

RÉDACTION DE LA CARTE AU 1:25 000 À PARTIR DE LA BASE DE DONNÉES TOPOGRAPHIQUES

Par M. Thierry MERCIER

IGN SIT - 2 avenue Pasteur BP 68 - 94160 Saint-Mandé

L'Institut Géographique National a entrepris de puis 1987 la réalisation de la base de données topographiques (BDTopo) sur l'ensemble du territoire français. Cette base de données, qui doit être achevée en 2008, doit satisfaire les besoins en informations topographiques jusqu'à l'échelle du 1:5 000 et permettre la réalisation de la carte de base du territoire au 1:25 000.

Un premier projet de 1989 à 1993 a mis au point la légende et réalisé 2 prototypes de carte au 1:25 000 à partir de la BDTopo. Un second projet, lancé fin 93, est chargé de mettre en place une nouvelle filière de production devant produire à terme entre 150 et 200 cartes par an.

Le processus de rédaction en cours d'industrialisation est le suivant :

Les données de la BDTopo sont extraites du serveur général de l'IGN puis chargées sur le SIG destiné à la réalisation des opérations cartographiques. Le système choisi par l'IGN est le logiciel MacMap de la société Klik Développement fonctionnant sur PowerMacintosh.

Après différentes opérations de préparation comme le filtrage de la géométrie, le découpage ou l'assemblage des données pour s'ajuster à la zone couverte par la carte, il est procédé aux traitements cartographiques proprement dits. La majeure partie de ceux-ci consiste à régler les différents conflits entre les éléments de base après leur symbolisation en fonction de la légende. La détection de ces conflits et leur résolution par des décalages sont effectués par des procédures automatiques mises au point à l'IGN. Des contrôles sont effectués et suivis le cas échéant par des corrections interactives.

Quand l'image cartographique est au point, nous réalisons le positionnement des différentes écritures : Les chiffres des courbes de niveau sont disposés et orientés automatiquement suivant le sens de la pente. Les écritures à disposition ou situées le long des linéaires sont disposées en interactif avec les outils du logiciel MacMap. Les écritures horizontales sont placées automatiquement à l'aide d'un programme développé par un de nos laboratoires de recherche. Nous considérons que ce logiciel place correctement 80% des écritures, les corrections sont ensuite réalisées en interactif.

L'estompage est calculé automatiquement à partir d'un MNT.

Le cadre et les différents éléments d'habillage de la carte sont réalisés sur le système d'édition numérique de l'IGN (Mercator de la société Barco Graphics). C'est sur Mercator qu'est réalisé la symbolisation définitive, que sont assemblés tous les éléments de la carte et que

sont générés les films nécessaires à l'impression en quadrichromie.

◆ PRÉSENTATION DE LA BASE DE DONNÉES TOPOGRAPHIQUES

La Base de Données Topographique (BDTopo) de l'IGN se caractérise par sa précision métrique, sa structure topologique et la saisie de tous les objets en 3 dimensions.

Son contenu est réparti en 190 classes d'objets regroupés en 12 thèmes :

- voies de communications routières
- voies ferrées et transport d'énergie
- hydrographie
- limites diverses
- bâtiments et équipements
- végétation
- orographie
- altimétrie
- limites administratives
- équipement géographique
- toponymie
- information touristique

Elle est structurée en 2 couches distinctes, l'une comportant l'altimétrie et l'autre le reste des éléments. Sa saisie est effectuée par restitution photogrammétrique à partir de photographies aériennes au 1:30 000 ou 1:20 000 et complètement sur le terrain. L'unité de saisie est une maille géographique de 0,40 x 0,20 grades soit environ 550 km². Les 1096 feuilles de ce découpage sont autant de bases de données indépendantes raccordées géométriquement.

◆ HISTORIQUE DU PROCESSUS ET CARACTÉRISTIQUES DE LA NOUVELLE CARTE

Un premier projet qui s'est déroulé entre 1989 et 1993 a montré la faisabilité de cette nouvelle filière, défini la légende de la carte et réalisé deux prototypes. Le premier de ces prototypes a concerné une feuille au découpage standard (Montpellier), le second, une feuille touristique à découpage spécial utilisant plusieurs composantes de la BDTopo (Mont-Ventoux).

Le projet dont il est question dans cet exposé a pour objet de définir et de mettre au point la ligne de production de la nouvelle carte au 1:25 000.

La carte au 1:25 000 issue de la BDTopo est destinée

à remplacer progressivement la carte existante rédigée de manière traditionnelle.

