

l'art de digitaliser

Alain Bouvet

ingénieur conseil

Techniques infographiques

PROCÉDÉS DE NUMÉRISATION

La scannerisation et la digitalisation sont les procédés les plus connus pour numériser une image ou un plan. Les scanners commencent à pénétrer chez les particuliers, et ce procédé est probablement le mieux compris du fait de son mode d'emploi proche de la photocopie. L'utilisateur sait que s'il veut modifier l'image il doit agir après coup au moyen de logiciels spécialisés.

La digitalisation reste encore confinée chez les professionnels. Ce que l'on en sait généralement se résume à ceci :

L'instrument est une table qui renferme un réseau de fils relié à un ordinateur, ainsi capable de connaître la position sur cette table d'un curseur spécial tenu par l'opérateur. En suivant un tracé avec le curseur l'opérateur va envoyer des séquences de couples X-Y repérés par rapport à la table. En appliquant une formule de transformation de coordonnées, après ou en cours de digitalisation, on obtient un plan ou un graphique dans le système de coordonnées que l'on veut.

Les différences avec le scanner sont nombreuses. L'opérateur peut choisir ce qu'il numérise, tel trait et pas tel autre ; il peut indiquer la nature des tracés, ceci est un mur, cela est un trottoir, etc., enfin il peut lire les textes et les rentrer sous une forme « Texte ». Ainsi le procédé introduit une certaine intelligence et pour la majorité des utilisateurs la digitalisation est donc une copie informatisée intelligente.

PRATIQUE DE LA DIGITALISATION EN CARTOGRAPHIE

Intelligence peut-être, mais d'abord copie.

Ce qui signifie que si un plan à digitaliser est faux, la copie digitalisée répercutera fidèlement toutes les erreurs, même si on le sait auparavant. La majorité des bases de données de plans de rues utilisées par les mairies, EDF, etc. sont constituées à partir de plans digitalisés, quelquefois justes, souvent passablement faux.

La façon dont ces plans sont digitalisés pour être numérisés en coordonnées géographiques est la suivante :

- Le géomètre relève un canevas de points remarquables sur le terrain ; 50 points au kilomètre sont un chiffre courant.

- Le digitaliseur effectue un calage de chaque plan sur par exemple 3 à 10 points et applique la méthode dite des "moindres carrés", dont la principale vertu est de permettre des calculs faciles.

Cette méthode permet d'installer le plan à peu près au mieux dans l'espace des coordonnées géographiques, ce qui est l'opération de calage, et fournit en plus une mesure de précision de l'ensemble du plan. On peut connaître les écarts entre les futures positions digitalisées des points du canevas qui ont servi au calage et leur position mesurée sur le terrain.

On se fixe un seuil de rejet du plan, par exemple 40 cm, ce qui signifie que si un écart constaté dépasse 40 cm le plan sera rejeté. Les taux de rejet observés sont alors d'environ 40 à 50 %.

Telle est la pratique courante, qui est restée inchangée depuis une dizaine d'années.

VERS UNE DIGITALISATION PLUS INTELLIGENTE

Cette pratique est critiquable sous de nombreux aspects.

- L'information que constituent les mesures de points sur le terrain n'y est utilisée que de façon statistique.

- Il n'y a aucune tentative de déceler les causes des écarts et de les corriger. Ces écarts peuvent être dus à une inexactitude de tracé, à une modification sur le terrain ou à une erreur de notation du point mesuré, trois causes de natures entièrement différentes qui devraient entraîner des traitements correctifs bien distincts.

Prenons une méthode d'amélioration du calage que l'on rencontre assez fréquemment, et montrons que ses résultats peuvent être fictifs. Le calcul des moindres carrés faisant la somme des carrés des écarts, l'algorithme peut être programmé de façon que les points de calage soient listés par écarts croissant à l'issue d'un premier calage d'essai. On recommence ensuite le calage en éliminant les points qui ont donné de forts écarts.

Appliquons maintenant cette méthode à un plan qui comporte un angle de deux rues. Les points mesurés sur le terrain sont A, B, C, D, E et F comme le montre la figure 1.

