

SESSION 5 : Aspects de l'utilisation polyvalente des SIG

**LES LOGICIELS SIG:
EVOLUTION PAR L'INTEGRATION DE DONNEES MULTISOURCES**

Dr. Yvan Bédard, directeur
Centre de Géomatique
Dép. Sciences géodésiques et télédétection
Université Laval, Québec
Canada, G1K 7P4

RESUME

L'utilisation polyvalente des logiciels SIG est reliée de très près à leur capacité d'intégrer et de traiter des données provenant de différentes sources: topométrie, géodésie, cartographie, photogrammétrie, télédétection, bases de données descriptives, etc. Cet article propose une synthèse de l'évolution du potentiel d'intégration des outils SIG. Nous débutons avec un scénario décrivant l'évolution de l'intégration entre les données cartographiques numériques et les données descriptives provenant des systèmes de gestion de base de données (SGBD). Par la suite, nous utilisons ce scénario pour mieux comprendre le potentiel d'intégration de l'ensemble des données décrivant le territoire, peu importe le mode de captage utilisé. Finalement, nous analysons l'état actuel et futur du marché des logiciels SIG en fonction de leur potentiel intégrateur.

GIS SOFTWARE: EVOLUTION THROUGH THE INTEGRATION OF MULTISOURCE DATA

ABSTRACT

The flexible use of GIS software closely relates to their capability to integrate and process data coming from different sources: surveying, geodesy, mapping, photogrammetry, remote sensing, tabular databases, etc. This paper proposes a synthesis describing the evolution of GIS software potential for data integration. We begin with a scenario describing the different levels of integration between digital cartographic data and descriptive data achieved by GIS tools. Then, we use this scenario to better understand the GIS integration potential for all land-related data, whatever the technique used to collect these data. Finally, we analyse the actual and expected commercial GIS software situation with regard to their potential for integration.

INTRODUCTION

Au cours des deux dernières décennies, nous avons assisté à une révolution des méthodes d'acquisition et de gestion des données sur le territoire. Cette révolution, à la fois technologique et informatique, a donné naissance à de nouveaux outils tels que les récepteurs GPS utilisés en géodésie, les capteurs de télédétection, les stations totales avec carnet de note électronique utilisées en topométrie, les caméras numériques utilisées en photogrammétrie, ainsi que les logiciels SIG, de traitement d'images de télédétection, de vidéogrammétrie, de cartographie numérique, etc. Cette révolution a conduit à un accroissement important du volume et de la diversité des données sur le territoire.

Les logiciels SIG, de par leur nature, sont devenus les outils par excellence pour intégrer ces données multisources. Cet article vise donc à synthétiser l'évolution de cette capacité d'intégration quant à la saisie, le stockage et le traitement de données hétéroclites. Nous étudierons cette évolution en débutant par un scénario d'intégration des données descriptives (attributs) avec les données géométriques (cartographiques). Nous utiliserons ensuite ce scénario pour mieux comprendre la façon globale dont est effectuée l'intégration de l'ensemble des données multisources. Nous terminons avec une analyse du marché actuel et futur des SIG qui met en évidence la diversité des produits quant au potentiel d'intégration entre chaque type de données (cartographiques vs descriptives) et chaque type de captage/traitement (topométrie, télédétection, géodésie, photogrammétrie, etc.).

Ce potentiel d'intégration des logiciels SIG ne conduit pas nécessairement à une immense base de données centralisée contenant toutes les données sur le territoire. Au contraire, il donne plus de latitude quant au choix du degré de décentralisation des données d'une organisation, sujet qui n'est cependant pas abordé dans le présent article.