Le découpage de la carte traditionnelle est conservé en particulier pour la version touristique ce qui implique l'assemblage de plusieurs feuilles BDTopo pour les réaliser.

La nouvelle carte est imprimée en quadrichromie et la présence de l'estompage est systématique.

La légende choisie reste assez proche de la facture classique. Les spécifications de la BDTopo, différentes de la carte classique, induisent dans certains cas une simplification de l'information et un enrichissement dans

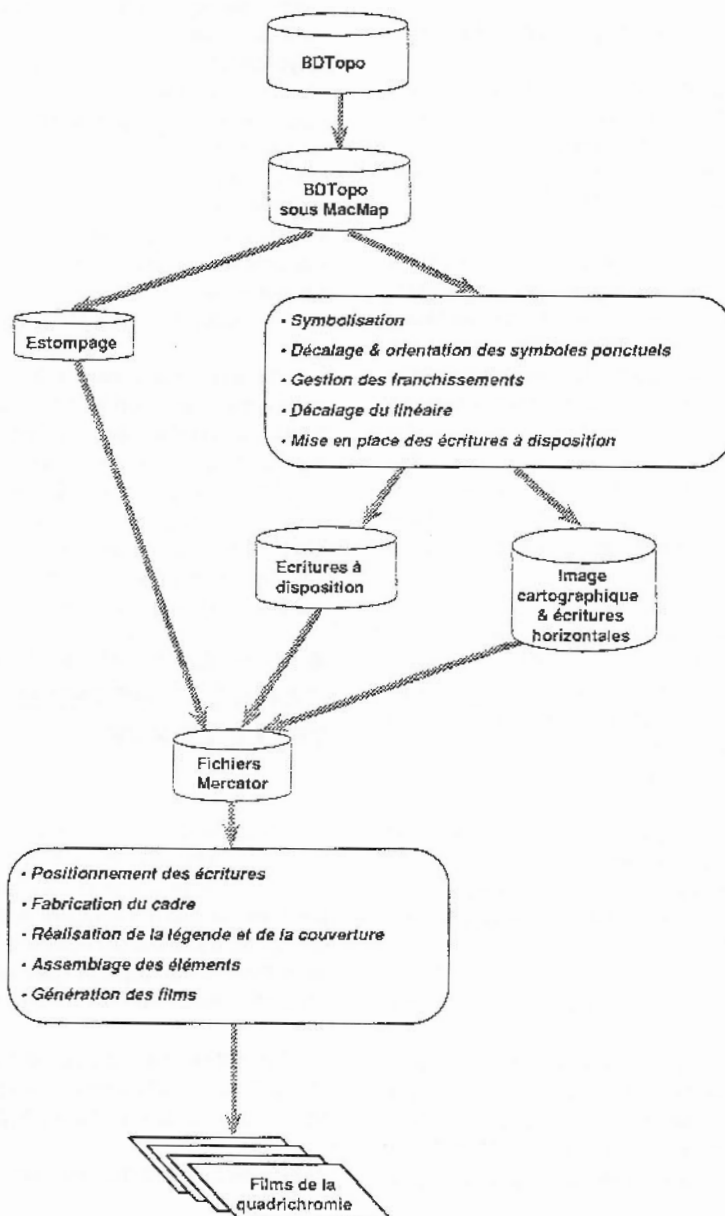
d'autres cas. Ces évolutions ne remettent pas en cause la facture du produit de manière importante à l'exception de la représentation des zones rocheuses.

Il est délicat de parler d'échelle pour une base de données comme la BDTopo, néanmoins, compte tenu du mode de saisie et des spécifications les données à traiter peuvent être assimilées à une carte régulière au 1: 10 000. Les choix que nous avons fait pour la rédaction de la carte au 1: 25 000 à partir de la BDTopo ont été faits dans ce contexte et ne peuvent pas tous être extrapolés à des échelles plus petites. En particulier, la rédaction d'une carte au 1: 50 000 à partir de la BDTopo poserait des problèmes nettement plus sérieux en matière de généralisation.

Processus de production

Principes généraux et technologie utilisé (voir figure 1)

Processus d'établissement de la carte



Les données BDTopo sont stockées sur disque optique numérique dans le format vecteur standard de l'IGN (format FEIV).

Toutes les opérations cartographiques sont réalisées sur un SIG. Nous avons choisi après étude le logiciel MacMap édité par la société française Klik Développement. Ce logiciel fonctionne sur Power Macintosh, les applications que nous mettons en œuvre ont été développées à l'IGN en langage C et en utilisant les bibliothèques de fonction de MacMap.

