

## PRODUCTION AUTOMATIQUE DE COURBES DE NIVEAU À PARTIR DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

Philippe GUIAVARC'H, Edouard BEAUVILLAIN, Olivier JAMET  
Laboratoire MATIS - Direction Technique  
Institut Géographique National - 2, Avenue Pasteur - 94160 Saint-Mandé

Cette étude a pour but de définir une méthode automatique de calcul de courbes de niveau, afin d'être intégrée dans les chaînes de production de la base de données topographique<sup>1</sup> de l'IGN (BDTopo®). Actuellement, le thème altimétrique de la BDTopo® est obtenu par restitution des courbes sur appareils analytiques (sur clichés à l'échelle de 1:30000), mais la perspective d'acquisition, à court terme, d'appareils numériques, nous permet d'envisager, dès à présent, de nouvelles techniques de production.

### 1 Introduction.

Afin de définir une méthode de production de courbes de niveau, par des techniques numériques, une étude est en cours de réalisation à l'IGN. Le but de cette étude est d'évaluer la qualité du relief obtenu par différentes méthodes automatiques distinctes. Chacune de ces méthodes pouvant faire intervenir des techniques ou des étapes de calcul qui leur sont propres (par exemple corrélateurs spécifiques). Ce test en grandeur réelle est réalisé sur dix couples de photographies aériennes au 1:30000, chacun d'eux représentant un type de paysage différent (montagne, bocage, parcellaire, urbain, ...). Les différentes méthodes évaluées sont au nombre de quatre. L'exposé qui suit décrit l'une de ces méthodes sans chercher à effectuer des comparaisons avec les autres applications évaluées. Il est à noter que cette méthode n'est pas figée, et que des modifications peuvent tout à fait y être introduites.

### 2 Approche de la méthode.

#### 2.1 Les données en entrée.

Il est nécessaire de tenir compte, le plus possible, des données existantes, aussi bien pour s'affranchir d'un travail supplémentaire qui peut s'avérer être redondant avec ce qui a déjà été fait, que pour tirer profit des informations connues à des fins d'amélioration ou du moins de sécurisation de la méthode.

Les données externes qui nous intéressent sont :

- les éléments de calibration de la chambre de prise de vue ( focale de prise de vue, position calibrée des repères de fonds de chambre, distorsion, ...). Les coordonnées cartographiques des points terrain qui vont permettre d'effectuer l'orientation absolue du couple.
- les mesures clichés de tous les points de stéréopréparation ou d'aérotriangulation présents sur le couple, ces points ayant déjà été mesurés lors du calcul de l'aérotriangulation. Cette

<sup>1</sup> Base de Données Topographique de l'IGN (BDTopo®) : Base de données numériques en trois dimensions, de précision métrique, dont l'un des buts principaux est la réalisation de la carte de base au 1:25000 de la France.

récupération permettra d'éviter la fastidieuse tâche de mesure interactive des points terrain sur les images numérisées.

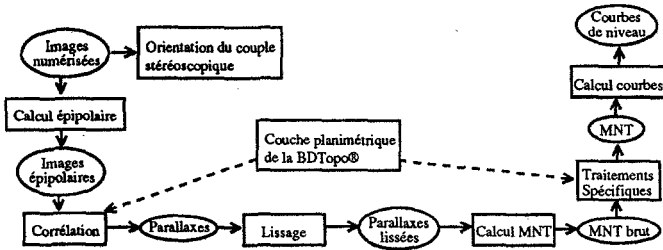
- la couche planimétrique de la Base de Données Topographiques, si l'on considère que celle-ci est restituée avant la détection du relief. Ces informations pourront être utiles lors de la corrélation comme nous le verrons par la suite.

### 2.2 Les données en sortie.

En sortie, on aura un ou plusieurs Modèles Numérique de Terrain (MNT brut de corrélation ou ayant subi des traitements spécifiques), et une planche de courbes de niveau.

## 3 Descriptif de la méthode.

La méthode automatique de production de courbes de niveau présentée ici se compose des étapes suivantes :



### 3.1 Orientation du couple stéréoscopique.

- Orientation interne : mesure des repères de fond de chambre sur l'image numérique. Les mesures sont effectuées totalement automatiquement, une fois le premier repère positionné approximativement.

- Orientation relative : mesure automatique par corrélation d'un très grand nombre de points homologues (environ 1000 points par couple avec un résidu cliché moyen quadratique meilleur que le 1/10ème de la taille du pixel de numérisation).

