

# DIGITALISATION AU MILLIMETRE (DIMI)

Jean-Pierre NZALI  
& Hippolyte TAPAMO  
Département d' Informatique  
Faculté des Sciences  
Université de Yaoundé I  
B.P. 812 Yaoundé Cameroun  
Fax : (237) 23 74 02

## RESUME

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) constituent aujourd'hui une nouvelle branche très prometteuse de la technologie informatique qu'il convient d'adopter pour mieux maîtriser les données et prendre des décisions en connaissance de cause. La mise en place d'une application SIG est longue et coûteuse. En plus du matériel et du logiciel il faut surtout des données spatiales. Cet article propose une méthode d'acquisition à moindre frais des données spatiales pour des applications de SIG ne nécessitant pas une très grande précision géométrique. Il décrit la démarche, son application sur un exemple concret et les résultats obtenus. Il dégage les avantages et les domaines concernés par une telle approche surtout dans un environnement disposant de peu de moyens financiers.

**Mots clés :** SIG, Digitalisation, Carte, Cartographie Thématique, Acquisition des Données spatiales.

## 1. INTRODUCTION

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) constituent de nos jours une nouvelle branche technologique dans le monde informatique. Ils permettent de mieux synthétiser et présenter à l'utilisateur final les masses de données traitées par ordinateur. Aux traditionnels tableaux de chiffres, ils substituent des cartes avec toute la sémiologie graphique [Bertin73] nécessaire et tous les outils facilitant leur manipulation (désignation, zoom, superposition, requêtes spatiales, bases de données descriptives associées, calcul des distances et des surfaces, etc...) [Rouet91],[Laurini92]. Les SIG apportent un véritable plus à l'interface homme machine [Balpe90],[Boursier94], et s'imposent de plus en plus dans de nombreux domaines qui ont besoin des données spatiales c'est-à-dire des données localisées dans l'espace et le temps. Ces domaines sont d'autant plus vastes qu'on estime que 85 % des bases de données utilisées dans le monde contiennent des données spatiales [Mapinfo94].

L'introduction d'une nouvelle technologie dans toute entreprise nécessite non seulement une phase d'études minutieuses, mais aussi et surtout une sensibilisation habilement menée par les experts du domaine pour convaincre le milieu à accepter le changement et à engager les énergies nécessaires pour la bonne réussite du projet.

D'après [Bernard92], le cycle de vie d'un projet SIG comporte 7 phases commençant par la décision et allant jusqu'à la mise en oeuvre. Laurini [Laurini92] conseille de ne sauter aucune de ces étapes si on désire mener à bien le processus. La première phase, celle de la prise de décision de mettre en place un SIG, se décompose elle-même en des étapes de sensibilisation et de démonstrations à l'issu desquelles intervient la décision. Pour mener à bien cette sensibilisation et ces démonstrations il est important de pouvoir travailler sur des prototypes de SIG avec autant que possible des données propres à l'entreprise [Laurini92]. Il sera ainsi beaucoup plus facile de convaincre à la fois les futurs utilisateurs et les décideurs à collaborer pour la mise en place d'un système répondant entièrement à leurs besoins.

La plupart des entreprises ont des données localisées (cartes papier par exemple) qu'il va falloir saisir (digitaliser ou scanner) [Boursier94] et intégrer au SIG pour étayer et enrichir les démonstrations accompagnant la sensibilisation. La digitalisation au millimètre (DIMI) que nous proposons ici sera d'une grande utilité dans ce cas surtout si l'entreprise ne possède pour le moment ni scanner ni table à digitaliser, ce qui est généralement le cas dans un contexte africain.

La DIMI présente aussi un intérêt dans la cartographie thématique où une grande précision géométrique [Faiz95a],[Faiz95b] n'est pas nécessaire. La digitalisation des cartes à l'aide de table à digitaliser ou d'un scanner coûte cher et le matériel approprié est rare dans nos pays. En l'absence d'une table à digitaliser, en attendant un équipement en commande ou en réparation, il peut être intéressant d'utiliser la DIMI pour résoudre certains problèmes de saisie de données spatiales.

La mise en place de certaines applications exige des fonds de carte qu'on ne trouve pas facilement dans les SIG du marché mais qui existent sur du papier. La DIMI peut, une fois de plus, nous aider à obtenir ces fonds de carte à moindre frais avec un équipement à la portée de tous. Le fond de carte du Cameroun extrait de MAPINFO [Mapinfo94] a 44 points. Avec la DIMI on peut facilement obtenir un fond de carte du Cameroun de plusieurs centaines de points, comme nous le verrons plus loin dans cet exposé.

