

**NUMERISATION DES CARTES TOPOGRAPHIQUES
ET CADASTRALES 1:20 000**

**Dominique Bruger, Chef du Service de la cartographie
Secteur Terres
Ministère de l'Energie et des Ressources
Gouvernement du Québec, Canada**

Commission IV

La cartographie topographique et cadastrale à l'échelle 1:20 000 de la province de Québec a commencé vers les années 60 et est régie par des normes rigoureuses de qualité et de représentation graphique depuis 1970. Le territoire susceptible d'être cartographié à cette échelle n'est pas encore totalement couvert et chaque année, le ministère de l'Energie et des Ressources du Québec procède à la production de cartes nouvelles et à la révision des cartes existantes suivant des cycles variant avec la densité d'urbanisation.

Depuis 1982, les cartes nouvelles sont produites en utilisant la technologie numérique, avec des appareils de restitution photogrammétrique traditionnels reliés à des stations graphiques interactives. Par contre, les cartes existantes sont révisées de façon conventionnelle. On estime à environ 1 000 le nombre des cartes graphiques qui répondent aux standards internationaux de qualité, représentant environ 256 000 km² de territoire.

La cartographie numérique présente évidemment des avantages par la diversité des produits graphiques qu'elle permet ainsi que pour la facilité des futures mises à jour. Toutefois, l'intérêt majeur de l'information numérique réside dans la création de bases de données géographiques et ces bases de données ne sont utilisables que si l'information numérique est disponible sur l'ensemble d'un territoire. C'est dans ce contexte que le ministère de l'Energie et des Ressources a entrepris l'étude de certains systèmes de numérisation automatique.

La problématique

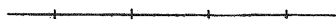



L'objectif des tests et projets-pilotes est d'évaluer la performance technique des systèmes de numérisation automatique et leur coût d'utilisation dans le contexte de production très spécifique de nos cartes 1:20 000.

L'étude est donc orientée en fonction des critères suivants:

- Systèmes disponibles en Amérique du Nord, incluant la maintenance et le soutien technique.
- Numérisation des cartes en conservant la qualité métrique et le contenu, et en permettant l'identification des informations.
- Coût inférieur à la production de nouvelles cartes, incluant donc la mise à jour.

Les cartes concernées présentent certaines caractéristiques qui influent directement sur la performance des systèmes étudiés.

Les plus importantes sont:

- Grande dimension des feuilles : format E (36 po. x 48 po. = 91 cm x 122 cm).
- Cartographie monochrome, présentée sur trois planches
 - . la planimétrie (à l'exclusion de la toponymie)
 - . l'orographie avec les écritures des cotes
 - . le cadastre avec ses écritures.
- Lignes généralement fines, les plus fines ayant 0,1 mm de largeur.
- Lignes rapprochées: en territoire accidenté, les courbes de niveau peuvent être distantes de 0,2 mm
- Les routes sont représentées par deux lignes parallèles dont la distance minimale est de 0,5 mn.
- Les bâtiments sont des surfaces évidées.
- Symbolisation particulière:
 - . voie ferrée..... 
 - . ligne de transport d'énergie..... 
 - . route non pavée..... 
 - . courbes de niveau en terrain très boisé..... 
- Lettrages de toutes dimensions, toutes orientations et de différentes fontes.

Le processus de numérisation automatique ne peut fournir de données numériques que pour les éléments visibles sur les cartes. Pour obtenir un fichier aisément adaptable à une base de données, il faut ensuite effectuer certains traitements. Ces opérations devront être prises en considération au moment de la comparaison des coûts avec ceux d'une production nouvelle. Les problèmes majeurs sont les suivants:

- Génération de l'axe des routes à partir des deux lignes qui les représentent.
- Fermeture des courbes de niveau interrompues par du lettrage, des cotes et des éléments graphiques de la planimétrie.
- Fermeture des lignes de cadastre interrompues par le lettrage des éléments graphiques de la planimétrie.