L'estompage est calculé automatiquement sur Power Macintosh à partir d'un MNT issu des données altimétriques de la BDTopo.

La symbolisation définitive et la mise en page sont effectués sur le système d'édition numérique Mercator de la société belge Barco Graphics. Le flashage des films est effectué sur un traceur BG9100 de chez Barco. La communication entre les différents systèmes utilisés est réalisée par l'intermédiaire du réseau Ethernet de l'IGN.

Les principales différences par rapport au processus utilisé pour réaliser les deux prototypes concernent le choix du SIG utilisé pour les traitements cartographiques (Arc-Info pour les prototypes, MacMap pour la production) et l'augmentation de la part de symbolisation effectuée sur le SIG.

■ Traitements préliminaires

Ces traitements comportent principalement le filtrage des données, la descente de structure et le passage du modèle de données BDTopo au modèle de données cartographiques.

Les données sont filtrées de manière à diminuer le nombre de points intermédiaires sans dégrader le rendu au 1:25 000, nous utilisons des paramètres de filtrage différents suivant le type d'objet.

La BDTopo comporte des objets complexes qui ne sont pas utilisables facilement en cartographie. C'est pourquoi nous redescendons les attributs des objets complexes sur les objets simples qui le composent.

Le changement de modèle consiste essentiellement à éclater les classes d'objet de la BDTopo dans les différents objets cartographiques. Par exemple, dans la BDTopo, un tronçon de route est un objet linéaire portant différents attributs ; la représentation cartographique nécessitera autant d'objets que de combinaisons possibles entre les valeurs d'attribut.

■ Réalisation de l'image cartographique

C'est la rédaction cartographique proprement dite. Il

consiste à traiter les conflits entre les différents objets après symbolisation, mettre en place et orienter les signes conventionnels, gérer les franchissements etc... Ce travail est réalisé par l'enchaînement d'un grand nombre de traitements automatiques complétés par des traitements interactifs pour résoudre les cas difficiles. Tous ces traitements sont effectués avec le SIG MacMap. Les traitements automatiques sont effectués en batch. Les corrections interactives se font avec une représentation à l'écran très proche de la carte définitive.

Le SIG MacMap permet de gérer plusieurs géométries par objet. Lors des opérations de décalage nous créons une seconde géométrie et choisissons de représenter l'objet sur la géométrie décalée, en cas de problème la position originelle de l'objet est toujours conservée.

Nous estimons à 80 - 90 % la part réalisée en automatique. Dans certains cas comme le décalage des limites administratives ou des itinéraires de randonnées, le traitement automatique est presque parfait. Dans d'autres cas comme la gestion des conflits du réseau routier avec lui-même (virages en lacet, routes parallèles trop proches), nous n'effectuons que des interventions interactives.

Quand l'image cartographique est au point, les objets sont exportés sur le système Mercator, après ce stade, il n'y a plus de structure de SIG, les objets sont réduits à une géométrie (ponctuelle, linéaire ou surfacique) et un code de représentation.

Les traitements réalisés étant très nombreux, je n'en présenterai que quelques-uns à titre d'exemple :

• Gestion des conflits entre le réseau routier et les constructions

Dans la BDTopo, une route est représentée par un objet linéaire saisi sur son axe, des attributs sont renseignés sur le nombre de voies, la nature du revêtement, le classement administratif etc...

Sur la carte, une route est représentée par un ruban dont la largeur est fonction de ses attributs. La largeur de ce ruban est sensiblement plus large que la représentation à l'échelle de la largeur réelle de la route. Le signe conventionnel entrera nécessairement en conflit avec les différents bâtiments placés le long de la route.

Après réflexion, nous n'avons pas cherché à décaler les bâtiments. Cette solution était complexe à mettre au point et ne nous semblait pas justifiée par l'échelle de la carte. Nous avons choisi de grossir légèrement tous les bâtiments et d'accepter que les routes en écrasent une partie (voir figure 2).