Dans un projet de SIG, l'acquisition des données représente 5 à 10 fois le montant de l'achat du logiciel et du matériel [Laurini92]. Réduire le coût d'acquisition est donc d'une grande importance surtout quand les moyens financiers sont limités malgré la nécessité évidente de la mise en place d'un SIG.

Ces différents exemples que nous venons de citer montrent l'importance de la DIMI aussi bien dans la phase de sensibilisation qui précède la mise en place d'un SIG, que pendant l'exploitation, surtout dans un environnement possédant une main d'oeuvre bon marché et peu de moyens financiers. Dans la suite de ce document, nous allons présenter le principe de fonctionnement de la DIMI, nous l'appliquerons à des exemples pratiques avant de tirer un certain nombre de conclusions sur cette approche qui met la digitalisation à la portée de tous.

## 2. PRINCIPE DE LA DIGITALISATION AU MILLIMETRE (DIMI)

La digitalisation au millimètre (DIMI) permet d'obtenir à partir des cartes papier des cartes ordinateur de précision moyenne sans utiliser les dispositifs traditionnels d'entrée des informations comme la table à digitaliser ou le scanner. La DIMI utilise un équipement minimal pour saisir les cartes et les plans et les intégrer dans un SIG.

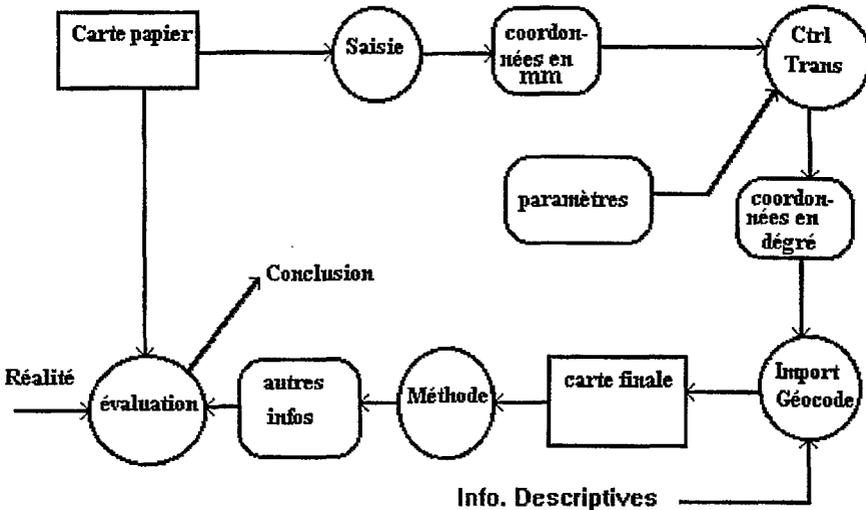


Figure 1: Schéma du principe de la DIMI

Le schéma ci-dessus (Figure 1) présente le principe de la DIMI. La carte papier posée sur une table à dessin est recouverte d'une feuille de papier millimétré transparent. Les coordonnées des différents points de la carte sont relevées en millimètre et saisies sur le clavier de l'ordinateur (Saisie). Ces coordonnées sont définies par rapport à une origine donnée. Une phase de contrôle et de transformation (Ctrl Trans) vérifie que les coordonnées sont dans les limites permises par les paramètres en entrée et effectue une conversion des coordonnées en millimètre en coordonnées en degré c'est-à-dire en longitude et en latitude. Les paramètres en entrée précisent :

- le minimum et le maximum en x
- le minimum et le maximum en y
- l'écart maximum entre deux abscisses successives
- l'écart maximum entre deux ordonnées successives
- la latitude et la longitude en degré de l'origine choisie
- l'échelle de la carte papier

A la fin de cette phase il est possible de vérifier que les coordonnées en latitude et en longitude de certains points (villes ou autres points de repère) sont proches de la réalité. L'opération d'import et de géocodage (**Import Géocode**) permettra ensuite d'obtenir dans un SIG la carte finale sous forme de modèle vecteur avec les informations descriptives correspondantes.

En appliquant les différentes méthodes (**Méthode**) offertes par les SIG sur la carte finale, on obtient d'autres informations (distance, surface, position géographique, ...) qui, comparées à la réalité (**évaluation**) permettront de juger de la pertinence de l'approche et du degré de confiance qu'on peut lui accorder.

