

Le fond de plan PICC généralisé et l'aménagement du territoire en Wallonie

Eric EL OSTA, Luc HEYMANS & Frédéric PAQUAY

Résumé

L'avènement d'un projet de cartographie numérique à grande échelle pour la Région wallonne ouvre des perspectives nouvelles pour les utilisateurs d'Informations Géographiques. Initié en 1991 par la Direction de la Topographie et de la Cartographie du Ministère de l'Équipement et des Transports de la Région wallonne, le projet a pour objectif d'obtenir, en utilisant les technologies les plus modernes, un fond de plan cartographique numérique unique à l'échelle de 1/1 000 pour toute la région (17 000 km₂). En outre, un logiciel assurant la généralisation automatique de ces données pour les échelles comprises entre le 1/1 000 et le 1/10 000, est actuellement mis au point au Laboratoire SURFACES de l'Université de Liège. Le fond de plan et sa généralisation apparaissent comme une base de référence puissante pour nombre d'applications relatives à l'aménagement du territoire.

Mots-clés

cartographie, photogrammétrie, traitements numériques, généralisation automatique

Abstract

With the advent of a large scale numerical cartography project, a new era opens for Geographical Information users in the Walloon Region (Belgium). The " Direction de la Topographie et de la Cartographie " from the " Ministère de l'Équipement et des Transports " of the Walloon country initiated the project in 1991. The final aim is to obtain a unique numerical base map at 1/1 000 scale covering the whole region (17 000 km₂). The most modern technologies are used in the realization process. Furthermore, a software allowing generalization from 1/1 000 to 1/10 000 scale is currently developed at Laboratory SURFACES of University of Liege. The base map and its generalization appear as an essential tool for many applications dealing with the management of the region's territory.

Keywords

cartography, photogrammetry, numerical technologies, automated generalization

INTRODUCTION

Le 23 mai 1991, l'Exécutif régional wallon décidait de la mise en oeuvre d'un projet de cartographie numérique de grande précision couvrant l'ensemble du territoire de la Région wallonne, le Projet Informatique de Cartographie Continue (PICC).

Cette décision trouve son origine dans l'analyse de la demande en information géographique de divers organismes et services régionaux ou fédéraux, et dans le souci d'assurer à la satisfaction de cette demande une cohérence, une précision et un suivi à la mesure de ce que permettent les techniques les plus modernes.

Le projet a pour objectif de réaliser un fond de plan cartographique numérique à l'échelle de 1/1 000, obtenu par restitution photogrammétrique de photos aériennes prises à une échelle supérieure à 1/6 000. Son aboutissement doit permettre, pour le plus grand profit des utilisateurs de Systèmes d'Information Géographique, l'attribution d'une définition et d'une position spatiale univoques pour tous les objets qui occupent l'espace wallon.

L'objectif de cet article est de mettre en évidence les possibilités d'utilisation du fond de plan à 1/1 000 et de sa généralisation jusqu'à 1/10 000, par les administrations et

les bureaux d'études s'occupant d'aménagement du territoire en Wallonie.

Dans un premier temps, le projet se verra présenté dans les différentes étapes de sa réalisation et selon les aspects novateurs qui le caractérisent. Ensuite, la question de la généralisation automatique des données sera analysée. Enfin, diverses applications relevant directement de l'aménagement du territoire seront envisagées.

I. LE PROJET INFORMATIQUE DE CARTOGRAPHIE CONTINUE

A. Les différentes étapes

1. Photographies aériennes

a. Plans de vols

Les plans sont dessinés sur des feuilles IGN à 1/50 000. Une attention particulière est portée au choix du niveau de référence, de l'altitude et de la distance entre les axes de vol, puisque la réussite des prises de vue à l'échelle souhaitée leur est conditionnée.

b. Balisage

Une fois le marquage au sol effectué, les points sont mesurés par la technique GPS, ce qui permet d'obtenir une précision sur le positionnement de l'ordre de quelques centimètres. Via l'introduction de bornes géodésiques comme référence, les coordonnées des points sont transformées en Lambert belge et pourront servir d'appui pour l'aérotriangulation.

c. Vols aériens

Les vols se réalisent entre les mois de janvier et avril, afin de bénéficier d'une couverture végétale minimale, et en milieu de journée, pour que les ombres portées ne soient pas trop importantes. On veille aussi à ce que les conditions météorologiques soient optimales (couverture nuageuse nulle et visibilité horizontale supérieure à 7 km).