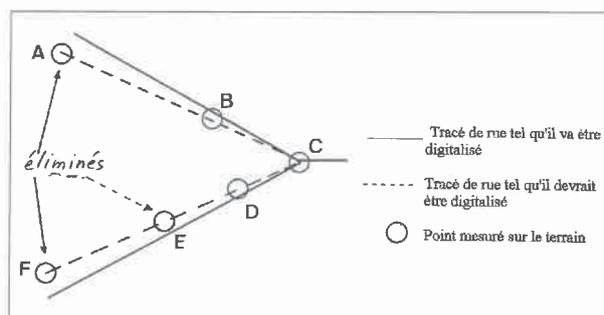


figure 1

Une caractéristique des anciens plans levés à la chaîne est que les distances y sont localement justes, tandis que les angles y sont généralement erronés. La situation après le premier calage sera donc comme l'illustre la *figure 1* qui met en évidence l'erreur d'angle. L'élimination des points à forts écarts conduira à éliminer les points A et F et peut-être E, porteurs de l'information qu'il y a erreur d'angle, et le calage sera repris avec les seuls points centraux B, C, et D.

Le procédé n'apporte aucune amélioration. On peut dire que l'utilisateur a reçu un message d'erreur, et qu'il a répondu "Je ne veux pas le savoir".

Il y a une démarche qui, sans être très rigoureuse, permet de comprendre facilement comment il faut progresser. Prenons un plan au 1/200^e sur lequel le calage ne signale que des écarts de 30 cm. Il passe donc le test et sera digitalisé. Supposons que ce plan soit en fait au 1/2000^e ; les écarts sont alors de trois mètres et le plan est refusé. Serait-ce l'échelle qui est en cause ? Non, c'est simplement la distance couverte par le plan, ce qui s'explique assez bien en voyant que les écarts sont en gros représentés par le produit :

Tangente d'erreur d'angle X Portée de l'angle.

Suivant cette idée, lorsqu'un plan se trouve refusé il suffit de le couper en deux pour que chaque moitié passe séparément le test. Ce qui est statistiquement vrai ; et on continuera de diminuer les écarts en continuant de couper le plan en sections plus petites, à condition que l'on ait dans chaque section des points de canevas permettant un calage.

Il est évidemment inutile de couper physiquement les plans, il suffit de les considérer comme une suite de sections ; et il est inutile de matérialiser rigidement ces sections, il suffit de décider que le calage dépendra de l'endroit sur le plan qui est en cours de digitalisation.

C'est là le principe de la digitalisation à calage variable.

DIGITALISATION À CALAGE VARIABLE

La façon dont procède la digitalisation par cette méthode est montrée par l'organigramme.

C'est l'opérateur qui décide du passage d'un calage à un autre, et ceci dans le cours même de la digitalisation d'une ligne. Le calage automatique est une impossibilité du fait que tous les points du canevas ne sont pas utilisables de la même façon.

Deux éléments importants viennent compléter la méthode.

Le premier est une session de contrôle des points de canevas qui s'est révélée indispensable et très productive. Les points sont répartis en groupes-polygones de 5 à 10, chaque groupe est digitalisé, et par un logiciel spécialement créé à cet effet le polygone digitalisé est comparé au polygone levé sur le terrain. Les erreurs de notation et les modifications sur le terrain sont très facilement détectées, entraînant des actions de correction. Les points à retenir pour servir aux calages sont ainsi triés.

Le second élément important est la prise en compte des mises à jour. Quand le géomètre trouve une modification sur le terrain par rapport au plan, il en dresse un croquis sur le plan et en mesure les points caractéris-

tiques. À la digitalisation la modification est alors construite et non digitalisée.

Il est clair que ces points ne doivent pas servir à un calage, ce qui illustre bien à nouveau l'impossibilité de modifications automatiques du calage.

Une dizaine de communes de la couronne parisienne ont été digitalisées en utilisant le calage variable, et sans aucun rejet de plan. Des erreurs d'angle quelquefois considérables ont pu être corrigées, les plans étant alors réarticulés, un peu comme on réarticulerait à la main un mètre pliant.

Le coût au kilomètre de cette méthode est environ moitié du coût d'un levé de détail précis. Le digitaliseur doit faire preuve d'attention, de savoir faire et même de perspicacité à un degré évidemment supérieur à ce qui est requis dans la digitalisation courante. Le coût de la digitalisation ne s'en trouve pas augmenté, du fait que l'assemblage des plans est remarquablement exempt de défauts et ne nécessite aucune réparation par DAO.