L'un des avantages de la DIMI est qu'elle s'applique à tous les formats de carte. Sur une table à digitaliser ou un scanner de format A4 il n'est pas possible de saisir en une passe une carte de format A3 par exemple. Il est nécessaire de faire plusieurs calages qui introduisent d'autres erreurs [Laurini94].

Un prototype de la DIMI a été réalisé en MAPBASIC [Mapbasic94a] [Mapbasic94b] sous MAPINFO [Mapinfo94a],[Mapinfo94b]. Ce prototype permet de saisir les coordonnées en millimètre, de les vérifier en fonction des paramètres, d'assurer leur transformation en degré, d'importer l'ensemble dans MAPINFO avec les données descriptives correspondantes, de faire de la superposition des différentes couches (fond de carte, découpage administratif, réseau routier, positionnement des villes,...), de calculer et d'afficher de nouvelles informations (position géographique, surface, longueur, périmètre, ...).

### 3. VALIDATION DE LA DIMI

Nous avons appliqué le prototype de la DIMI sur une carte du Cameroun à l'échelle 1/2 000 000 [Cgn84]. Le point origine choisi est le point situé au 9° de longitude est et au 2° de latitude nord. Nous avons relevé 1 035 points sur les limites du Cameroun. Nous avons aussi relevé des points sur les limites entre les dix provinces du Cameroun ainsi que la position de 33 villes.

#### 3.1 Positionnement des villes

Le tableau ci-après présente dans l'ordre alphabétique les résultats obtenus en ce qui concerne le positionnement des villes choisies. Les coordonnées en latitude et en longitude de ces villes sont comparées aux données de référence tirées de [Olivry86].

N°	NOM	Lat réf. (Nord)	Lat DIMI (Nord)	Long réf. (Est)	Long DIMI (Est)
1	AMBAM	2° 23	2° 22	11° 16	11° 15
2	BAFIA	4° 44	4° 43	11° 14	11° 14
3	BAFOUSSAM	5° 28	5° 27	10° 25	10° 25
4	BANGANGTE	5° 08	5° 07	10° 31	10° 32
5	BANYO	6° 45	6° 43	11° 49	11° 48
6	BATOURI	4° 26	4° 25	14° 22	14° 21
7	BERTOUA	4° 35	4° 33	13° 41	13° 39
8	CAMPO	2° 22	2° 21	9° 50	9° 49
9	DOUALA	4° 03	4° 03	9° 43	9° 42
10	DSCHANG	5° 27	5° 25	10° 04	10° 05
11	EBOLWA	2° 55	2° 52	11° 09	11° 08
12	FOUMBAM	5° 44	5° 42	10° 54	10° 52
13	FOUMBOT	5° 31	5° 29	10° 37	10° 39
14	GAROUA	9° 18	9° 15	13° 23	13° 23
15	KRIBI	2° 56	2° 56	9° 54	9° 55
16	KUMBA	4° 38	4° 38	9° 27	9° 25
17	LOMIE	3° 10	3° 09	13° 37	13° 35
18	MAMFE	5° 45	5° 43	9° 19	9° 21
19	MAROUA	10° 36	10° 31	14° 19	14° 20
20	MBALMAYO	3° 31	3° 31	11° 30	11° 30
21	MEIGANGA	6° 32	6° 30	14° 17	14° 16
22	MELON	5° 09	5° 07	10° 00	9° 57
23	MOKOLO	10° 44	10° 40	13° 49	13° 48
24	MOLOUNDOU	2° 03	2° 02	15° 13	15° 11
25	NDIKINIMEKI	4° 46	4° 45	10° 50	10° 50
26	NGAOUNDERE	7° 17	7° 16	13° 35	13° 35
27	NKONDJOK	4° 52	4° 51	10° 15	10° 15
28	NKONGSAMBA	4° 57	4° 56	9° 56	9° 57
29	SANGMELIMA	2° 56	2° 55	11° 59	11° 58
30	TIKO	4° 05	4° 03	9° 21	9° 23
31	YAOUNDE	3° 51	3° 51	11° 30	11° 30
32	YOKADOUMA	3° 31	3° 30	15° 06	15° 02
33	YOKO	5° 32	5° 30	12° 19	12° 19

**Tableau 1**

On constate sur ce tableau que l'écart maximum en latitude ou en longitude est de 5' entre les données de l'ORSTOM et celles de la DIMI. Cet écart, qui du reste est faible, s'explique car les stations météorologiques dont il est question dans le document de

l'ORSTOM [Olivry86] pris comme référence sont souvent situées en dehors de la ville. Il faut aussi noter qu'un écart de positionnement n'est significatif dans la plupart des applications cartographiques que dans la mesure où il dépasse 9'.