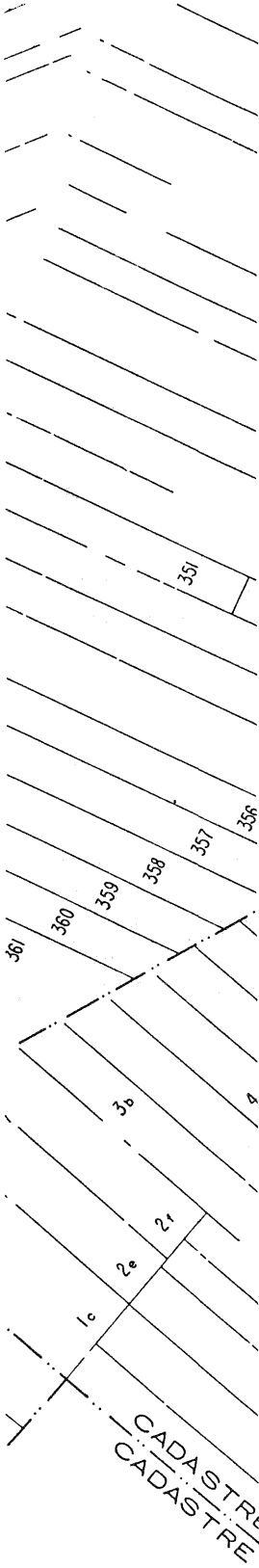
Tests préliminaires

En 1985, une première série de bancs d'essai ont été réalisés sur des systèmes existant à cette époque au Canada. Il s'agissait de tests élémentaires destinés à faire une première sélection des systèmes ainsi qu'une analyse du potentiel de cette nouvelle technologie. A cette étape, les systèmes suivants ont été testés:

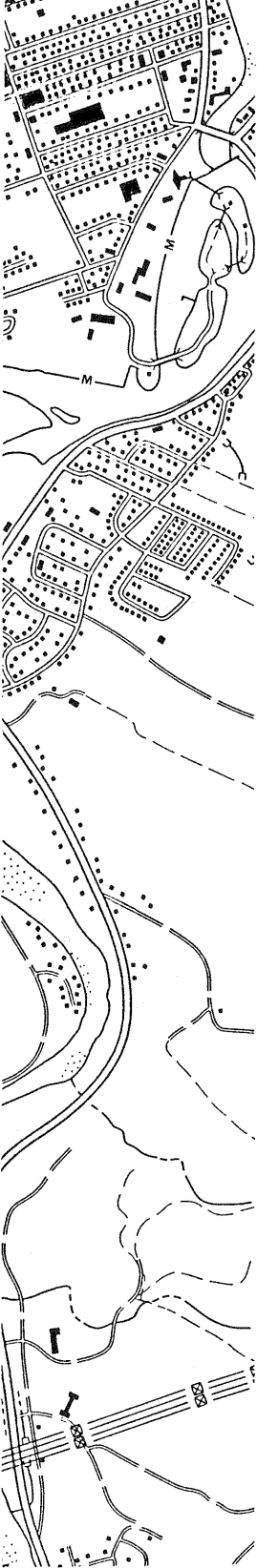
Scitex
Broomall
Optronix - Intergraph
Kartoscan - SysScan
Laser-Scan