SCENARIO D'INTEGRATION DES DONNEES DESCRIPTIVES ET GEOMETRIQUES

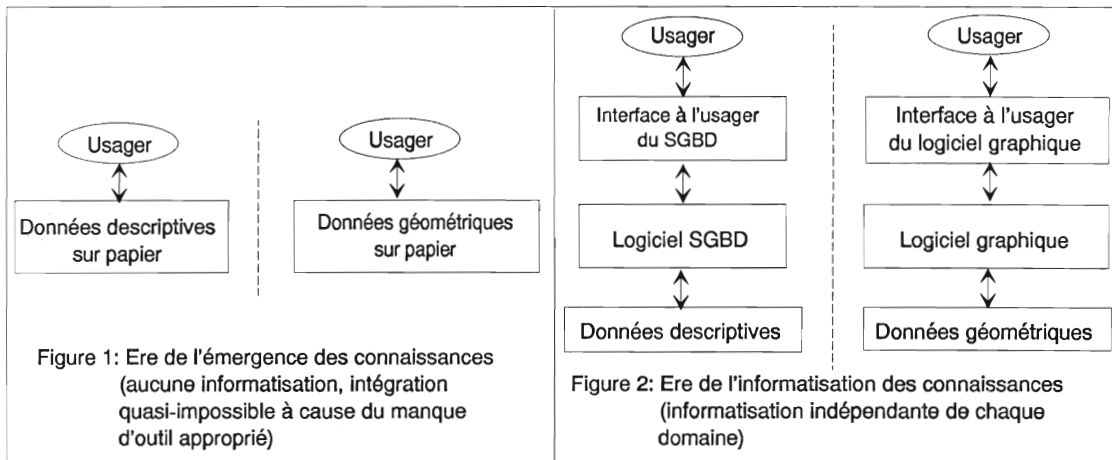
Les logiciels SIG sont nés du besoin de combiner l'information descriptive des différents éléments du territoire avec leur représentation cartographique pour effectuer des analyses spatiales automatisées (Ehlers, Edwards et Bédard 1989).

Pour y parvenir, les compagnies mettant sur le marché les logiciels SIG ont franchi au cours des dix dernières années plusieurs phases d'intégration entre deux familles bien distinctes de logiciels:

a) les systèmes de gestion de bases de données (SGBD) utilisés dans les applications sans référence spatiale depuis le début des années 1970 (ex. banques, hôpitaux, agences de voyages), et

b) les logiciels d'infographie utilisés principalement pour faciliter l'opération "dessin" dans certaines disciplines (ex. architecture, génie civil, cartographie). Ces différentes phases d'intégration ont déjà fait l'objet d'une analyse plus sommaire (cf. Bédard 1986; Ehlers, Edwards et Bédard 1989). Ici, nous développons davantage ce scénario à l'aide de six phases.

1- Avant l'arrivée de l'informatique, l'homme gérait son territoire en inscrivant ses données descriptives dans des registres manuels et en dessinant ses cartes et plans sur du papier (figure 1). Les outils d'alors permettaient tout juste d'accomplir les tâches à faire: les calculs étaient longs à effectuer, les plans longs à dessiner, les données difficiles à transmettre ou copier, et peu de normes existaient quant aux méthodes de travail et aux données utilisées. Chaque spécialiste consacrait alors ses énergies à un seul domaine, généralement d'application restreinte, afin d'accomplir les tâches qui lui étaient dévolues. Dans un tel contexte, les possibilités d'intégration des données provenant de différentes sources représentaient des défis souvent insurmontables.



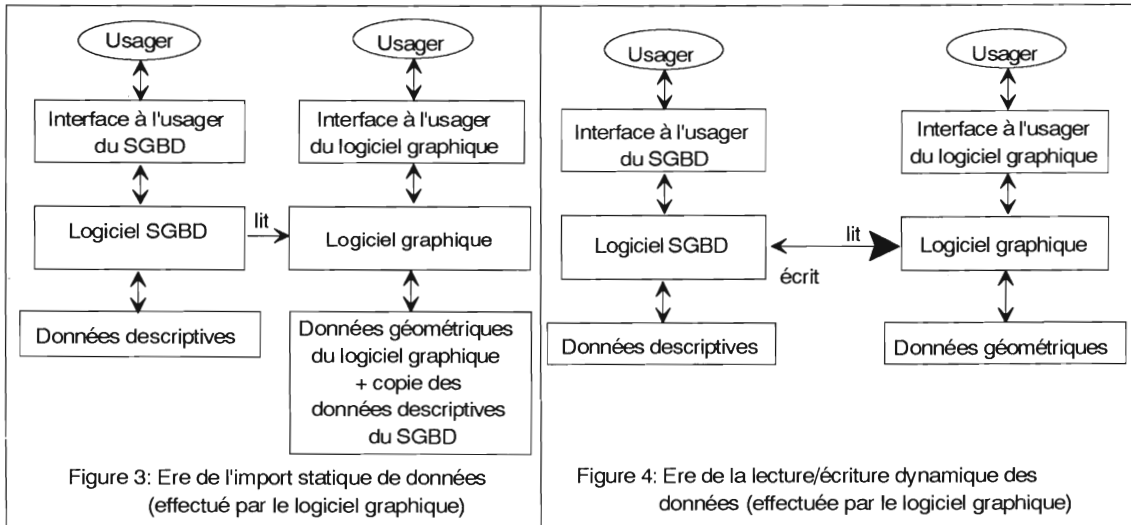
2- L'arrivée de l'outil informatique a créé un très grand enthousiasme dans les communautés scientifique et industrielle. Cet enthousiasme a drainé beaucoup d'énergies vers le développement d'applications spécialisées, résolvant des problèmes immédiats. Ainsi, il y a une trentaine d'années, l'homme a commencé à automatiser de façon indépendante les opérations de gestion de données descriptives et celles de graphisme numérique (figure 2). Résultat de ces efforts: nous retrouvons aujourd'hui sur le marché des logiciels très performants et très accessibles dans ces deux sphères d'activités.