Ces résultats très encourageants nous ont permis de procéder à l'enrichissement de notre carte par le placement sur cette dernière des autres villes ou de tout autre point dont on connaît les coordonnées en latitude et en longitude. Nous avons ainsi placé sur la carte des villes comme Edéa, Yabassi, Tibati, Saa, Makak et Loum qui n'apparaissent pas clairement sur la carte d'origine mais dont les coordonnées sont fournies dans le document de l'ORSTOM. A côté de notre carte au 1/2 000 000 nous avons une carte à une plus grande échelle de la province de l'ouest et de ses environs. Nous avons aussi digitalisé les localités apparaissant sur cette deuxième carte et les avons intégrées dans MAPINFO.

Ces nouveaux points complètent la carte qui compte désormais 218 localités et permettent d'avoir une bonne base de calage pour la superposition automatique de cartes d'échelles différentes.

### 3.2 Evaluation des surfaces et des distances

L'ensemble des coordonnées en degré ont été importées dans MAPINFO. Sur la carte finale, MAPINFO nous a permis d'effectuer des calculs de surface et de distance. La superficie du Cameroun ainsi calculée est de 464 800 km<sup>2</sup> contre 465 402 km<sup>2</sup> donnée par la carte papier [Cgn84] qui a servi de base à la DIMI, soit une erreur en valeur absolue de 602 km<sup>2</sup> et une erreur relative de 0,01 %. Le tableau ci-dessous présente les résultats au niveau des dix provinces du Cameroun.

Nom	Point	S. Réf. (en km <sup>2</sup> )	S. DIMI (en km <sup>2</sup> )	Erreur Absolue	Erreur Relative	Périmètre (en km)
Adamaoua	317	61 992	61 260	732	1,2 %	1 346
Centre	304	68 942	68 100	842	1,3 %	1 548
Est	356	108 900	109 200	300	0,3 %	1 825
Ex. Nord	275	34 260	34 580	320	0,9 %	1 233
Littoral	243	20 220	20 550	330	1,7 %	1 058
Nord	298	67 798	66 540	1 258	1,9 %	1 233
N. Ouest	154	17 300	17 690	390	2,3 %	652
Ouest	153	13 890	14 190	300	2,2 %	620
Sud	223	47 190	47 130	60	0,2 %	1 293
S. Ouest	229	24 910	25 560	650	2,7 %	1 010

**Tableau 2**

La première colonne donne le nom de la province. La deuxième donne le nombre de points définissant son contour dans la DIMI. Les deux colonnes suivantes donnent respectivement sa superficie dans le document de référence [Cgn84] et dans la DIMI. L'erreur absolue et l'erreur relative sont données dans les deux colonnes qui suivent. La

dernière colonne contient le périmètre calculé à partir des résultats de la DIMI. L'erreur relative sur la superficie est inférieure à 3 % sur l'ensemble des dix provinces.

### 3.3 Remarques

De nombreux articles ont montré que les données issues des SIG contiennent des erreurs et qu'il n'est ni possible ni absolument nécessaire de les éliminer entièrement [Ncia91], [Goodchild92], [Laurini94], [Faiz95a]. Une donnée SIG peut être de bonne qualité pour une application et être de mauvaise qualité pour une autre application. Ce qui importe ici c'est que le résultat de la DIMI convienne à l'utilisation envisagée. Nous avons cité quelques domaines comme la cartographie thématique, les démonstrations de sensibilisation et les fonds de carte, où la DIMI peut être d'une grande utilité. Certaines erreurs souvent rencontrées dans la digitalisation à l'aide d'une table peuvent être évitées dans la DIMI. Les polygones parasites [Laurini94] et ceux qui ne se ferment pas peuvent être évités dans la DIMI si on marque les points au fur et à mesure qu'on les saisie. Il n'est donc pas nécessaire de saisir le même point plusieurs fois comme dans le cas de l'utilisation d'une table à digitaliser.

Si on considère que l'erreur de lecture à la DIMI est d'un demi-millimètre, l'erreur en valeur absolue de positionnement sur le terrain qui en résulte est donnée en cm par la formule :  $E=1/20e$  où  $e$  représente l'échelle de la carte. A l'échelle 1/2 000 000,  $E = 1$  Km ; ce qui est tout à fait acceptable pour une ville par exemple. Cette erreur décroît quand l'échelle augmente. Plus l'échelle sera grande, meilleur sera le résultat de la DIMI. l'erreur de lecture à la DIMI peut, quant à elle, être inférieure à un demi-millimètre puisque le pouvoir séparateur de l'oeil est de 1/10 de millimètre à 30 cm.