Un recouvrement latéral de 20 % est demandé afin d'éviter les "manques" dans la couverture. Un recouvrement longitudinal de 60 % est imposé afin de pouvoir disposer de couples stéréoscopiques, ce qui permet la vision en trois dimensions des zones communes à deux photos.

2. Photogrammétrie

a. Numérisation

A partir des clichés aériens, la numérisation s'effectue sur un scanner de haute précision, ce qui fournit une résolution effective au sol de maximum 7,5 cm (pixel).

b. Aérotriangulation

Prenant en référence les points de balisage, l'aérotriangulation va associer aux données numérisées, bloc par bloc, des paramètres d'orientation permettant de replacer les couples tels quels lors de la prise de vue.

c. Restitution

Les fichiers de photos numérisées et les paramètres d'orientation sont transférés sur les stations photogrammétriques.

Bénéficiant d'un affichage stéréoscopique, l'opérateur va percevoir l'image tridimensionnelle grâce à des lunettes polarisantes. Il va dès lors, en trois dimensions, délimiter tous les éléments visibles sur les photos en se basant sur une légende de codification (par exemple les bois, les bâtiments, les bords de routes, les haies, les avaloirs, les taques, les poteaux).

3. Cartographie

a. Partition

Les données cartographiques sont découpées en "pavés", unité de base du fichier PICC dont les dimensions sont de 1 000 m sur 500 m. Chaque pavé porte un numéro d'identification, basé sur un sous-découpage des cartes à 1/50 000 de l'IGN. Le traitement informatique en fichiers est de la sorte facilité.

b. Symbolisation

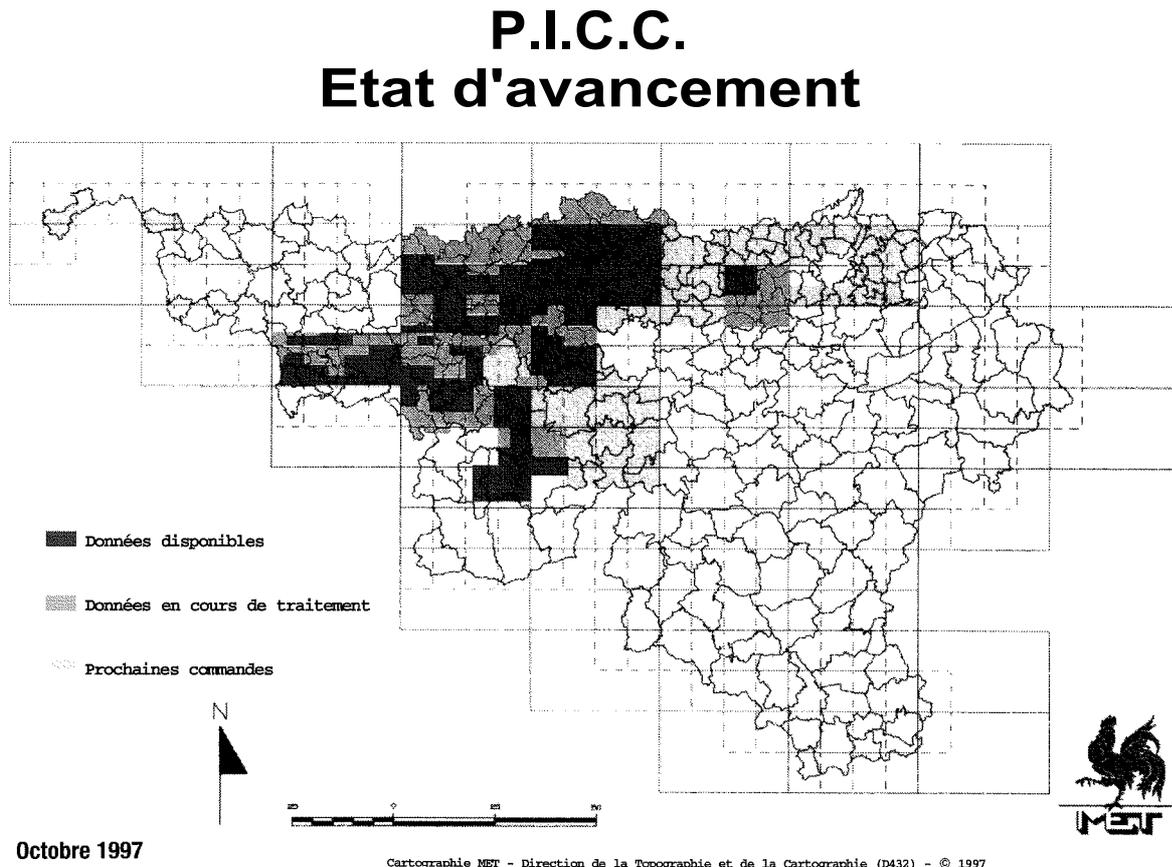
Les données vectorielles numériques et tridimensionnelles ainsi obtenues sont traitées sur les stations cartographiques. Chaque objet vectorisé dispose alors d'une symbolisation adéquate et univoque, définie une fois pour toutes au sein de la Direction de la Topographie et de la Cartographie (D.432) du Ministère de l'Équipement et des Transports (MET).

