un matériel informatique plus important et plus puissant.

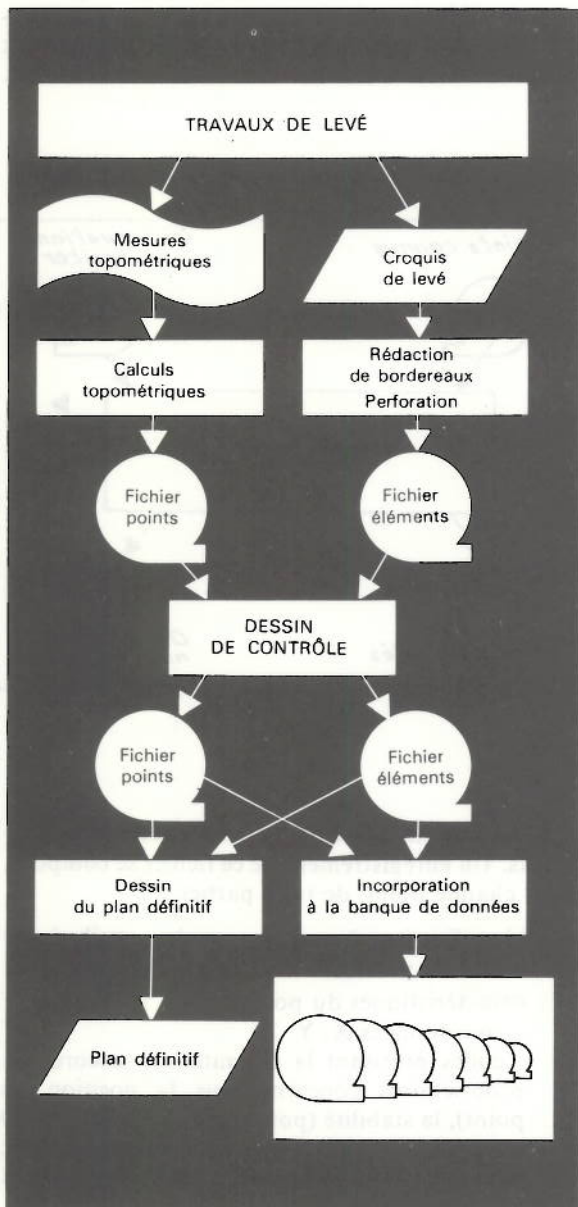
(1) Par exemple, pour Paris : 75.000 parcelles, soit 4 millions de points de coordonnées, pour une superficie de 10.500 ha.

LES DIFFERENTS PHASES DE L'ELABORATION D'UN PLAN

Ces phases sont au nombre de six :

- 1) Saisie des données brutes ;
- 2) Calculs topométriques et constitution du fichier-points ;
- 3) Description topologique du plan et constitution du fichier-éléments ;
- 4) Dessin de contrôle et corrections ;
- 5) Dessin du plan définitif ;
- 6) Incorporation des résultats dans une banque de données foncières.

Le schéma ci-dessous résume les articulations entre ces différentes phases.



Saisie des données brutes

La principale source d'acquisition des données brutes est constituée par le levé sur le terrain de tous les éléments juridiques et topographiques devant normalement être représentés sur le plan cadastral : sommets des limites parcellaires, angles des bâtiments, détails ponctuels divers. En même temps qu'ils exécutent les observations topométriques (mesure des angles et des longueurs), les opérateurs dressent un croquis de terrain décrivant la topologie du plan. A cette occasion, un numéro sériel est attribué à chaque point levé ; ce numéro assure la correspondance entre les observations et le croquis et donc, par la suite, entre les données du fichier-points et celles du fichier-éléments.

Pour les observations topométriques, trois types d'appareils sont mis en œuvre :

- soit, des tachéomètres enregistreurs à réflexion d'ondes (Aga ou Reg Elta 14) ; dans ce cas, la saisie des données est assurée directement sur le terrain par un enregistrement sur bande perforée des angles et des longueurs ainsi que des numéros des points visés et des codes les caractérisant ;
- soit, des appareils de mesure électromagnétique des longueurs (Aga 12 ou DI 3) couplés à des théodolites pour la mesure des angles ;
- soit, pour compléter les rayonnements obtenus à l'aide des matériels décrits ci-dessus, des rubans d'acier.