### 3.4 Exemple de carte obtenue

La carte obtenue est présentée ci-après avec le découpage administratif et 65 villes symbolisées chacune par une étoile. Elle constitue un fond de carte d'une précision moyenne pour de nombreuses applications thématiques et autres. Les trois couches ou couvertures si on utilise la terminologie de Arc/Info<sup>1</sup> [Morehouse89] à savoir le Contour du pays, le découpage administratif et la couche villes, peuvent être utilisées en même temps ou séparément. Il est possible d'afficher uniquement les provinces ou les villes de son choix, c'est-à-dire d'adapter l'affichage au besoin de l'utilisateur.

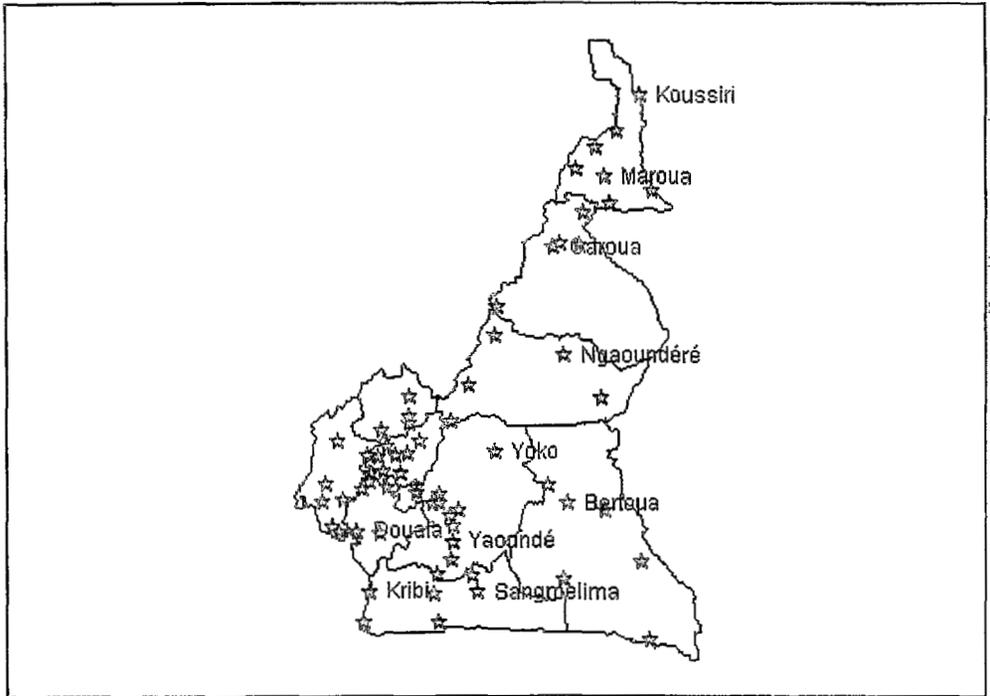
## 4. PERSPECTIVES

Comme la DIMI prend en compte l'échelle de la carte origine, il est possible de digitaliser et d'intégrer à la carte obtenue plus haut d'autres contours concernant d'autres unités administratives de plus faibles étendues que les provinces et représentées à des échelles différentes. Il se posera alors le problème classique de polygones parasites. Pour résoudre ce problème dans le cas de la digitalisation au millimètre nous sommes entrain

---

<sup>1</sup> Arc/Info utilise une des approches de modélisation les plus populaires qui consiste à décomposer le monde réel en couvertures ou couches thématiques.

de travailler sur une structure de données qui permettra l'utilisation automatique des contours déjà saisis. Il sera alors possible de composer des contours à partir des données anciennes et des données nouvellement saisies. C'est-à-dire de passer du modèle spaghetti au modèle topologie de réseau.



## 5. CONCLUSION

Au début de ce document nous avons montré l'importance de l'acquisition des données dans la mise en place et l'exploitation des SIG. Cette acquisition représente l'essentiel des coûts des SIG. Pour réduire ces coûts nous avons proposé une méthode d'acquisition des données spatiales à la portée de tous, moins chère et adaptée à des applications ne nécessitant pas une grande précision géométrique.