c. Validation

Le contrôle de la qualité est basé sur une procédure développée spécialement par la D.432. Il est réalisé sur

des échantillons préférentiellement sélectionnés dans les zones urbaines. L'échantillonnage est d'environ 1 pavé sur 20. Différents indicateurs sont testés afin de fournir une information permettant de définir la qualité des données.

Figure 1 - L'état d'avancement du PICC en octobre 97



1°) Précision absolue : mesure du positionnement en x, y, z d'objets bien identifiables. On compare les données restituées à un levé sur le terrain.

2°) Précision relative : mesure de distances entre objets. La comparaison porte sur la différence entre la mesure faite sur les données restituées et la mesure rendue par le levé.

Les résultats des mesures de précision absolue et relative sont évalués avec un test de Chi-Carré pour vérifier si l'erreur quadratique moyenne est inférieure à la norme (niveau de confiance 0,95).

3°) Complétude : on comptabilise les éléments oubliés (en nombre pour les points et en longueur pour les lignes). Le seuil de rejet est fixé à 5 %.

4°) Exactitude : il s'agit de comptabiliser les éléments mal interprétés (toujours en nombre pour les points et en longueur pour les lignes), le seuil de rejet étant de 5 %.

5°) Ecritures : il s'agit de vérifier les textes provenant de la digitalisation des toponymes présents sur les cartes à 1/10 000 de l'IGN. Une tolérance d'erreur et/ou d'oubli de 5 % sur les écritures est acceptée.

d. Enrichissement

A ce stade, on dispose d'un ensemble de points et de lignes ayant subi avec succès les tests de qualité. Ce sont les données " brutes " par opposition aux données " enrichies " résultat de la phase ultime de production.

Cette phase du travail, réalisée dans sa totalité à la D.432, consiste à ajouter, sur base de mesures et relevés sur le terrain, un ensemble d'informations, à savoir les numéros de police, les noms de rue, les axes de voirie, les bords de route manquants et les murs mitoyens.

Ces informations sont ajoutées graphiquement dans les données et, en ce qui concerne les bâtiments et les axes de voirie, une banque de données alphanumériques (ORACLE) y est associée. Pour ce faire, les surfaces sont créées sur les bâtiments et les axes sont découpés en chacune des intersections.

Un nouveau test de validation de l'ensemble des données corrigées ou encodées est appliqué en fin de procédure et on obtient ainsi le fond de plan " enrichi ".

La figure 1 montre l'état d'avancement du PICC en octobre 1997. Trois niveaux d'évolution apparaissent pour les données : " disponibles " (elles sont passées par toutes les étapes de la production), " en cours de traitement " et " prochaines commandes ".

B. Avantages et originalités

1. Tridimensionnalité

Alors que les instituts cartographiques traditionnels traitaient de manière séparée la cartographie et l'altimétrie, l'informatique permet aujourd'hui de traiter simultanément l'ensemble de l'information spatiale.