L'homme a cependant reconnu rapidement l'utilité de marier ces deux technologies, par exemple pour la gestion du territoire et des infrastructures qu'on y retrouve. Ainsi, nous avons assisté, particulièrement au cours de la dernière décennie, à des efforts majeurs d'intégration en ce sens. Cette intégration est réalisée à différents degrés donnant lieu, selon ce point de vue, à quatre générations de logiciels SIG. Ces quatre générations sont présentés dans les phases 3 à 6.

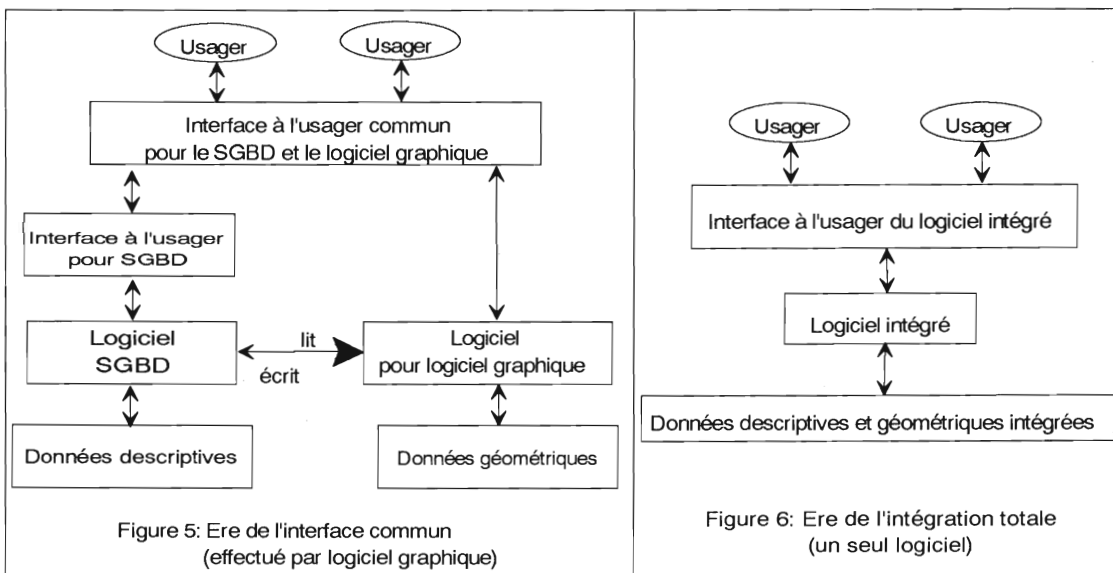
3- Au niveau le plus simple, la *première génération* de logiciels SIG utilise un logiciel d'infographie pouvant copier les données descriptives de la base de données du SGBD supporté et en adapter le format selon sa propre structure (figure 3). Ce type d'intégration, que nous appelons "import statique", demeure fréquent sur le marché, principalement pour les logiciels fonctionnant sur micro-ordinateurs. Une telle solution alourdit cependant les processus de tenue à jour et de transfert des données descriptives, augmente les possibilités d'incohérence entre ces données, et occupe plus d'espace mémoire.