LE POSTE DE TRAVAIL EN DIGITALISATION

Il est bon de jeter un regard d'organisateur sur le poste de travail du digitaliseur.

Situation et attitudes sont similaires à ce que présentait un poste de dessinateur, ce qui permet de faire des sessions assez longues sans fatigue particulière.

Par contre dans la pratique courante le digitaliseur n'utilise qu'une seule main, ce qui pourrait être admis pour un travail d'amateur mais semble déséquilibré pour un travail professionnel continu.

Aucun instrument n'est conçu pour être utilisé avec une aussi sérieuse limitation, et seul un tout débutant jouera du piano avec la seule main droite.

On a donc conçu un poste de digitalisation employant les deux mains, maintenant utilisé avec succès depuis plus de deux ans. Le poste fonctionne avec deux écrans, le digitalisateur tient en main gauche une souris qui adresse l'écran de gauche, et en main droite un curseur à 16 boutons qui adresse l'écran de droite réservé au graphique. Les deux mains fonctionnent en fait en alternance plutôt qu'en véritable simultanéité, et l'apprentissage assez rapide ne demande pas d'être jongleur.

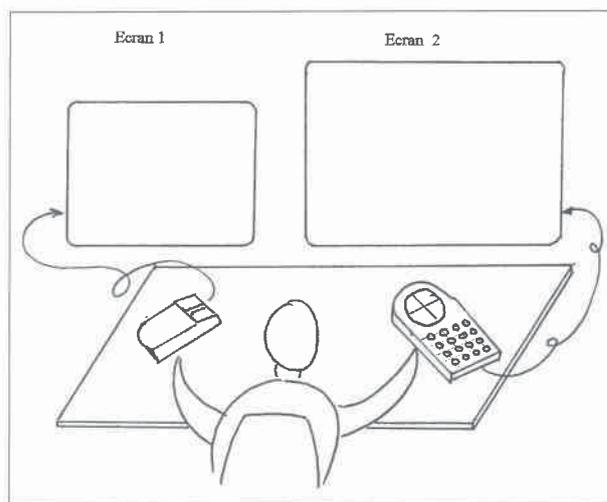


figure 2

Le travail des deux mains est bien distinct : choix de fonctions et de paramètres à gauche, digitalisation proprement dite à droite. C'est une organisation assez différente du modèle généralisé par Windows, dans lequel la seule main active navigue continuellement dans la cascade des menus, et dont on ne pense pas qu'il soit la panacée. À l'expérience, le papillotement des menus sur l'écran et le nombre de pointages requis de la main paraissent induire une fatigue supérieure à ce que l'on éprouve dans une organisation plus statique.

Les boutons du curseur graphique changent de signification suivant la fonction dans laquelle on se trouve, un aide-mémoire rappelant sur l'écran de gauche à quoi ils servent selon le moment. L'opérateur a ainsi sous les doigts une douzaine de possibilités dans la fonction de placement de texte (calé à gauche, à droite, parallèle à, perpendiculaire à, etc.), une douzaine d'autres possibilités dans la fonction de cotation après que la main gauche ait pointé à la souris le type de cotation à prendre parmi 6 schémas, et ainsi de suite.

Il est intéressant d'utiliser le son pour donner des informations. Cette petite innovation est plus qu'un gadget en ce qu'elle dispense l'opérateur de fixer constamment les écrans. L'échec d'une opération, la demande d'une précision, etc sont signalés par de petites notes distinctes.

Sans aller plus loin dans la description de cette ergonomie, il doit être clair que le mode d'emploi d'un instrument ou d'un logiciel ne devrait pas être le même pour une utilisation constante et pour une utilisation occasionnelle. On constate que les opérateurs n'ont généralement pas la technicité qui leur permettrait de suggérer ou de concevoir des modifications productives, et il peut être bon que l'ingénieur fasse un stage en production pour voir comment améliorer l'ergonomie. Devant la masse de données graphiques qui devront être saisies au cours des prochaines années, l'étude en profondeur de la conception du poste de digitalisation n'est pas superflue.