L'aspect tridimensionnel de la banque de données cartographiques numériques offre de multiples possibilités de renforcer la gestion intégrée et simultanée de l'espace, en se rapprochant encore plus de la réalité. C'est la voie ouverte à l'utilisation de la cartographie dans le cadre d'un nombre croissant d'applications tridimensionnelles et en particulier dans celui de l'image de synthèse.

2. Association des secteurs publics et privés

Les firmes Cicade et Walphot sont associées à l'Administration pour une partie importante de la production cartographique du PICC (vols aériens, numérisation, restitution).

La répartition des tâches permet une utile confrontation des prix de revient et garantit le maintien d'un savoir-faire de haut niveau dans le secteur privé et dans l'Administration.

3. Introduction de nouvelles technologies cartographiques

Par ses aspects novateurs, le projet constitue un véritable défi.

En effet, c'est la première fois en Wallonie que la localisation des points de balisage a été réalisée systématiquement par des techniques de positionnement par satellite (GPS).

De même, l'exploitation photogrammétrique des clichés aériens a été effectuée de manière numérique par des scanners à haute résolution et par l'utilisation d'appareils de restitution digitaux.

Enfin, le contrôle de la qualité des données est réalisé par une procédure spécialement mise au point lors de la production faisant l'objet de la première commande (90 000 hectares).

4. Cohérence

La constitution de la banque de données à grande échelle (1/1 000) en tant que géoréférence commune et univoque de haute précision assure aux utilisateurs la cohérence d'une méthode cartographique intégrée.

5. Continuité

Dans le cadre du PICC, le concept de continuité recouvre trois aspects.

a. Continuité spatiale

Il s'agit d'un fond de plan unique qui couvrira la totalité de la Région wallonne. On peut dès lors traiter des données sélectionnées par couches, par critères ou par zones géographiques.

b. Continuité dans le temps

Après la constitution primaire du fond de plan, il faudra le tenir régulièrement à jour. Dans un premier temps, cette actualisation devrait intervenir avec une périodicité de 6 ans. Mais, à plus long terme, l'Administration s'oriente vers une mise à jour annuelle, voire quasi permanente.

c. Continuité dans les échelles

Il s'agit de pouvoir générer automatiquement des cartes à des échelles plus petites à partir du fond de plan à

1/1 000. Cette problématique ne doit pas être confondue avec une simple réduction photographique des informations car la réduction d'échelle nécessite une série de traitements particuliers des informations graphiques et structurelles. L'ensemble de ces traitements constitue la généralisation cartographique. Afin de développer des procédures pour automatiser ce processus, une collaboration est née entre le MET et l'Université de Liège. Sa description fait l'objet du point suivant.

II. GÉNÉRALISATION AUTOMATIQUE DU FOND DE PLAN PICC

A. Motivation

Trois considérations ont essentiellement déterminé le souhait d'une généralisation automatique.

1. Potentialités d'exploitation

Nombre d'administrations, de services régionaux ou fédéraux potentiellement intéressés par les réalisations du PICC préfèrent disposer d'informations cartographiques à un niveau de description plus général que le 1/1 000.

La généralisation automatique augmente donc fortement les possibilités d'exploitation du PICC.

2. Enrichissement structurel et sémantique

L'élaboration de la généralisation automatique exige la mise en évidence de relations très précises (notamment topologiques) entre les objets géographiques, ce qui induit un enrichissement structurel de la base de données.

De plus, à partir d'un certain seuil lors du passage à une échelle plus petite (par exemple en passant de l'échelle de 1/1 000 à une échelle plus petite que le 1/5 000), la création explicite de nouveaux objets s'avère nécessaire, ce qui correspond à un enrichissement sémantique de la base de données.

3. Expertise

Il apparaît que la maîtrise dans un projet concret d'une telle technologie est de nature à conférer au MET une expertise dépassant largement le cadre wallon.

B. Étude de faisabilité

Le problème de la généralisation automatique est considéré comme l'un des défis les plus stimulants pour tous ceux qui travaillent en cartographie numérique : les instituts géographiques (IGNF, OS, IFK), les sociétés privées (Intergraph, Zeiss, Siemens, Star) et les centres de

recherche. Cependant aucun logiciel présent sur le marché ne permet de satisfaire les besoins d'implémentation propres au PICC.