Exemples de planches à numériser

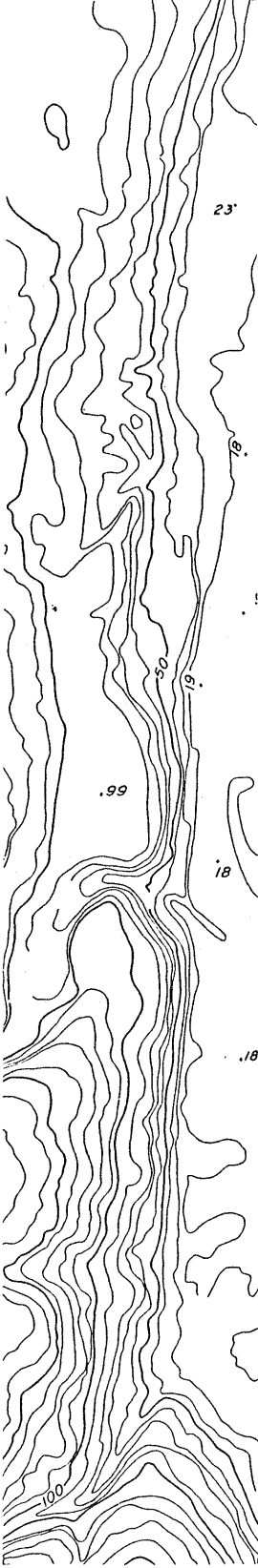
Cadastre



Planimétrie



Orographie



Avec chacun des systèmes cités, les tests ont été effectués soit par les compagnies fabricantes, soit par des entreprises de services professionnels. Les tests ont porté sur une carte qui contient un bon échantillonnage des éléments et de la symbolisation particulière à l'échelle 1:20 000. Elle possède potentiellement la majorité des problèmes auxquels on peut s'attendre dans un contexte de production.

Le devis technique fourni était accompagné d'un questionnaire pour obtenir de l'information sur les caractéristiques techniques des équipements, les logiciels utilisés, les temps consacrés à chaque étape, les problèmes rencontrés et sur des suggestions de développement.

Les tests ont été réalisés sans notre surveillance directe et les réponses au questionnaire ont été rarement d'une précision suffisante pour une analyse exhaustive. Aucun contractant n'a été en mesure de fournir les résultats escomptés. Dans certains cas, une partie seulement des planches ont été numérisées, dans d'autres cas, la séparation des éléments suivant la codification requise n'a été que partielle.

A cette étape, les systèmes Broomall et Scitex n'ont pas été retenus. Avec le système Broomall étudié, les temps d'édition interactive étaient très longs tout en n'effectuant aucune séparation des éléments par niveau d'information. Le système Scitex, quant à lui, a fourni des tracés de qualité mais deux points majeurs militent contre lui. Ce système n'est pas adaptable et son prix est très élevé. Le système fonctionne sur les ordinateurs HP1000 et un système d'exploitation propre à Scitex. Il n'est pas possible de modifier ni de créer de logiciels et lors de ces tests, on ne pouvait obtenir des données-trame pour les traiter sur un autre système d'édition car les renseignements sur la codification n'étaient pas disponibles. Toutefois, il est possible maintenant d'avoir les données-trame et nous avons repris ce test en ne retenant de Scitex que le module de captage.

Projets-pilotes

A la suite de ces premiers tests, il a été décidé d'élaborer des projets-pilotes avec les systèmes suivants:

Laser Scan

Kartoscan - SysScan. Ce projet a été abandonné car la compagnie n'avait plus de bureau au Canada et il a été impossible de louer un système.

Kartoscan - Intergraph

Intergraph (qui a racheté la compagnie Optronix)

Parallèlement à ces projets, le Ministère a été sollicité par des consultants pour des études sur de nouveaux systèmes, tels GTX-5000 et E.I Corporation.

Principales caractéristiques des systèmes étudiés dans les projets-pilotes

Laser-Scan

Le système Laser-Scan doit être analysé à part car il s'agit d'un lecteur de courbes et non pas d'un système à balayage. Avant le captage, chaque quart des planches à numériser a été réduit photographiquement quatre fois. Le facteur de réduction de quatre s'est avéré excessif pour la planche de planimétrie mais un facteur de trois aurait augmenté de façon significative la dimension des fichiers et le temps de captage.

Le captage demande le travail constant d'un opérateur. Ceci a l'avantage de coder, d'identifier et de suivre chaque élément sans ambiguïté. Par contre, l'intervention humaine entraîne des oublis ou des saisies en double.

Un des points forts du système est sa capacité à numériser des tiretés en les considérant comme des traits continus. Un des paramètres de captage permet de sauter par-dessus une interruption dans le trait pour continuer sur la portion suivante. Il devient donc très facile de reconstituer des courbes de niveau approximatives complètes sans avoir à chaîner une multitude d'éléments individuels.

Les principales difficultés sont apparues avec les traits parallèles minces et étroits et avec les petits éléments. Dans le premier cas, à cause de l'espacement réduit entre les traits, le curseur a tendance à sauter d'un trait à l'autre. Les petits éléments linéaires requièrent l'ajustement de certains paramètres de captage et sont quelquefois difficiles à numériser. Dans tous les cas problématiques, la solution est de numériser l'information avec un digimètre, ce qui entraîne une dégradation de la précision tout en augmentant les risques d'erreur.