Un prototype a été mis au point sous Mapinfo. La méthode proposée a été testée sur une carte du Cameroun avec le logiciel de SIG MAPINFO et les résultats sont très satisfaisants quand on les compare à la réalité. Nous avons calculé les superficies des provinces du Cameroun ainsi que leur périmètre. Nous pouvons aller plus loin en calculant la superficie des départements, la longueur des fleuves et des voies de communications.

La digitalisation au millimètre peut s'appliquer à des réseaux de desserte dans les villes par exemple (transport urbain, distribution d'eau, d'électricité, téléphone,...). Plus l'échelle est grande, meilleur sera le résultat de la DIMI qui reste valable même à l'échelle 1/1. Nous avons noté que la DIMI ne convient pas à des applications exigeant une grande précision géométrique. Une structure de données est à l'étude pour mieux intégrer et exploiter les résultats de la DIMI en vue d'évoluer vers le modèle topologie de réseau.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

[Baple90] J.P. Baple, *Hyperdocuments, Hypertextes, Hypermédi*a, Eyrolles, 1990

[Bertin73] J. Bertin, *Sémiologie graphique, les diagrammes, les réseaux, les cartes*, Gauthier-Villars, 1973

[Boursier94] P. Boursier et P.A. Taufour, *Technologie des multimé*dia, Hermes, 1994

[Bernard92] M. Bernard, *Gestion de projet de SIG Urbain*, Tutorial, 15<sup>e</sup> Symposium Européen des Systèmes d'Information Urbains (UDMS), Lyon, 1992

[Boulier94] J. Boulier et P. Langlois, *Méthode d'extrapolation spatiale de données descriptives ponctuelles, application à la valorisation de l'inventaire forestier national*, Journées de la Recherche CASSINI, Lyon, octobre 1994

[Cgn84] Cgn (Centre Géographique National), *Carte Administrative du Cameroun au 1/2 000 000*, 7<sup>e</sup> édition, 19984

[CHEV92b] J.J. Chevallier, J. Huberdeau et C. Langlois, *SIRS à petite échelle pour les décideurs municipaux*, Proceedings of The Canadian Conference on GIS, Ottawa, March 1992

[FAIZ95a] S. Faiz. and P. Boursier, *A model for handling and evaluating the quality of information in a geographical information system*, Joint European Conference and Exhibition on Geographical Information (JEC'95), La Haye, Pays-Bas, Mars 1995.

[FAIZ95b] S. Faiz. and P. Boursier, *Geographic Data Quality : From Assessment to Exploitation*, International Workshop on Advanced Geographic Data Modelling (AGDM'95), Merrickville, Ontario, Canada, Octobre 1995.

[Goodchild92] M. Goodchild and S. Gopal, *Accuracy of spatial databases*, Taylor & Francis, 1992.

[Laurini92] R. Laurini et F. Milleret-Raffort, *Les bases de données en géomatique*, Hermes, 1992

[Laurini94] R. Laurini, *Détection et corrections d'erreurs topologiques dans les bases de données géographiques*, journées de la Recherche CASSINI, Lyon, octobre 1994

[Mapbasic94a] *Mapbasic User's Guide*, Mapinfo Corporation, Troy, New York, 1994

[Mapbasic94b] *Mapbasic reference*, Mapinfo Corporation, Troy, New York, 1994

[Mapinfo94a] *Mapinfo 3.0, Logiciel de Cartographie, ADDE, Guide d'utilisation*, 1994

[Mapinfo94b] *Mapinfo 3.0, Logiciel de Cartographie, ADDE, Manuel de référence*, 1994

[Morehouse89] S. Morehouse, *The Architecture of ARC/INFO*, Proc. 9Th Int. Symposium on Computer -Assisted Cartography (Auto-Carto9), Baltimore, 1989

[Ncgia91] NCGIA Research initiative 7: *Visualisation of spatial data quality*, technical paper, october 1991

[Olivry86] J.C. Olivry, *Fleuves et rivières du Cameroun*, Collection Monographies Hydrologies ORSTOM, N°9, 1986

[Rouet91] Paul Rouet, *Les données dans les systèmes d'information géographique*, Hermes, 1991

[Stu90] Stu (Service Technique de l'Urbanisme), *Systèmes d'information géographique, des concepts aux réalisations*, Hermes, 1990

[Veregin92] H. Veregin, *Error modeling for the map overlay operation*, *Accuracy of Spatial Databases*, edited by M. Goodchild and S. Gopal, Taylor and Francis, 1992