La convention passée entre le MET et le laboratoire SURFACES a permis de répondre positivement à la question de la faisabilité, dans le contexte du PICC, d'une généralisation automatique de la base de données 1/1 000 vers des échelles allant jusqu'à 1/10 000.

L'argumentation repose sur l'identification de l'approche théorique à suivre, la mise en évidence d'algorithmes spécifiques au contexte et la structuration destinée à supporter les bases de l'application. De plus, l'existence d'un projet analogue (même caractéristiques de la base de données et échelle du même ordre de grandeur) à l'Ordonnance Survey confirme les possibilités de concrétisation.

C. Choix stratégiques pour l'implémentation

Conformément à une tendance générale en informatique, il a été choisi de privilégier une approche conceptuelle, déclarative par rapport à une approche procédurale. En fait, la différence fondamentale réside dans l'inversion de rôles entre les données et les traitements. Dans une démarche procédurale, ceux-ci contrôlent l'application et les données y jouent un rôle passif. Avec la nouvelle approche, les données reçoivent une définition très détaillée, incluant leurs propres traitements, les moyens de se créer et de communiquer entre elles pour produire le résultat attendu. On parle alors de modèle orienté-objet.

Le langage de programmation C++, possédant le double avantage d'offrir un support pour l'orienté-objet et d'être solidement éprouvé, a été choisi pour réaliser l'application.

Le cadre naturel de développement en C++ sur PC est un système d'exploitation de type UNIX. Le choix s'est porté sur " Linux " qui présente plusieurs fonctionnalités adéquates.

D. Caractéristiques de l'implémentation

1. Échelles comprises entre le 1/1 000 et le 1/5 000

a. Structuration en mailles

Une partition de l'espace en mailles est réalisée, le réseau étant formé par les axes de voirie. Cette structuration permet de rassembler tous les objets qui vont être traités en même temps, ce qui est très important tant au niveau

conceptuel (cohérence et intégrité des traitements) qu'au niveau physique (amélioration des temps d'accès).

b. Élaboration d'une topologie

Les relations de voisinage entre les différents objets vectoriels sont créées et sauvegardées dans des entités spécifiques (hyperobjets de la bibliothèque Code Farms). Il est important de remarquer que cette opération est essentielle pour la mise en oeuvre de la généralisation, parce qu'elle permet de conserver une information spatiale capitale lors de tout traitement.

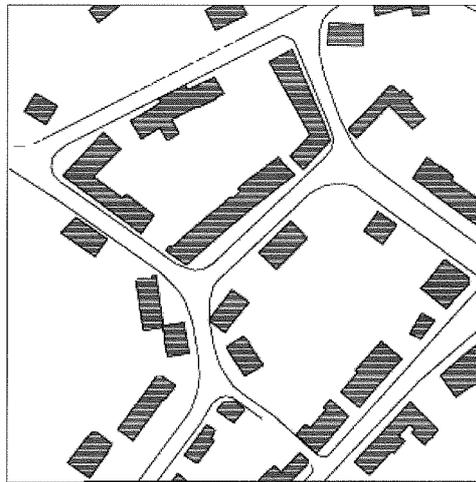
c. Généralisation

Jusqu'au 1/5 000, la généralisation se réalise comme combinaison des trois opérateurs suivants.

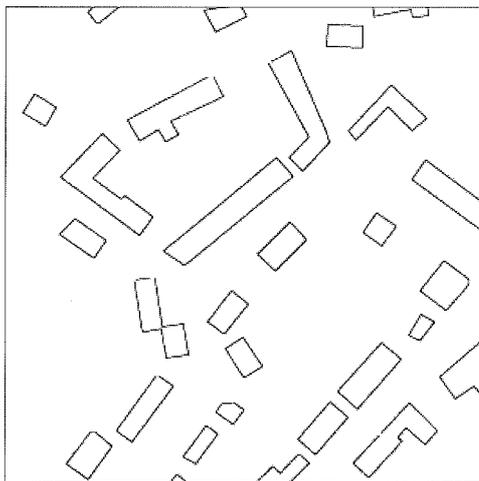
1°) Sélection suivant les métadonnées par objet : en fonction de l'échelle ou du type d'objet, on provoque l'apparition ou la disparition.