Une des composantes du système Laser-Scan est une station graphique interactive. Une démonstration des possibilités de cette station nous a donné l'impression que les manipulations graphiques habituelles étaient très efficaces.

Avec le système Laser-Scan, les éléments ponctuels, les symboles, les textes doivent être numérisés manuellement. Ce système est donc surtout intéressant dans le cas des planches d'orographie ou pour les lignes de lots cadastraux. La diversité d'éléments présents sur les planches de planimétrie se heurte à certaines limites du système.

Kartoscan

Kartoscan est un scanner fabriqué par la compagnie Kongsberg et s'avère très intéressant car il fonctionne hors-ligne. Toutefois, on a constaté la présence de droites parasites qui apparaissaient à chaque bande de captage, de même que des

bavures sous certaines lignes. Aucun des fichiers n'a donc pu rationnellement être utilisé car les temps de correction auraient été beaucoup trop longs. Cette option a donc été abandonnée.

Intergraph

Pour le captage de l'information, un scanner Optronix est branché sur un VAX configuré par Intergraph. L'édition et le traitement sont réalisés sur les équipements habituels mis au point par ce manufacturier. Le système spécifique à la numérisation automatique est donc essentiellement composé des logiciels pour la vectorisation et l'édition semi-automatisée (Scanned Data Capture System). Ces logiciels sont très complexes, requièrent la création de nombreux fichiers intermédiaires et impliquent une formation poussée du personnel.

GTX-5000

Ce système mise sur le faible coût de l'équipement et sur la rapidité d'exécution du balayage et de la vectorisation, plutôt que sur une automatisation maximum. La vectorisation des fichiers est effectuée en quelques minutes et les stations d'édition sont supportées par des micro-ordinateurs. Il est donc facile de faire varier les valeurs des paramètres pour la vectorisation, et l'édition est peu coûteuse. Toutefois, les temps consacrés aux corrections et à l'édition sont plus longs que sur un système plus complexe et l'utilisateur doit préparer plusieurs développements informatiques en fonction du produit final désiré.

E.I Corporation

D'après les informations publicitaires reçues, ce système permet l'édition en mode trame, une vectorisation très élaborée qui utilise des principes d'intelligence artificielle et l'édition vecteur. Le système est basé sur VAX.

L'analyse des scanners

La qualité du balayage conditionne la performance des étapes ultérieures et influe sur la quantité et la complexité des tâches de correction des fichiers après vectorisation.

La résolution et les dimensions

Dans le contexte de notre cartographie, une résolution de 25 micromètres n'est pas superflue. Avec une résolution inférieure, les lignes rapprochées sont fusionnées et les petits éléments sont mal reconnus par les logiciels de vectorisation. Par contre, la dimension des fichiers-trame augmente ainsi que le temps de numérisation et de vectorisation.

Certains fabricants suggèrent l'alternative d'agrandir le document graphique et de le couper en quatre. Cette opération présente certains inconvénients: distorsion photographique, nécessité de placer des croix de repérage, raccord entre les fichiers, mise à l'échelle locale. Ces manipulations sont également nécessaires si le scanner n'accepte pas des feuilles de format E.

Type de lumière

Pour des raisons de précision, il est de beaucoup préférable que la source lumineuse soit unique, idéalement au laser et que la lumière soit directe et non réfléchi. Un éclairage avec plusieurs sources lumineuses jumelées peut entraîner des problèmes d'ombre sur les lignes.

Dans le cas où le scanner utilise la lumière réfléchi, le document graphique doit être opaque ou translucide. Ces supports papier sont toujours instables comparés à des polyesters transparents, ce qui génère des distorsions locales et diminue la précision.

La possibilité de détection des couleurs ou de plusieurs tons de gris qui existe sur certains scanners n'a pas d'utilité pour nos applications et n'a donc pas été utilisée.

La vitesse et la configuration informatique

La vitesse de balayage varie beaucoup d'un équipement à l'autre, de quelques minutes à environ deux heures par planche. Le temps consacré à cette étape est toutefois mineur à l'intérieur du processus complet.

La plupart des scanners sont couplés à un ordinateur dédié de puissance variable. La configuration est donc un élément important du coût de cette étape.