Dans les deux derniers cas, les observations sont transcrites sur des carnets spécialement aménagés pour permettre la perforation des données sur cartes.

En complément des opérations par procédés terrestres, deux autres modes d'acquisition des données sont également utilisés dans certains chantiers : la restitution photogrammétrique et la numérisation de plans existants.

Le levé photogrammétrique est essentiellement réservé aux zones de vieux bâti dense et enchevêtré ; il permet en effet de restituer à l'intérieur des îlots urbains des éléments du plan qui ne seraient accessibles par procédé terrestre qu'aux prix d'opérations longues, coûteuses et de précision finale incertaine en raison même des difficultés d'accès au sol. Les opérations sont exécutées à l'aide d'un stéréorestituteur (Wild A 8, Wild AMH, Matra Traster,...) couplé à un enregistreur de coordonnées. Les points ne sont pas numérotés lors de la restitution et il n'est pas tenu de croquis de levé. Un report automatique par point, avec numérotage concomitant est ensuite effectué ; c'est ce semis de points qui, associé à un agrandissement photographique, tient lieu de croquis pour la rédaction des bordereaux de prise en charge du fichier-éléments. Parallèlement, la bande perforée issue de l'enregistreur permet de constituer directement le fichier-points par simple calcul d'adaptation appuyé sur des points de la périphérie de l'îlot dont les coordonnées ressortent de travaux exécutés au sol.

La numérisation de plans existants est principalement pratiquée dans le chantier de Paris où l'on dispose d'un plan topographique général de la ville, rédigé à l'échelle de 1/500^e et d'excellente facture. Pour des raisons évidentes d'économie des deniers de l'Etat, ce document, préalablement contrôlé et actualisé par les opérateurs sur le terrain, est incorporé, îlot par îlot, dans le plan cadastral en cours de constitution. La technique utilisée est analogue à celle mise en œuvre pour la photogrammétrie, sauf bien entendu à effectuer la saisie des données à l'aide d'un lecteur de coordonnées. Toutefois, dans ce cas, les points sont numérotés avant d'être relevés, leur numéro étant porté sur un tirage du plan.

Qu'il s'agisse de levé photogrammétrique ou de numérisation de plans, il est procédé d'une façon systématique au levé au sol de tous les détails situés sur les façades au niveau des rues (amorce des limites parcellaires, angles et décrochements des bâtiments...) ainsi que d'un certain nombre de points placés dans les intérieurs des îlots lorsque ceux-ci sont immédiatement accessibles. L'ensemble des points ainsi déterminés par procédé terrestre constitue une charpente servant de canevas d'appui à l'intégration ultérieure des données recueillies par photogrammétrie ou relevées sur un plan existant.

Calculs topométriques et constitution du fichier-points

En raison des divers types de matériel utilisé pour la saisie des données brutes en levé terrestre, les

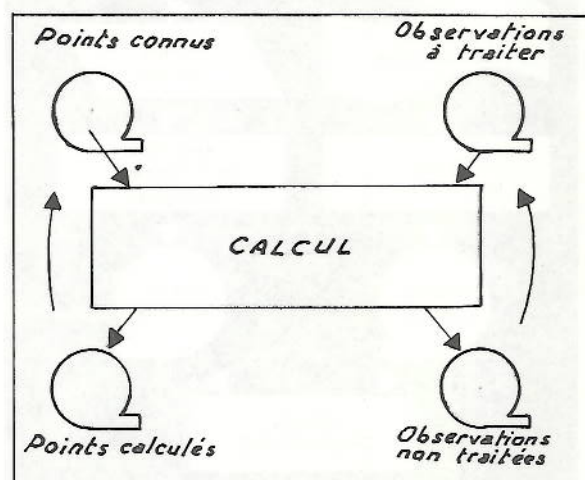
observations topométriques ont des structures différentes en même temps qu'elles figurent sur des supports également différents.

Un traitement préalable de ces données consiste à mettre toutes les observations sous une forme standard. On constitue ainsi le fichier des observations dans lequel un enregistrement correspond, soit à un rayonnement tachéométrique défini par trois éléments (points de station, point visé pour l'orientation, point visé à déterminer), soit à un mesurage direct au ruban entre deux points.