- Orientation absolue : récupération des coordonnées clichés de tous les points mesurés lors de l'aérotriangulation. Transformation de ces coordonnées dans le repère image en calculant une transformation par moindres carrés basée sur les fonds de chambre.

En utilisant toutes ces mesures dont l'obtention n'a quasiment pas nécessité d'intervention opérateur, on calcule tous les paramètres définissant la mise en place du couple.

### 3.2 Calcul épipolaire.

Cette étape consiste à rectifier les images numérisées brutes en géométrie épipolaire, afin de diminuer le domaine de recherche lors de la corrélation ponctuelle.

Afin d'illustrer cet article, une zone test a été choisie (clichés au 1/30000ème, numérisés avec un pas de 50 microns, la taille du pixel au sol est donc de 1,50 mètres), dont l'image épipolaire gauche peut être vue en Figure 1.

### 3.3 Corrélation automatique.

L'algorithme de corrélation automatique numérique [1] utilisé ici se sert comme indice de ressemblance du coefficient de corrélation linéaire.

A ce stade, différentes options nous sont offertes, aussi bien en ce qui concerne le choix des paramètres propres à la corrélation qu'en ce qui concerne la méthodologie employée.

Parlons tout d'abord des paramètres de la corrélation : différents paramètres tels que les tailles minimale et maximale de la fenêtre de corrélation, ou encore le seuil d'acceptation du coefficient de corrélation sont à définir, mais le paramètre qui aura le plus d'influence sur le traitement est le critère de pente qui impose un seuil maximal à la pente entre deux points corrélés (il sera nécessaire d'autoriser des pentes plus fortes pour les terrains accidentés que pour les terrains sans grand relief). Pour des couples dont le type de paysage n'est pas homogène, il est possible de définir des zones pour lesquelles on appliquera des paramétrages particuliers.

La méthode choisie est importante et dépend en grande partie des caractéristiques du couple traité.

- Le choix de la résolution à laquelle on va travailler est très importante. Sur des couples difficiles on a intérêt à effectuer une corrélation à basse résolution, afin d'avoir une valeur approchée de la parallaxe lors de la corrélation finale à pleine résolution.

- Il est intéressant, dans certain cas, d'utiliser la couche planimétrique de la BDTopo®, afin de fournir au corrélateur des indications pouvant lui être utiles. Deux types d'informations peuvent être introduites : d'une part, des éléments au sol de la BDTopo® (routes, chemin, ...) afin de donner au corrélateur une très bonne approximation du sol en certains endroits; d'autre part, des éléments de la BDTopo® appartenant au sur-sol (bâtiments, haies, ...) ou définissant des zones non corrélables (lac, ...) sont introduits afin d'interdire au corrélateur de traiter ces zones.

### 3.4 Lissage.

Une fois la phase de corrélation terminée, il reste des zones qui n'ont pas été traitées. Il est nécessaire d'effectuer une interpolation sur ces zones afin que la parallaxe soit connue en tous points. Pour cela, on utilise la méthode de la grille élastique (voir [2]), qui va avoir pour effet, non seulement, de combler les parties non corrélées, mais aussi, de lisser l'ensemble des parallaxes.

### 3.5 Calcul du MNT.

Le MNT est calculé au pas choisi (le MNT de la Figure 3 est calculé au pas de 1,50 mètres).

### 3.6 Traitements spécifiques.

A ce stade on a un MNT "brut de corrélation", représentant la surface vue du terrain (Figure 3), auquel il va falloir appliquer des traitements afin d'en dériver des courbes de niveau représentant la surface topographique du terrain, cartographiquement acceptables pour la BDTopo® (aussi bien en ce qui concerne la précision que les formes). Deux problèmes se posent alors à nous : d'une part la présence de sursol éventuel, et d'autre part, le niveau de détail trop important dans le MNT brut, qui aura pour effet de donner des courbes non acceptables (Figure 5).

Suivant les couples sur lesquels on travaille, différents traitements peuvent être envisagés :

- pour une zone peu vallonnée et ne possédant pas de sursol important, un simple lissage gaussien du MNT suffira pour que les courbes extraites de celui-ci aient un rendu cartographique satisfaisant.

- pour un couple comprenant des superstructures (bâtiments,...), ou un sursol naturel important (arbres, bosquets, ...), il est nécessaire d'appliquer au MNT un algorithme de détection du sursol afin de supprimer les zones du MNT correspondantes et d'effectuer une réinterpolation de ces zones (on peut distinguer, Figure 2, les zones de sursol détectées sur le MNT brut de la Figure 3).