4- Un niveau plus avancé d'intégration est apparu ultérieurement lorsque certains logiciels infographiques ont permis de lire directement les fichiers des SGBD supportés, sans les copier ni les traduire dans leur format (figure 4). De plus, ces logiciels infographiques pouvaient généralement écrire directement dans les fichiers des SGBD supportés, permettant ainsi l'édition de toutes les données à partir du même logiciel.

La *deuxième génération* de SIG repose donc sur un logiciel d'infographie possédant la capacité de "lecture/écriture dynamique" des données descriptives du SGBD. Une telle capacité allège la tenue à jour des données, diminue leurs risques d'incohérence et facilite l'intégration des données. Cette solution est très répandue sur le marché, elle est mature et accessible à peu de frais.



5- La solution précédente conserve cependant l'inconvénient d'exiger la maîtrise de deux logiciels tout à fait différents. Certains fournisseurs ont donc simplifié la tâche des utilisateurs en ajoutant un interface commun pour leur logiciel d'infographie et les SGBD supportés (figure 5).



Cette *troisième génération* de SIG, celle de "l'interface commun", rend l'intégration des données plus transparente à l'utilisateur. Cet interface unique isole l'utilisateur de l'interface original du logiciel SGBD, réduisant l'impression d'utiliser deux systèmes. Seuls quelques produits de haute gamme offrent cette possibilité.

6- La solution la plus évoluée en terme d'intégration existe lorsque le logiciel est conçu en conséquence a priori. Ainsi, des développeurs ont intégré complètement la gestion des données descriptives et géométriques en un seul et unique logiciel (figure 6).

Cette *quatrième génération* de SIG repose généralement sur un SGBD commercial (après entente avec le développeur du SGBD) ou un SGBD maison gérant autant les données géométriques que descriptives. Une telle solution est donc construite autour des besoins d'intégration et non pas à partir de modifications effectuées a posteriori à un logiciel infographique. Ceci augmente la cohérence des opérations et élimine les opérations inter-logiciels (ex. interface, transfert de données, cohérence des versions de logiciels).

Nous terminons ces six phases en mentionnant que l'intégration SGBD-infographie a été tellement bénéfique qu'elle a donné naissance à deux nouvelles technologies aujourd'hui considérées comme matures et facilement accessibles:

A- la technologie associée au sigle anglais "AM/FM" (Automated Mapping/Facilities Management) qui est surtout utilisée pour gérer l'information reliée à des éléments ponctuels (ex. bornes fontaines) et linéaires (ex. tuyaux d'égouts). Ces logiciels présentent d'excellentes capacités de dessin technique permettant de numériser exactement les paramètres géométriques des données cartographiques (ex. rayon d'un arc, détermination des points de tangence avec une droite, longueur d'une droite) ainsi que pour la gestion de réseaux (ex. réseau d'aqueduc);

B- la technologie des logiciels que nous pourrions appeler "d'analyse spatiale". Cette technologie fait appel à la base de données descriptives (i.e. aux attributs) surtout pour produire des cartes thématiques. Elle permet aussi de faire des analyses spatiales plus complexes telles que des superpositions de polygones, des études de zones ou corridors, et des analyses d'adjacence. Généralement, ces logiciels ont des capacités cartographiques limitées pour la saisie des données géométriques. Par contre, ils permettent souvent d'importer des cartes numériques existantes ainsi que les données statistiques nationales, tant cartographiques que descriptives, pour produire d'excellentes cartes thématiques.

Quoique certains auteurs dénommeront SIG cette dernière catégorie de logiciels, nous préférons utiliser le terme SIG pour un logiciel combinant à la fois les fonctions de gestion de base de données descriptives, de dessin et d'analyse spatiale. Ces fonctions permettent de saisir, conserver, traiter et diffuser l'information relative à la description, la position et la forme exactes des éléments du territoire ainsi que leurs relations spatiales (ex. superposition, adjacence, distance).