Les calculs topométriques sont effectués à partir du fichier des observations et des coordonnées des points connus. Ils se développent selon plusieurs niveaux successifs :

- stations de la polygonation principale ;
- stations de la polygonation secondaire ;
- points rayonnés ;
- alignements.

A chaque niveau, tous les points qu'il est possible de calculer le sont, et leurs coordonnées deviennent disponibles pour le traitement suivant comme le montre le schéma ci-dessous.



Les résultats des calculs fournissent le fichier-points. Un enregistrement de ce fichier se compose, pour chaque point, de trois parties :

- identification du point : numéro attribué par feuille de plan cadastral ;
- caractéristiques du point :
 - . coordonnées X, Y, Z ;
 - . codes précisant la délimitation (accord des propriétaires concernés sur la position du point), la stabilité (point matérialisé, borne,...) et la précision (mode de levé, niveau de calcul) ;
 - mise à jour : cette partie comprend un code et un numéro de document de mise à jour.

Description topologique du plan et constitution du fichier-éléments

Parallèlement à l'établissement du fichier-points doit être constitué un fichier descriptif contenant toutes les données non métriques du plan cadastral ainsi que les jonctions à effectuer entre les points. C'est le fichier-éléments.

La prise en charge de ce fichier est effectuée au moyen de bordereaux, lesquels sont rédigés au vu des croquis de terrain, puis perforés sur cartes.

Les informations contenues dans le fichier sont hiérarchisées par niveau :

Feuille de plan → Parcelle → Bâtiment

Par ailleurs, à chaque niveau, on distingue trois types d'éléments :

- les éléments identifiés, c'est-à-dire ceux qui portent une immatriculation au plan cadastral (parcelle par exemple) ;
- les éléments qui, n'étant pas identifiés, sont nécessairement rattachés à un élément identifié (mare située dans une parcelle, par exemple) ;
- la toponymie.

Dessins de contrôle et corrections

A l'issue de leur constitution, les fichiers-points et éléments sont rapprochés en vue de la vérification des informations qu'ils contiennent et de leur rectification le cas échéant. L'opération est réalisée en deux temps.

En premier lieu, un programme interactif de contrôle visuel permet de dessiner sur l'écran cathodique, de façon sélective, tous les éléments constitutifs du plan : parcelles, bâtiments, éléments rattachés à une parcelle, groupe de parcelles, numéros des points, ... A ce stade, certaines fautes sont rectifiées immédiatement, lorsque cela est possible. Pour les autres fautes importantes, lesquelles rendraient pratiquement illisible un dessin global de toute la feuille de plan si elles n'étaient corrigées au préalable, des photocopies du dessin représenté sur l'écran sont effectuées et transmises aux opérateurs pour correction des données.

Dans une seconde phase, quand les fautes ainsi détectées ont été corrigées, il est procédé à la génération d'une bande-dessin à partir de laquelle un dessin de contrôle de toute la feuille est exécuté à l'aide d'un traceur rapide (table à rouleau). Ce dessin est exploité pour la correction des erreurs résiduelles.

Il est à remarquer que l'on a la possibilité d'éditer une bande-dessin susceptible d'être traitée par n'importe quel type de matériel (Benson, Calcomp, Kongsberg, ...).

Dessin du plan définitif

Le dessin du plan est effectué par gravure sur couche à tracer au moyen d'une bande-dessin définitive générée à partir des fichiers-points et éléments épurés. Ce dessin est exécuté à l'aide de la table à plat. Lors de la génération de la bande-dessin, les traits à tracer sont classés de manière à limiter au minimum les déplacements de l'outil.

Le dessin est ensuite utilisé directement pour effectuer les tirages lithographiques du plan définitif.



Incorporation des résultats dans une banque des données foncières

L'informatisation des données cadastrales autres que celles fournies par les plans est déjà réalisée en France. C'est ainsi que l'on dispose actuellement des quatre fichiers nationaux suivants :

- fichier des parcelles (95 millions de parcelles), donnant les caractéristiques de chaque parcelle : identification, superficie, nature de culture... ;
- fichier des locaux (32 millions de locaux), contenant les éléments descriptifs de chaque local : identification, destination, nombre de pièces, nature de la construction... ;
- fichier des propriétaires fonciers (27 millions de comptes de propriétaires) ;
- fichier des voies et lieux-dits, répertoriant par commune toutes les voies existantes et codant leur dénomination,

Ces fichiers constituent le fondement d'une banque des données foncières à laquelle doivent bien entendu s'incorporer les fichiers-points et éléments des plans cadastraux informatisés. Cela entraîne une restructuration des informations contenues dans ces fichiers, laquelle est actuellement en cours d'étude.