Caractéristiques des test avec les Scanners

Numérisation d'une planche format E

	<u>Données techniques</u>	<u>Configuration</u>	<u>Temps</u>
Scitex	25 μ m	en ligne sur HP1000	1 h 12 m
Intergraph (Optronix)	25 μ m	en ligne sur micro VAX (min)	33 m 20 s
Kartoscan	25 μ m Réduction des planches à 80%	hors-ligne processeur Z-80	1 h 15 m

GTX-5000	62,5 μ m Agrandissement des planches de 1,6 4 parties	en ligne sur 8 Motorola 68020 en parallèle	4 m
E.I. Corporation	50 μ m agrandissement des planches de 2,0 4 parties	en ligne sur micro-VAX	13 m

Analyse des étapes de vectorisation et d'édition

L'édition en mode trame ne nous apparaît pas d'un intérêt marqué si le logiciel de vectorisation est performant. Toutefois, parmi les systèmes étudiés, seuls E.I. Corporation et GTX-5000 permettent cette opération et les futurs tests sur ces systèmes donneront plus d'information à ce sujet.

La vectorisation est l'étape cruciale de tout le processus et sa performance varie énormément d'un système à l'autre. Les logiciels qui vectorisent en quelques minutes génèrent quantité de petits éléments qu'il faut ensuite chaîner alors que ceux qui demandent quelques heures de traitement fournissent des fichiers vectorisés plus homogènes.

On retrouve dans ces logiciels des fonctions pour séparer les éléments par niveau ou par fichier d'après leurs dimensions. Ces fonctions permettent entre autres, de séparer les textes des éléments linéaires, et les éléments simples des éléments complexes. Ces fonctions sont indispensables pour ensuite utiliser les algorithmes de reconnaissance de symboles et de caractères. Le taux de réussite des fonctions de séparation d'éléments est de l'ordre de 65% avec les logiciels les plus performants.

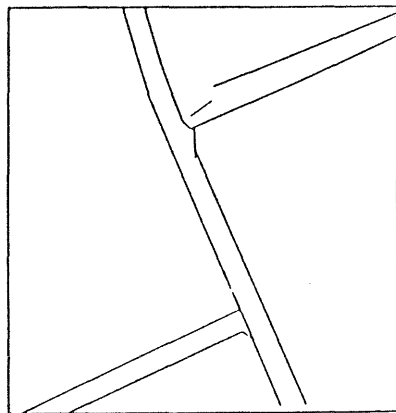
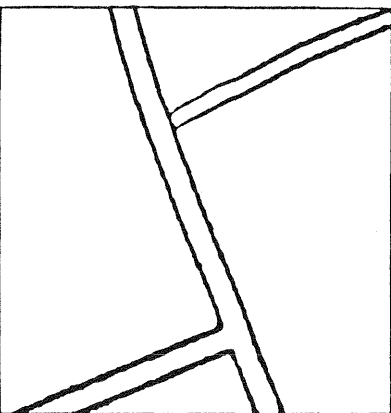
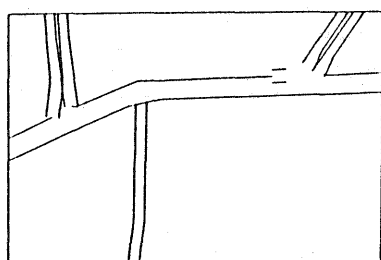
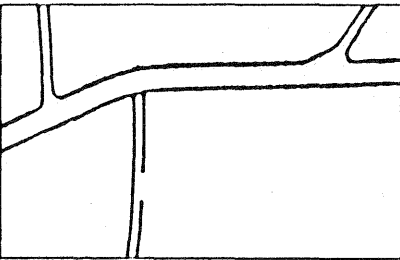
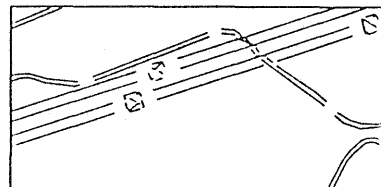
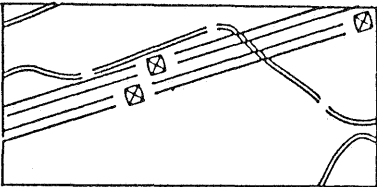
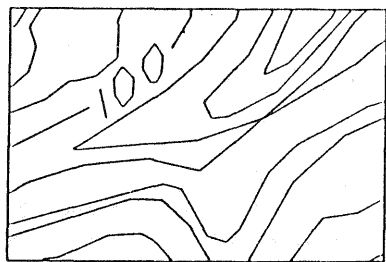
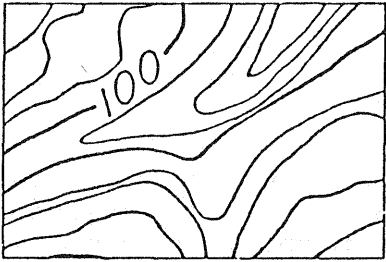
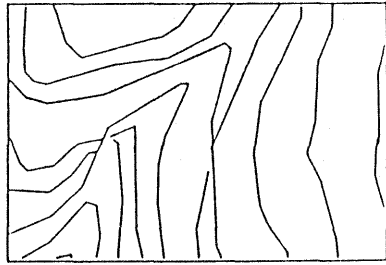
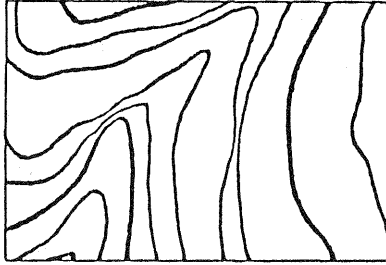
La reconnaissance des caractères et des symboles est très importante si le nombre de ces éléments est élevé sur les cartes. Dans le cas d'éléments semblables (chiffres,) avec la même orientation, (par exemple les chiffres des numéros de lot) le taux de réussite est d'environ 65%. Par contre, il reste beaucoup de progrès à faire pour traiter des orientations de lettrages très variées ou des lettrages de dimensions différentes ou pour séparer les annotations des petits éléments linéaires.

