

# LA PHOTOGRAMMÉTRIE : UNE TECHNIQUE D'ACQUISITION DE DONNÉES POUR LES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

*Par Erick Van Der Zee*

## 1 — Introduction

Les problèmes contemporains qui concernent la santé, le logement, l'alimentation, l'emploi, etc. deviennent de plus en plus complexes sous la pression croissante et conjuguée d'une augmentation de la population et d'une diminution des ressources alimentaires et des matières premières.

Une partie de l'information qui conduit à la résolution d'un problème posé est liée à sa localisation sur la surface de la Terre. C'est pourquoi nous l'appellerons "information géographique".

La complexité des problèmes à résoudre exige une information obtenue à partir de renseignements extraits de sources différentes.

L'information géographique est elle-même obtenue à partir de données géographiques comme, par exemple, celles relatives à la pédagogie, à l'habitat, aux ressources hydriques, aux ressources naturelles, aux données socio-économiques, etc.

Afin d'intégrer et de traiter des données géographiques provenant de sources différentes de renseignements, il est nécessaire de disposer d'un Système d'Information Géographique (SIG).

Bien qu'un système d'information entièrement analogique soit imaginable, la préférence va à un système d'information plus ou moins automatisé en raison d'une part de la complexité grandissante des problèmes à résoudre, et d'autre part de la baisse des prix et de la disponibilité du matériel et du logiciel.

L'ITC, en sa qualité d'institut avancé dans l'étude pour l'acquisition des données géographiques à l'aide de levés aérospatiaux exécutés dans des disciplines différentes des sciences de la Terre, étudie le traitement de ces données et la présentation de cette information.

L'ITC est très engagé dans l'enseignement, la recherche et la consultation dans le domaine des systèmes d'information géographique, considérés comme contributions à la résolution des problèmes déjà mentionnés.

Cette communication a pour objet de montrer que la photogrammétrie peut jouer un rôle important comme partie d'un SIG.

## 2 — Systèmes d'information géographique

Afin d'identifier clairement la contribution de la photogrammétrie à un SIG, on passera tout d'abord en revue les aspects différents d'un tel système.

### 2.1 — Définition

Un système d'information géographique est l'ensemble d'une méthodologie, de moyens financiers et matériels et de spécialistes, concourant à la saisie et au traitement des données, puis à la présentation des informations.

### 2.2 — But

Avant de concevoir un SIG, il faut que le problème à résoudre soit rigoureusement connu, c'est à dire que soit parfaitement définie la nature de l'information nécessaire à la résolution du problème.

Le domaine du problème à résoudre fixe en fait tous les autres aspects d'un SIG. Dans la littérature professionnelle on distingue deux catégories de SIG :

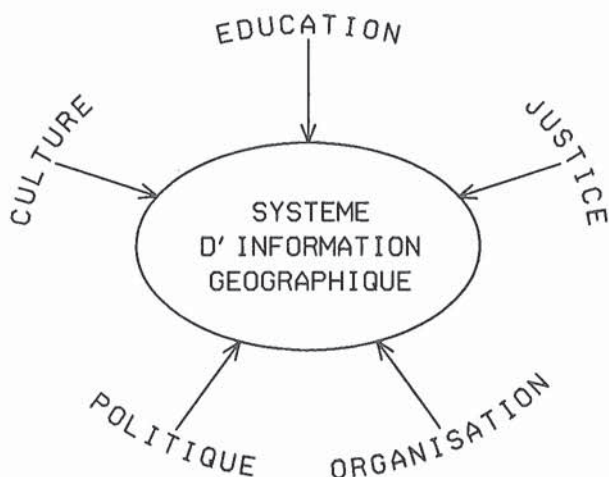
1. celui orienté vers un but précis : un problème spécifique doit être résolu, par exemple l'évaluation des terres ou leur taxation ;
2. celui orienté vers des buts non précisément définis lors de la conception : il s'agit d'un mélange de problèmes moins spécifiques mais ponctuels ; par exemple un SIG peut servir à connaître les réseaux de distribution et répondre à la question : quel est l'endroit le plus approprié pour l'installation d'un système d'égoûts ? Mais aussi il peut par exemple répondre à la question : quels sont les vannes qui doivent être fermées pour prévenir une catastrophe dans le cas d'une fuite de gaz ?

### 2.3 — Les influences externes

La disponibilité de fonds, d'équipement et de main-d'œuvre n'est pas la seule condition pour le fonctionnement d'un SIG.

Beaucoup d'autres facteurs propres à l'environnement doivent être considérés, tels que les facteurs politiques, culturels, éducatifs, juridiques et d'infrastructure propre à l'organisme chargé de la mise sur pied et de l'utilisation du SIG.



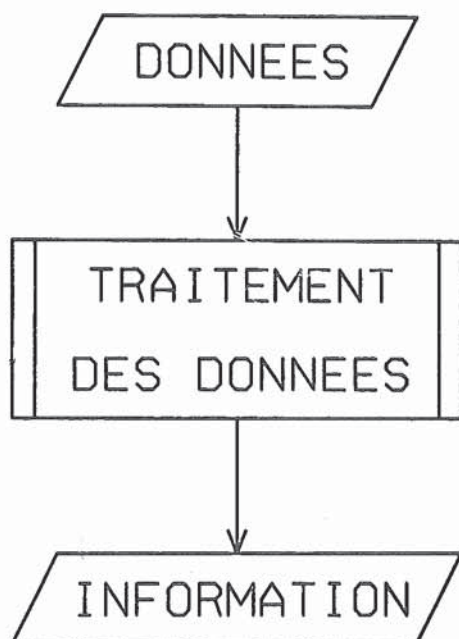


- politique : les hommes politiques sont-ils convaincus de l'utilité d'un SIG ? Ou le considèrent-ils comme une atteinte à leur autorité ?
- culturel : la société reconnaît-elle l'information produite par un SIG, ou considère-t-elle le SIG comme une chose magique ?
- éducatif : les établissements locaux d'éducation peuvent-ils fournir une connaissance suffisante pour l'utilisation d'ordinateurs à des disciplines diverses ? Ou l'utilisation d'ordinateurs doit-elle être introduite dans le programme des écoles secondaires ?
- juridique : la loi permet-elle de stocker certains types de données ? Ou le système doit-il permettre des niveaux d'accès différents ?
- propres à l'organisme : l'organisme est-il prêt à utiliser un SIG ?