- dans le cas d'un terrain vallonné, on utilisera les lignes caractéristiques du terrain (crêtes, fond de talwegs, ...) afin de contraindre le passage du MNT sur ces éléments lors du lissage. L'obtention de ces lignes caractéristiques peut se faire soit par utilisation de la BDTopo® (utilisation du réseau hydrographique pour définir les talwegs), ou encore par application d'un algorithme de détection de lignes caractéristiques sur le MNT original.

(Rq : Sur les Figures 5 et 6 on peut comparer les courbes de niveau, d'équidistance 10 mètres, extraites du MNT brut de corrélation et du MNT après traitement. On peut également comparer ces planches de courbes avec ce qui est considéré comme la référence, c'est à dire les courbes de la BDTopo® en Figure 8).

#### 4 Evaluation de la méthode.

Cette chaîne de calcul de courbes de niveau pour la BDTopo® étant encore au stade expérimental, il est nécessaire de pouvoir évaluer l'application de telle ou telle méthode (explicitée précédemment), ou l'utilisation de tel ou tel paramètre, sur chaque type de terrain. Cette méthode d'évaluation (décrite dans l'article "Evaluation d'un processus automatique de production de courbes de niveau") se base sur la comparaison des altitudes des éléments de la BDTopo® et l'altitude au même point sur le MNT.

Dans le tableau ci-dessous on pourra se faire une idée de l'amélioration de la précision du MNT suite aux traitements explicités ci-dessus.

	Introduction éléments au sol BDTopo® et masquage sursol BDTopo®	Traitement	Détection et élimination du sursol	Détection et élimination du sursol et lissage
MNT 0 (Fig 3)	MNT 1	MNT en entrée	MNT 0 (Fig 3)	MNT 1
		MNT en sortie	MNT 2	MNT 3 (Fig 4)
384	250	EMQ (cm)	300	146

(Rq : EMQ représente l'erreur moyenne quadratique des différences d'altitudes entre les sommets des courbes de niveau de la BDTopo® et l'altitude correspondante interpolée dans le MNT que l'on évalue.)

#### 5 Références.

[1] Julien, P., 1994. Traitements altimétriques (M.N.T.). Cours de DEA SIG, ENSG/I.G.N.

[2] Masson d'Autume, G., 1978. Construction du modèle numérique d'une surface par approximations successives. Applications aux M.N.T. Bulletin de la SFPT N. 71/72, pp. 33-41.

#### 6 Figures:

Figure 1: Image épilatoire gauche.

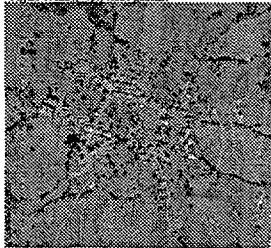


Figure 3: MNT brut de corrélation.

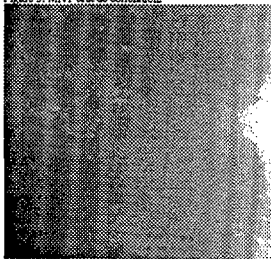


Figure 5: Courbes dérivées du MNT brut de corrélation.

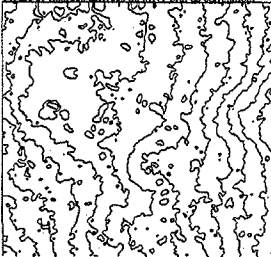


Figure 7: Image de parallèles avec un rapport de la BDTopo®.

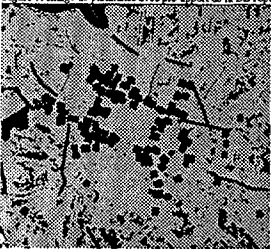


Figure 2: Zones de austral défectés.

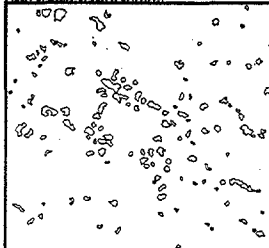


Figure 4: MNT après traitements spécifiques.

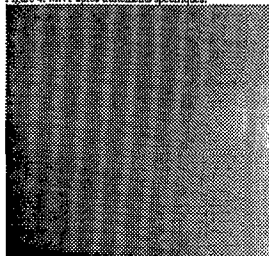


Figure 6: Courbes dérivées du MNT après traitements.

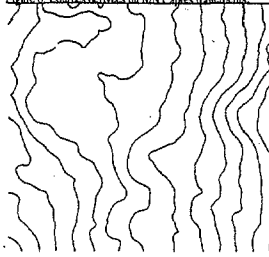


Figure 8: Courbes de la BDTopo®.