AUTRES INTEGRATIONS CONDUISANT A L'UTILISATION POLYVALENTE DES SIG

Le mariage "SGBD-infographie" n'est qu'un exemple d'intégration parmi plusieurs prenant présentement forme dans les SIG. En effet, d'autres catégories de logiciels sont apparues en géomatique, avant ou parallèlement aux SIG (Beaulieu et al 1990). Ces autres logiciels facilitent plus spécifiquement l'acquisition des données à référence spatiale dans des domaines comme la télédétection, la photogrammétrie, la topométrie et la géodésie. L'énergie mise à développer ces logiciels a donné naissance à des outils très performants mais spécialisés et souvent incompatibles entre eux. Nous retrouvons ainsi sur le marché une panoplie de logiciels présentant une complémentarité et un chevauchement évidents quant aux types de données traitées et aux fonctionnalités offertes (ex. logiciels COGO, de traitement d'image, de vidéogrammétrie, de transformation de projections cartographiques).

L'application "deux par deux" du scénario d'intégration "SGBD-infographie" pour chaque catégorie de logiciels (ex. SIG et topométrie, SIG et télédétection) permet d'éclaircir la situation. Il permet à un consommateur de mieux comprendre le marché actuel et futur des différents types de logiciels géomatiques. Les prochains paragraphes traitent particulièrement de l'intégration entre les SIG et ces autres applications complémentaires. Ainsi nous traitons successivement de l'intégration "SIG-télédétection", "SIG-photogrammétrie", "SIG-topométrie" et "SIG-géodésie".

1- SIG-télédétection: plusieurs logiciels sont aujourd'hui utilisés en télédétection pour faciliter l'interprétation des images obtenues à partir de capteurs satellites ou aéroportés. Ces logiciels, qui furent développés indépendamment des SIG, offrent certaines fonctions similaires à celles de ces derniers (ex. génération automatique de polygones, corrections géométriques). Inversement, certains logiciels SIG fournissent des capacités de traitement matriciel (raster) similaires à celles retrouvées en télédétection mais sans nécessairement en offrir toutes les nuances (ex. filtrage, accentuation d'image). La complémentarité de ces logiciels quant aux besoins comblés et aux fonctionnalités offertes a amené les développeurs à rechercher l'intégration entre les logiciels SIG et ceux de traitement d'images de télédétection. Ici, le scénario d'intégration s'applique très bien et nous pouvons dire que l'intégration commerciale SIG-télédétection en est principalement à la phase 3, bien que certains produits présentent des caractéristiques de la phase 5. Une meilleure intégration reste donc possible et nécessaire (voir Ehlers, Edwards et Bédard 1989 pour plus de détails).

2- SIG-photogrammétrie: les logiciels de photogrammétrie numérique (vidéogrammétrie) sont très récents; en fait, ils sont encore à l'état de développement chez la plupart des fournisseurs d'équipement géomatique. Avec ces logiciels, les données numériques sont obtenues par balayage (scanning) de photographies aériennes ou par caméras numériques et le résultat se présente sous forme d'images matricielles (raster) stéréoscopiques traitables par calculs photogramétriques. En plus d'avoir le potentiel de remplacer éventuellement les stéréorestituteurs analytiques pour la prise de mesure précise, ils incorporent des fonctions de traitement d'images comme celles retrouvées dans les logiciels utilisés en télédétection ou dans certains SIG (ex. accentuation et corrélation d'images).

A moyen terme, ces logiciels de vidéogrammétrie élargiront leur gamme de fonctions de traitement d'images tout en permettant des mesures tri-dimensionnelles à partir d'images de télédétection (inversement, cette prise de mesures tridimensionnelles, qui caractérisait la photogrammétrie, est maintenant réalisée aussi par des logiciels de télédétection utilisant des images à haute résolution spatiale et à recouvrement stéréoscopique).

Considérant la nouveauté de la vidéogrammétrie dont la recherche actuelle vise à simplement améliorer le volet photogrammétrique, il est normal que l'intégration SIG-vidéogrammétrie n'en soit qu'à la phase 3 (et pour les données géométriques seulement). Cette intégration est l'une des plus prometteuses pour les prochaines années, par contre l'intégration des SIG avec certains logiciels spécialisés (ex. aérotriangulation) demeurera probablement encore longtemps à la phase 3.