2°) Simplification du bâti : on se base sur un algorithme mis au point au laboratoire COGIT (IGNF) pour traiter les petites surfaces, les angles presque plats et les formes caractéristiques.

Figure 2 - Généralisation à 1/2 500



(a)

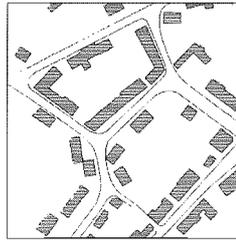


(b)

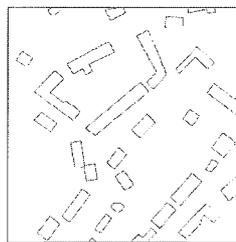


(c)

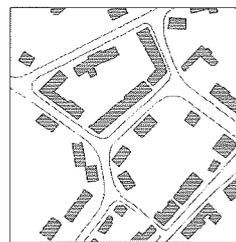
(a) réduction sans généralisation; (b) simplification du bâti; (c) déplacement et résolution des conflits.

Figure 3 - Généralisation à 1/5 000

(a)



(b)



(c)

(a) réduction sans généralisation; (b) simplification du bâti; (c) déplacement et résolution des conflits.

3°) Déplacement et résolution des conflits : un algorithme de recherche dans un espace d'états (technique typique de l'intelligence artificielle) a été implémenté pour résoudre ces problèmes.

Les figures 2 et 3 donnent des exemples élémentaires de l'application des opérateurs de simplification du bâti et de déplacement. Dans chaque cas, on trouve en (a) la réduction à une échelle donnée (1/2 500 pour la figure 2 et 1/5 000 pour la figure 3) sans autre traitement, en (b) la visualisation de l'application de l'opérateur de simplification sur les contours des bâtiments, et en (c) le traitement par l'opérateur de déplacement.

On remarquera que, dans les exemples, la simplification du bâti n'entraîne d'importantes modifications qu'à 1/5 000, tandis que le déplacement repositionne les bâtiments lorsque ceux-ci sont trop proches des bords de voirie. Il est à noter que l'effet de ces opérateurs est modulable : suivant les paramètres entrés par l'utilisateur, les modifications sont plus ou moins prononcées.

2. Échelles comprises entre le 1/5 000 et le 1/10 000

La transition vers les échelles plus petites que le 1/5 000 nécessite une approche nouvelle car la réduction dans les dimensions des objets franchit un seuil de représentation graphique. Les aspects essentiels de ce qui a été réalisé (et est toujours en cours de développement au moment

(janvier 98) où ces lignes sont écrites) se résument en nouvelles méthodes, nouveaux opérateurs et nouveaux objets.

a. Nouvelles méthodes

1°) Triangulation de Delaunay sous contraintes

L'implémentation de nouveaux opérateurs de généralisation requiert une connaissance explicite de l'espace disponible entre les objets traités. En réalisant une triangulation de Delaunay sous contraintes (chaque point et chaque ligne des objets considérés sont respectivement sommet et côté d'un triangle de la partition), aucun point de la carte ne demeure non attribué ou non connecté. Dans une telle structure, l'information métrique et topologique est stockée, ce qui évite les incohérences lorsqu'on manipule les objets.

2°) Fonctions de calcul

A partir de la triangulation, les calculs de longueurs, surfaces et distances entre objets se trouvent grandement facilités.

b. Nouveaux opérateurs

1°) Exagération

Il s'agit de l'agrandissement de la symbolisation d'un objet pour en améliorer la lisibilité, en souligner l'importance ou en éviter l'élimination par l'opérateur du même nom.

2°) Agrégation

On rassemble des objets trop proches les uns des autres pour pouvoir être différenciés en terme de généralisation.

3°) Squelettisation

Un objet surfacique tombant en dessous d'un seuil donné est ramené à une forme linéaire.

c. Nouveaux objets

L'approche adoptée est la suivante : on cherche à enrichir le modèle conceptuel actuel par l'adjonction de nouveaux objets. Ceux-ci sont suggérés par la spécification de la couche de base à 1/10 000 de l'IGN, tout en admettant que cette norme ne constitue pas la référence absolue. On préserve ainsi la possibilité d'améliorations exclusives pour le projet du MET.