PORTEE DE L'INFORMATISATION DES PLANS CADASTRAUX

L'application informatique est opérationnelle depuis 1974.

Elle concerne les villes suivantes : BELFORT, BORDEAUX, DIVION, GRAND-QUEVILLY, LYON, PARIS, PONTARLIER, SAINT-ETIENNE, VIRY-CHATILLON.

Le tableau ci-après fournit une évaluation des travaux en cours d'exécution.

Sur les 2 389 feuilles de plan à établir au total, 1 700 étaient dessinées au 1^{er} janvier 1982.

Les villes de BORDEAUX et de LYON ont entrepris d'intégrer les informations du **Fichier topographique cadastral (FTC)** dans leurs banques de données en cours de constitution ; PARIS s'apprête à le faire.

Par ailleurs, la société d'économie mixte ICOREM (Informatique communale de la Région Méditerranéenne) a élaboré, de 1973 à 1978, pour la ville de MARSEILLE et en liaison avec le Cadastre, la première banque de données urbaines s'articulant autour du plan cadastral.

Cette opération a porté sur 940 feuilles parcellaires couvrant une superficie de 16 000 hectares environ.

C'est donc au total 10 villes qui sont concernées par les plans cadastraux informatisés et pour lesquelles le Cadastre expérimente un système de mise à jour interactive.

MISE A JOUR DES PLANS CADASTRAUX INFORMATISES

Au cours de l'année 1981, la Direction générale des Impôts, à laquelle le service du Cadastre est intégré, a obtenu le droit d'usage du logiciel

CARINE (Cartographie Informatisée de l'Espace) développé par la société ICOREM pour la ville de MARSEILLE.

Deux types d'informations peuvent être enregistrées dans ce système :

- des données cadastrales (limites parcellaires, bâtiments);
- des données topographiques (trottoirs, feux de signalisation, lampadaires, végétation, nivellement,...).

Afin d'assurer leur intégrité au moment de leur mise à jour et de pouvoir y accéder sur plusieurs critères, les informations sont organisées en base de données (IMS).

Trois niveaux d'accès ont été retenus :

- identifiants administratifs hiérarchisés : ville, arrondissement, quartier, section cadastrale, îlot,...

La mise à jour de la base de données cartographiques peut être effectuée de deux manières différentes :

- en mode traitement par lots, sur le système central, par utilisation des procédures de chargement initial;
- en mode interactif, sur un mini-ordinateur équipé notamment d'écrans graphiques, la mise à jour portant, dans ce cas, sur une partie extraite de la base de données du système central. Une fois la mise à jour effectuée, les informations modifiées sont réintégréées automatiquement dans la base de données.

Des sorties graphiques peuvent être obtenues directement de la base de données ou d'une partie extraite de la base de données et gérée temporairement sur le mini-ordinateur.

Communes	Superficie en ha	Nombre de feuilles de plan	Nombre de parcelles	Nombre de points
PARIS	10 539	1 396	75 000	4 000 000
LYON	4 790	376	38 000	650 000
BORDEAUX	4 949	312	50 000	1 000 000
SAINT-ETIENNE	3 542	179	16 500	280 000
Autres communes	4 537	126	28 410	281 000
Total	28 357	2 389	207 910	6 211 000

Les moyens mis en œuvre pour le fonctionnement du système CARINE sont les suivants :

- pour le système central : ordinateur IBM 3031 et système de gestion de base de données "Information Management System" (IMS);
- pour le système de mise à jour interactive : mini ordinateur PDP 11/70, écrans graphiques et

reprographes associés, machine à dessiner Benson à tambour, mémoires de masse... ;

— pour le logiciel d'application relatif aux interrogations de la base de données, à la mise à jour interactive et à la réinsertion dans la base de données, des informations modifiées : 42000 instructions de programmes.



Coupure du plan cadastral normalisé de la ville de Paris,
à l'échelle du 1/2000^{ème}.