DIGITALISATION DE RÉSEAUX

On imagine bien que le clic de l'opérateur sur la table ne signifie pas uniquement "changer les coordonnées" ; il peut signifier poser le point sur une ligne, à distance de..., en prolongement de..., de multiples opérations commandées par les boutons du curseur. Cela veut dire qu'il n'y a pas de limite précise entre digitalisation et construction, et que l'opinion bien répandue selon laquelle on copie sur la table à digitaliser et on construit à l'écran est donc simpliste.

En contradiction avec cette opinion, l'expérience conduit à la conclusion que pour des travaux de numérisation par construction, l'utilisation de la table à digitaliser peut-être le moyen le plus approprié.

Le cas de la saisie des réseaux en est une bonne illustration. Chaque type de réseau a ses problèmes de saisie dus au métier concerné : empilements d'accessoires sur les canalisations gaz, routage en nappe des câbles électriques, etc. Les méthodes de saisie doivent être très différenciées. Mais il y a un problème commun à tous les types : dessinés sur un fond de plan ils doivent le plus souvent être numérisés sur un autre saisi antérieurement. Les câbles électriques seront par exemple numérisés sur le fond de plan du gaz, les canalisations

de gaz seront numérisées sur des levés, ou encore le réseau d'assainissement sera reporté sur le cadastre informatisé.

Comme on ne peut pas superposer le fond de plan sur lequel on a le réseau au fond de plan déjà numérisé que l'on a à l'écran, la solution offerte par tous les logiciels est de construire le réseau à l'écran. Cette méthode est lente, exigeante en détail de fond de plan et peu appropriée car la saisie de réseaux n'est pas de la CAO mécanique. Tout point non coté y est hasardeux à saisir, ce qui place l'opérateur dans une difficulté permanente. Chez les opérateurs qui n'ont que l'écran on observe des blocages, et ailleurs on voit des allers-retours laborieux entre poste de digitalisation et poste de construction à l'écran seul.

On résout beaucoup plus aisément ce problème de numérisation de réseau sur table à digitaliser.

La méthode s'appuie sur un mixage de construction et de digitalisation constamment recalée, le travail s'effectuant à la fois à l'écran et sur la table à digitaliser. Le logiciel force le fond de plan qui est sur la table à digitaliser à coïncider localement avec le fond de plan à l'écran, dans une opération qui est une variante du calage variable décrit au début de cet article, et qui est schématisée sur la figure 3.

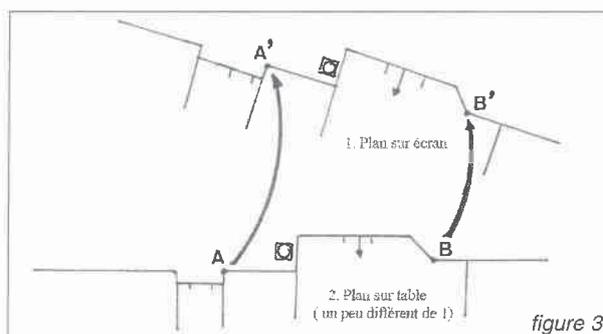


figure 3

L'opérateur utilise les deux mains, la main gauche adressant l'écran de gauche avec la souris pour les commandes et certaines modalités, et la main droite adressant l'écran de droite avec un curseur à seize boutons.

Pour les réseaux de gaz et les réseaux d'électricité l'ergonomie est particulièrement étudiée pour donner à l'opérateur toute l'aide nécessaire.

L'opérateur commande le changement de coordonnées qui va appliquer les points A et B du plan papier sur leurs homologues A' et B' du fond de plan déjà numérisé. Plus ces deux versions de la réalité du terrain sont dissemblables et plus le tronçon AB doit être court. Au contraire, au cas où ces deux versions seraient identiques, un seul calage global est évidemment suffisant.

La vitesse de saisie est plus de deux fois celle des saisies à l'écran. D'autres avantages importants tiennent à la dimension de l'espace de travail, plus grand sur la table qu'à l'écran à lisibilité égale.

CONCLUSION

La digitalisation est une méthode appropriée à de nombreux problèmes de saisie numérique, et capable de fournir des solutions économiques et de qualité. Il est surprenant que le savoir faire dans ce domaine ait peu évolué depuis l'apparition de l'instrument, alors que les besoins justifieraient des développements qui seraient vite rentables.