L'édition en mode vecteur peut être effectuée sur n'importe quel système graphique. Elle consiste à affecter aux éléments les codes appropriés, chaîner les éléments linéaires, compléter les éléments mal reconnus lors de la vectorisation et corriger les lignes. Cette étape peut être plus ou moins lourde dépendamment de la qualité de la vectorisation.

EXEMPLES DE PROBLÈMES

ORIGINAL

NUMÉRIQUE



Échelle approximative 1,5:1

Quelques résultats

Au moment de rédiger ce document, les évaluations précises de temps et de coût ne peuvent être présentées et les travaux avec le système E.I. Corporation n'ont pas commencé.

D'une façon générale, la qualité des tracés est bonne, c'est-à-dire que les systèmes sont capables de reproduire un tracé graphique à partir des fichiers numériques obtenus. Il faut cependant noter qu'une résolution de 25 micromètres est fortement recommandée, bien qu'elle entraîne une augmentation de la dimension des fichiers-trame.

La précision métrique est généralement bonne. Cependant, dans aucun cas l'échelle n'est respectée et les données doivent être traitées avec un logiciel de mise à l'échelle de haute qualité.

Tous les systèmes se heurtent aux mêmes difficultés. Une carte facile à capter sur un système le sera généralement sur tous et inversement.

Les systèmes les plus coûteux sont aussi les plus performants et l'analyse finale des tests permettra de sélectionner le meilleur compromis entre une automatisation maximum à un coût élevé, et une intervention interactive maximum à un taux horaire faible.

D'après notre expérience, aucun logiciel de vectorisation, d'amincissement de lignes ou de reconnaissance de caractère, de symbole ou d'élément n'est actuellement conforme aux prétentions des fabricants.

Conclusion

La numérisation des planches d'orographie est la plus facile à réaliser et cette opération est probablement rentable. Par contre, les planches de planimétrie et de cadastre nécessitent une multitude d'opérations informatiques et interactives. Il n'est certainement pas rentable de tout numériser et il faudra découvrir des méthodes alternatives pour certains éléments. Dans un contexte de production de masse, la simplicité des méthodes est un facteur important d'efficacité et aucun système n'est pleinement opérationnel quels que soient les types de document.