Jusqu'à présent, les objets suivants ont été envisagés par cette recherche : tronçons de route, carrefours, ponts, chemins de fer, voies navigables, nouveaux types de bâtiments.

III. POTENTIALITÉS D'APPLICATION POUR L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

A. Recherche dans la banque de données

Une application de base consiste en l'extraction d'une fiche de la banque de données ORACLE à partir d'une recherche alphanumérique.

Par exemple, en introduisant l'adresse " Rue Haute, 21, 1300 Wavre ", on obtient la localisation géographique du lieu demandé sur carte à l'écran.

La recherche inverse est tout aussi immédiate : à partir d'un bâtiment sélectionné directement sur la carte à l'écran, on peut obtenir les informations alphanumériques disponibles (rue, numéro, code postal, commune fusionnée, commune avant fusion, ...).

On perçoit déjà, à travers cet exemple, la densité et l'intégration des informations contenues dans la banque de données.

B. Étude d'incidence

A partir des données du PICC, il est possible, via un modèle numérique de terrain, de recréer un modèle tridimensionnel, image de la réalité.

On voit tout de suite l'importance d'un tel outil pour les

études d'incidence réalisées par l'aménagement du territoire : on peut présenter successivement la situation réelle et la vue simulée de la situation que l'on obtiendrait après une modification importante comme, par exemple, l'intégration d'un nouvel échangeur dans le paysage, ou la construction de nouveaux bâtiments.

C. Plan de secteur et schéma de structure

Dans l'établissement d'un plan de secteur, les données généralisées du PICC - rappelons qu'elles vont jusqu'à 1/10 000 - peuvent s'avérer très utiles. Elles gardent le lien, d'une part, avec la précision des données de base et, d'autre part, elles réalisent une synthèse de l'information qui cadre bien avec les objectifs de ces plans d'urbanisme. Vu leur précision d'origine, elles constituent un référentiel idéal.

D. Base pour le cadastre

Les données du PICC peuvent fournir la base d'une cartographie qui intègre le cadastre. L'excellente précision des données (de l'ordre de 25 cm) et la correspondance des échelles (1/1 000 pour le PICC, 1/1 250 ou 1/2 500 pour le cadastre) en sont les éléments déterminants.

Cependant, il ne faut pas perdre de vue le fait que les données du PICC, de par leur construction, ne prennent en compte que les limites visibles des propriétés, pas les limites cadastrales. C'est pourquoi elles doivent être utilisées comme une base de référence.

Un test de repositionnement de plans cadastraux sur base de la cartographie PICC a été réalisé sur une partie du grand Ring de Charleroi. Les résultats sont encourageants et le cadastre envisage d'utiliser le PICC comme support pour mettre à jour et représenter les plans cadastraux dans le canevas de la projection Lambert belge.

E. Urbanisme

Plusieurs applications du PICC peuvent être envisagées comme une aide à la détermination de grandeurs urbanistiques.

On pense notamment à la recherche de l'Indice d'Occupation du Sol ou IOS, qui est le rapport entre la surface cumulée des planchers hors oeuvre à la surface de la parcelle sur laquelle le bâtiment est édifié.

Encore une fois, certaines informations pertinentes pour le problème considéré devront être rajoutées à la base de données, celle-ci fournissant un point de départ très fiable.

De même, la notion de prospect, que l'on définit comme le rapport entre la hauteur d'un immeuble et la largeur de la rue, peut être l'objet d'une application utilisant la tridimensionnalité de la base de données.

F. Courbes de niveau

Le PICC permet de connaître la coordonnée " Z " pour tous les points de la base de données. De plus, un maillage de points de niveaux est produit. L'intervalle de la maille est de 50 m. Dès lors, la génération systématique des courbes de niveau est une application tout à fait envisageable, à partir des données du PICC.

Une pré-étude visant à déterminer la pertinence d'une production systématique des courbes de niveau est en cours à la D.432 du MET. Elle aboutira probablement à la mise à disposition d'une version " officielle " de courbes de niveau pour le PICC.

On notera que la cote altimétrique du pied d'un objet n'est pas obtenue directement, mais bien par estimation à partir d'un modèle numérique de terrain. Cela n'empêche pas que l'on est susceptible, vu la qualité des données originales, d'atteindre une précision plus grande que celle des cartes IGN.