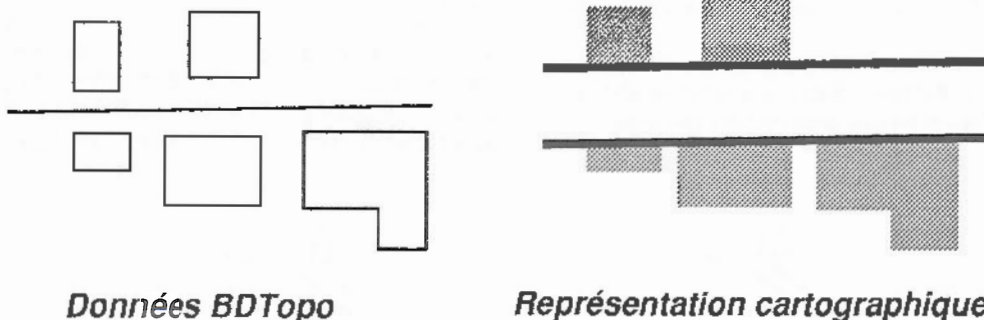


Figure 2

• **Traitement des zones rocheuses**

Sur la carte traditionnelle, le rocher est représenté «à l'effet» par un habillage des courbes de niveau en représentant la structure du rocher.

Dans la BDTopo, les zones rocheuses sont représentées par des surfaces et les grandes lignes de structure sont saisies sous forme d'objets linéaires.

La représentation cartographique consiste à représenter en gris les courbes de niveau situées à l'intérieur des surfaces de rocher et par un trait noir irrégulier les lignes de structure.

• **Traitement des franchissements**

C'est la réalisation du signe conventionnel des ponts (voir figure 3).



Figure 3

Les liens issus de la BDTopo nous permettent d'identifier quels sont les arcs de réseau qui passent sur le pont et quels sont ceux qui passent dessous. Cette information nous permet de coder les arcs du réseau qui devront écraser visuellement les autres.

Ensuite, l'arc du pont est allongé suivant les arcs connexes de manière à franchir complètement la représentation conventionnelle ou atteindre une taille minimale.

Les deux parapets sont générés à partir de la largeur du signe conventionnel de l'élément de réseau passant sur le pont et sont décalés en fonction de l'orientation des arcs qui passent sous le pont. Pour finir la représentation, on génère 4 barbules conventionnelles à l'extrémité des parapets.

• **Orientation d'objets**

Certains signes conventionnels possèdent une orientation. Or, dans la base de données ce sont de simples objets ponctuels ne possédant aucun attribut permettant de les orienter (voir figure 4).

On calcule donc l'angle d'orientation des clochers en fonction de l'axe principal de l'église associée. On recherche ici pour chaque clocher le bâtiment religieux associé. Puis on récupère la géométrie de ce dernier pour calculer son axe principal. On affecte alors au clocher cette orientation.



Figure 4

De même on calcule une orientation pour les croix et calvaires en fonction de la route qui passe à proximité.

On recherche les arcs routiers proches de ce type d'objets puis on effectue le calcul d'orientation en fonction de la configuration des arcs routiers proches.

• **Déplacements d'objets ponctuels trop proches du réseau**

On recherche les arcs du réseau de communication les plus proches de l'objet ponctuel à décaler puis on calcule la distance entre le point et les arcs proches trouvés. On applique ensuite un algorithme de décalage suivant les configurations obtenues (voir figure 5).



Figure 5

- Déplacements d'objets linéaires trop proches du réseau (talus, rangées d'arbres, limites administratives ...). Deux cas se présentent : si l'objet partage la géométrie d'un élément du réseau on lui affecte un paramètre de décalage dépendant de la largeur conventionnelle de

l'élément du réseau puis on le décale. Si l'objet ne partage pas la géométrie d'un élément du réseau on recherche les éléments du réseau susceptibles de créer un conflit puis on le décale en fonction de ces derniers (voir figure 6).



Figure 6

■ Mise en place des écritures

Je distinguerai les écritures en fonction de la méthode de positionnement qui leur sera appliquée.

- Les écritures horizontales (lieux-dits habités, désignations, cotes d'édition ...) ne sont pas positionnées sur MacMap, elles sont exportées dans le format Mercator spécifique au texte et positionnées automatiquement avec le logiciel mis au point par un laboratoire de l'IGN. Les corrections résiduelles sont effectuées à partir d'une console graphique Mercator.

- Les chiffrations des courbes de niveau doivent être orientées de manière à ce que leur sens de lecture soit dirigé vers le haut de la pente, elles sont disposées le long des courbes maîtresses et intercalaires. Nous orientons automatiquement ces courbes puis nous plaçons les cotes à intervalles réguliers. Après avoir éliminé automatiquement les cotes placées sur des tronçons trop courts ou à trop fort rayon de courbure, nous ne faisons plus aucune intervention.