3- SIG-topométrie: les logiciels de topométrie (parfois appelés COGO) existent depuis longtemps. Ils permettent d'obtenir les coordonnées de points relevés sur le terrain ou déduits par calculs à l'aide de la géométrie plane. Ils permettent également de calculer des propriétés géométriques d'objets du territoire telles que superficies, longueurs, orientations, etc. Les logiciels COGO font aujourd'hui appel à des fonctions graphiques interactives et leurs capacités sont de plus en plus intégrées directement dans les logiciels de cartographie numérique et dans les SIG. Cette dernière intégration facilite beaucoup la tenue à jour de certaines données (ex. les données topographiques et cadastrales qui sont parfois tenues à jour par relevé terrain alors qu'elles ont été collectées par d'autres moyens). La situation actuelle quant à l'intégration SIG-topométrie est mieux représentée par les phases 3 et 6.

4- SIG-géodésie: les logiciels de traitement de données géodésiques (ex. projections cartographiques, compensations, positionnement par satellites GPS) permettent également de produire des données sur le territoire dont certaines servent d'assise à plusieurs SIG.

L'intégration des fonctionnalités de ces derniers logiciels dans les SIG devient fréquente. Ainsi, les SIG offrent de plus en plus de fonctions permettant de définir le datum géodésique et le système de projection cartographique tout en offrant des fonctions de calcul de lignes géodésiques, de convergence des méridiens, de coordonnées géographiques/planes/géocentriques, etc. Ces possibilités deviendront particulièrement utiles pour contruire des applications de SIG à partir des données brutes de captage (cf. concept du "measurement-based system" (Buyong et Frank 1989)). Ainsi, l'intégration SIG-géodésie est rendue partiellement à la sixième phase pour les fonctions simples dans les SIG de haut-de-gamme mais demeure à la phase 3 pour les fonctions complexes (ex. compensations de réseaux géodésiques).

ETAT ACTUEL ET PREVISIBLE DES SIG QUANT A LEUR POTENTIEL D'INTEGRATION

Nous constatons que la barrière qui existait traditionnellement entre ces différents outils d'acquisition et de gestion des données sur le territoire s'estompe rapidement. Il en est de même pour les différentes disciplines impliquées; à des dates aussi récentes que 1940 et 1950, il y avait des séparations très nettes entre les disciplines d'arpentage, de géodésie, de photogrammétrie et d'hydrographie. Cependant, au cours des dernières années, ces séparations sont devenues floues au point que toutes les disciplines en arpentage et cartographie sont maintenant très interreliées et interdépendantes" (Task Force on the Surveying and Mapping Industry of Canada, 1985; traduction libre par l'auteur).

Ainsi, la photogrammétrie se met au traitement d'images alors que la télédétection traite des données tridimensionnelles, la cartographie numérique offre des fonctions de calculs topométriques alors que les SIG ajoutent des calculs géodésiques, les logiciels de photogrammétrie incorporent également des fonctions de calcul topométriques pendant que les SIG offrent de plus en plus de capacités de traitement d'images matricielles, et ainsi de suite. Il en résulte un marché de logiciels très diversifié pouvant répondre à plusieurs besoins très différents.

Cette intégration des outils et des disciplines, mentionnée par plusieurs auteurs, a conduit à la nouvelle approche systémique appelée "géomatique". A chaque projet d'implantation d'un SIG dans une organisation, le géomaticien doit aborder le problème de façon globale et choisir les outils d'acquisition et de gestion des données qui soient les plus appropriés selon les types de données désirées, les ressources disponibles, les coûts prévus, la précision désirée, les échéanciers à satisfaire, etc. La meilleure solution consiste généralement en une intégration d'outils, de techniques et de méthodes diverses permettant d'atteindre une synergie optimale. L'industrie des SIG est attentive à ces besoins, elle travaille à faciliter cette intégration.

Considérant que les coûts de collecte et de traduction des données à référence spatiale représentent généralement de 60% à 80% des investissements liés à l'implantation d'un SIG dans une organisation, toute amélioration des logiciels SIG permettant d'augmenter les capacités d'intégration des données représente un atout majeur. L'industrie est consciente de cette réalité et différentes solutions sont proposées. Ces solutions ont toujours évolué vers une amélioration de l'intégration. Cette capacité d'intégration de données multisources caractérise d'ailleurs les logiciels SIG d'aujourd'hui.