G. L'exemple de la DGATLP de Wavre

Un exemple très intéressant d'utilisation du PICC par l'aménagement du territoire est fourni par la DGATLP à Wavre. L'administration locale y a développé un système informatique chargé de la gestion des permis de bâtir. Ce système traite les informations en plusieurs couches. La première de ces couches reprend effectivement les données fournies par le PICC.

Lorsqu'une demande de permis de bâtir est introduite - l'opérateur délimite la parcelle faisant l'objet du permis de bâtir sur base du plan PICC-, un dossier informatique est créé dans lequel les informations relatives aux différentes couches sont incorporées (couche 1 : PICC; couche 2 : plan de secteur; couche 3 : plan d'aménagement).

La mise en commun des requêtes entre toutes les couches présentes assure le suivi de la demande et la décision de l'administration, en fournissant en retour à l'opérateur un formulaire complété automatiquement sur base du résultat de l'intégration de toutes les informations.

CONCLUSION

Le fond de plan PICC généralisé représente un ensemble d'informations géographiques dont les potentialités

d'utilisation pour les divers services liés à l'aménagement du territoire apparaissent nombreuses.

La valeur déterminante des données qu'il fournit réside dans la fiabilité, la précision et l'aspect intégré de l'information.

Dans les diverses applications que l'on peut envisager, le PICC apparaît dès lors comme un point de départ essentiel. Il ne constitue pas à lui seul un produit fini pour toutes les applications recensées, mais bien une base de données performante que chaque utilisateur est amené à enrichir en fonction de ses besoins propres.

REMERCIEMENTS

Nos plus chaleureux remerciements à S. de Béthune, M. Binard et I. Nadasdi pour les judicieux conseils prodigués, et les connaissances spécifiques qu'ils ont partagées avec nous.

BIBLIOGRAPHIE

COLLIGNON A., 1995. *The Continuous Cartography Project : A 3D Management Tool for the Walloon Region*. GIS Europe, June 1995, 28-30.

DONNAY J.P., 1995. *Cartographie Topographique*, Faculté des Sciences - Sciences Géographiques - Université de Liège, 201 p.

GENIN B., 1994. *Structure de la base de données restituée par photogrammétrie analytique en vue de sa généralisation, rapport final*, Dir. Topo. & Carto. du MET / Lab. SURFACES - Univ de Liège, 132 p.

HECQUET G., 1995. *Evaluation de la précision de différentes techniques d'interpolation numérique pour la modélisation du relief*, travail de fin d'études, Université Catholique de Louvain, Facultés des Sciences Agronomiques, Unité de Génie Rural.

HEYMANS L., 1995. *Le fond de plan cartographique à grande échelle de la Région wallonne*, Dir. Topo.& Carto. du MET, 8 p.

HEYMANS L. & COLLIGNON A., 1995. *The Walloon Region Cartographic Base Map*, Joint European Conference and Exhibition on Geographical Information, The Hague, The Netherlands, March 26-31, 1995, Vol. 2, 77-82.

JONES C.B., BUNDY G. LI. & WARE J.M., 1995. *Map Generalization with a Triangulated Data Structure*.

Cartography and Geographic Information Systems,
Vol. 22, n°4, 317-331.

NADASDI I., 1997. *Objectifs et moyens de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire*, notes de cours de l'ISAI Lambert-Lombard, 1997-1998.

DIFFUSION DU PICC, 1997. *Problématique de la diffusion de la Base de Référence des Items Géographiques Informatisée et Tridimensionnelle*, Mars 1997, 38 p.

Adresses des auteurs :

Eric EL OSTA
Laboratoire SURFACES
Université de Liège
Place du 20 Août, 7
B - 4000 Liège

Luc HEYMANS
Ministère de l'Équipement et des Transports (MET) de la Région wallonne
Direction de la Topographie et de la Cartographie -D.432
WTC 3- 2e étage- Boulevard S. Bolivar, 30
B - 1210 Bruxelles

Frédéric PAQUAY
Laboratoire SURFACES
Université de Liège
Place du 20 Août, 7
B - 4000 Liège