- Les écritures suivant des objets linéaires (cours d'eau, n° de route ...) sont placées automatiquement par les fonctions d'affichage de MacMap et leur mise en place définitive est assurée en interactif à l'aide des outils de justification. Dans ce cas l'écriture vient se placer sur une géométrie particulière de l'objet à nommer (une rivière par exemple), cette géométrie est décalée par rapport à la géométrie originale, elle peut être également lissée ou simplifiée.

- Les noms à disposition sont placés par l'opérateur sous MacMap avec les outils standard du logiciel.

Les trois derniers types d'écriture sont exportés vers le système Mercator en format Postscript car les outils de Mercator gèrent mal les écritures placées sur des courbes.

■ Intégration des différents éléments et flashage des films

• Symbolisation sur Mercator

Il faut d'abord définir la symbolisation de chacun des styles (linéaires, ponctuels, surfaciques et textes). Ces styles sont référencés directement par l'attribut graphi-

que déterminé sur MacMap. Chaque style est défini par une couleur (combinaison des encres d'impression avec différents pourcentages), une épaisseur de traits, un style de pointillé, une trame ou une police, suivant le type de l'objet. Un style linéaire est, par exemple, défini par la combinaison de plusieurs types de lignes (pleines, pointillées) de différentes largeurs.

Un langage de programmation (DTL) permet d'enchaîner les traitements de dessin : gestion des priorités et des ouvertures, intégration du cadre, de la couverture et de l'estompage.

Quelques retouches peuvent encore être effectuées à l'aide de l'éditeur graphique de Mercator, nous essayons de les réduire au maximum.

A ce stade, l'image reste en mode vecteur à l'exception de l'estompage et de la photo de couverture.

• Autres composants de la carte

Outre les données purement BDTopo, la réalisation de la carte nécessite un certain nombre de données supplémentaires d'habillage (cadre, couverture, légende) ou provenant d'un traitement particulier (estompage).

Le cadre est issu d'un programme fonctionnant sur le système d'édition. Les bordures, carroyages et textes sont mis en place par calcul. Le programme intègre les découpages irréguliers et les possibilités de crevés, il place automatiquement les chiffrations des amorces de carroyage Lambert ou UTM. La légende est réalisée à partir d'un programme DTL.

La couverture est réalisée, elle aussi, sur le système d'édition. Le cartouche de situation, qui donne la position de la feuille, est réalisé à partir des données numériques de la carte au 1:1 000 000 de l'IGN. Dans le cas de la TOP25, la couverture peut intégrer une photo. Celle-ci est intégrée dans le fichier Mercator après avoir été scannée.

L'estompage est exporté du Macintosh en format raster et intégré aux autres éléments sur Mercator

• Flashage des films

Les films sont générés directement sur le restituteur laser Barco après rasterisation de l'image obtenue précédemment.

Nous avons opté pour une quadrichromie classique (impression en cyan, magenta, jaune, noir) pour pouvoir intégrer une photo de couverture sur les TOP25.

La résolution des films en sortie est de 2000 points par pouce et les formats peuvent aller jusqu'à 1,20m par 1,60m pour les TOP25.

Conclusion

Cette nouvelle production est, pour l'IGN, la première filière entièrement numérique issue d'une base de données destinée à la production d'une de ses grandes séries de carte. A terme, elle devra pouvoir assurer la sortie de 200 cartes par an. Le délai moyen de production d'une carte est estimé à 3 mois.

RÉFÉRENCES :

Bulletin d'information de l'Institut Géographique National n° 59 «Spécial BDTopo» 1991
Descriptif technique - C. FAAD - Spécifications de contenu version 1.0
IGN - BP 68 - 94160 Saint-Mandé - France

Bulletin SFPT n° 137 «Qualité de l'interprétation des images de télédétection pour la cartographie» - «Image quality and interpretation for mapping» - Grignon 1-3 septembre 1994 - Evaluer la qualité de la BDTopo : l'approche de l'IGN - I. VEILLET, G. LECONTE
IGN - BP 68 - 94160 Saint-Mandé - France

EGIS 94 - Rédaction d'une carte au 1: 25 000 à partir de la BDTopo - J.M. VIGLINO
IGN - BP 68 - 94160 Saint-Mandé - France

EGIS 94 - Placement automatique des écritures d'une carte avec une qualité cartographique -
F. LECORDIX, C. PLAZANET, F. CHIRIÉ, J.F. LAGRANGE, T. BANDEL, Y. CRAS
IGN - BP 68 - 94160 Saint-Mandé - France