Que réserve le futur? Par la nature même des SIG, nous pouvons sûrement prévoir une évolution vers une plus

grande intégration des données multisources et des fonctionnalités qui y sont reliées. Plusieurs alternatives continueront d'exister, ce qui permettra de continuer de satisfaire des besoins différents. Ainsi, chaque logiciel SIG augmentera ses capacités d'intégration jusqu'à un niveau fixé en fonction de la stratégie de chaque fournisseur (ex. prix, clientèle cible). Ceci conduira probablement vers un marché où l'on retrouvera à la fois des logiciels SIG uniques très intégrés et des logiciels SIG minimaux offrant d'excellentes possibilités d'intégration avec d'autres logiciels ou modules. En étudiant la situation actuelle du marché tant pour les SIG que pour l'informatique en général, cette dernière catégorie semble la plus probable à moyen terme. Nous pouvons également prévoir l'intégration accrue des données brutes (de mesures), des données temporelles et des méta-données dans les SIG, lesquelles n'ont pas été traitées dans cet article mais sont présentement l'objet de R&D.

Finalement, il est intéressant de noter que ce scénario général d'intégration se retrouve également dans plusieurs domaines. Prenez comme exemple les logiciels de traitement de texte face aux logiciels de mise en page (PAO), aux chiffriers électroniques ("spreadsheets" tels Lotus 1-2-3 et Excel) et aux logiciels de dessin. L'intégration s'est d'abord réalisée par l'import statique de texte, de dessins et de tableaux de chiffres. Actuellement, certains traitements de texte lisent/écrivent dynamiquement dans les fichiers d'autres logiciels comme les chiffriers électroniques et les logiciels de dessin (ex. avec l'environnement Windows3). D'autres traitements de texte incorporent même des capacités de mise en page (PAO), de chiffriers électroniques et de dessin. Enfin, les compagnies offrant une gamme variée de produits (ex. MicroSoft, Borland) cherchent à obtenir des produits "personnalisables" (customizable) où chacun construira, à partir d'une application principale, un logiciel intégré répondant à ses propres besoins et pouvant être amélioré au besoin. Cette approche "boîte à outils", qui représente l'intégration optimale du futur, fait lentement son apparition dans le développement de certains SIG. Cette dernière alternative permettra d'avoir (cependant à fort prix) l'équivalent d'un logiciel intégré et représente la voie actuellement la plus intéressante pour les consommateurs puisqu'il permet une approche modulaire d'acquisition des logiciels sans sacrifier l'intégration.

CONCLUSION

Les logiciels SIG représentent une catégorie de logiciels dont la disponibilité commerciale à grande échelle ne date que d'une décennie. Ils ont émergé de l'intégration des capacités de gestion de bases de données, de cartographie numérique et d'analyse spatiale automatisée. Ces logiciels évoluent présentement en augmentant leur polyvalence grâce à l'intégration de données multisources complémentaires.

Cette amélioration suit une tendance naturelle, i.e. celle qui consiste à penser à l'intégration seulement lorsque l'on maîtrise bien l'informatisation de son propre domaine. Ceci explique pourquoi la majorité des logiciels les plus performants et les plus perfectionnés rencontrés aujourd'hui sont à vocation spécialisée. Mais la situation progresse. L'évolution des SIG passe, de façon indépendante pour chaque source de données, par plusieurs phases d'un scénario général d'intégration. Ce scénario, présenté dans les paragraphes précédents, permet de mieux comprendre l'évolution actuelle et future des SIG.

REFERENCES CITEES

Beaulieu D., Y. Bédard, L. Bhérer, M. Boulanger, G. Boutin et F. Dutil 1990. Guide de la géomatique: la géomatique au service de la municipalité et de la MRC. Publié par l'Ordre des Arpentiers-Géomètres du Québec, Sainte-Foy, Canada, 80 p.

Bédard Y. 1986. Introduction aux principaux types de systèmes informatiques utilisés dans les systèmes d'information à référence spatiale. Arpentier-géomètre, Vol.13, pp. 40-43.

Buyong T. et A. Frank 1989. Measurement-Based Multipurpose Cadastre. Technical Papers, 1989 ASPRS/ACSM Annual Convention, Baltimore, USA, Vol.5, pp. 58-66.

Ehlers M., Edwards G. et Y. Bédard 1989. Integration of Remote Sensing with Geographic Information Systems: A Necessary Evolution. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.55, No.11, Novembre, pp. 1619-1627.

Task Force 1985. Report of the Task Force on the Surveying and Mapping Industry in Canada. Government of Canada, Regional Industrial Expansion, 124 p.