Tous ces facteurs peuvent influencer les aspects suivants d'un SIG.

#### 2.4 - Les données et l'information

Des données sont des faits saisis soit sur le terrain (la réalité), soit à partir d'une représentation de cette réalité plus ou moins limitée (par exemple une carte ou une photo aérienne).



Une information est une réponse à une question spécifique : (où, quand, comment !)

Une information est fournie par des données. En d'autres termes, les données sont les matières premières à partir desquelles le "produit" qu'est l'information est "manufacturé" dans "l'usine" que l'on appelle le SIG. Dans certains cas certaines informations peuvent même être utilisées comme des données (il s'agit de "produits intermédiaires") pour élaborer d'autres produits d'information à un niveau plus élevé.

#### 2.5 - Données concernant la position, les attributs et la qualité

La position des données est fixée en termes de coordonnées X, Y, Z. les données de position peuvent se présenter comme des objets graphiques caractéristiques :

- a) des points ;
- b) des lignes (définies par un ensemble de points) ;
- c) des surfaces (définies par un ensemble de lignes).

Un détail graphique est considéré comme une unité ayant une signification ; nous appellerons cette signification :

entité par exemple : un arbre est une entité point (sa représentation est un point) ; le bord d'une route (c'est une ligne), un bâtiment (c'est une surface).

Afin de décrire la nature d'un objet graphique, un ou plusieurs attributs y sont rattachés.

### OBJET PONCTUEL

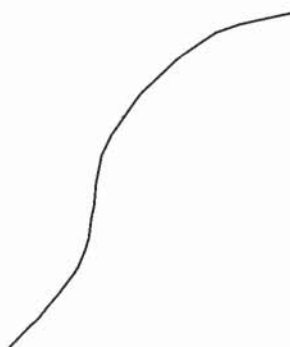


ARBRE.

. DIAMETRE

. ESSENCE

### OBJET LINEAIRE



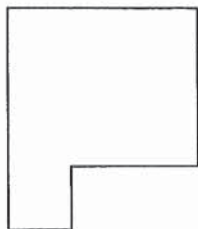
ROUTE.

. LARGEUR

. REVETEMENT



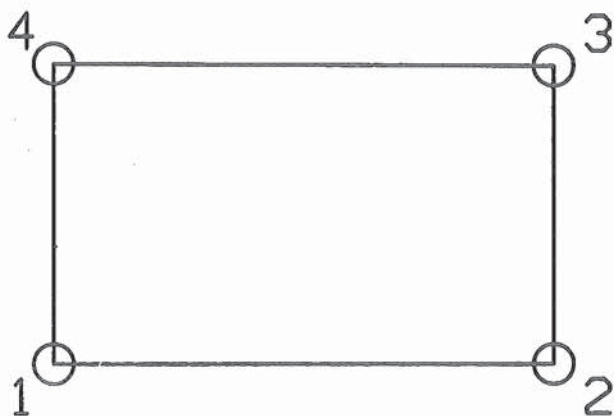
### OBJET SUPERFICIEL



BATIMENT.

- . TYPE
- . SUPERFICIE
- . PROPRIETAIRE

La surface qui est représentée sur la fig. ci-dessous sera comme un ensemble de lignes, définies par les coordonnées des points 1, 2, 3 et 4. L'objet "bâti-



ment" peut avoir les attributs "type de bâtiment", numéro du "bâtiment" et "nombre d'occupants". C'est seulement lorsque les valeurs des attributs, par exemple "type de bâtiment" = maison, qui sont rattachés à cet objet que celui-ci aura une signification et deviendra un élément (occurrence) d'une entité.

Afin d'indiquer la qualité des données propres à un objet [1,3], des spécifications doivent y être rattachées :

- la précision : l'incertitude de la définition et des paramètres assignés à l'objet ;
- la fidélité : la probabilité d'identifier des données fausses ;
- l'actualité : la datation de la dernière mise à jour.

Quand les objets sont "stockés" sous forme graphique (la carte) les besoins de précision sont fixés par l'échelle et la précision du report ; la fidélité n'est guère indiquée ; l'actualité peut être indiquée par une date en marge de la coupure.

La qualité des données figurant sur une carte est indiquée par une indication valable pour la coupure ou même pour une série de coupures.

Par contre le stockage numérique de données dans un SIG exige une indication de qualité pour chaque objet. Des recherches doivent encore être faites en ce sens.

### 2.6 - Les techniques d'acquisition des données

Un certain nombre de techniques d'acquisition des données géographiques sont à notre disposition.

#### 2.6.1.- Le levé terrestre

Cette technique permet d'obtenir les coordonnées des objets, saisies par des méthodes directes ou indirectes. Les objets sont classés suivant une description ou un code. Une explication plus poussée ne semble pas nécessaire.

#### 2.6.2.- L'interruption d'images de la Terre

Les images utilisées pour l'acquisition de données géographiques résultent de saisies aérospatiales, c'est-à-dire la photographie aérienne et la télédétection.

L'interprétation des images concerne l'identification et la classification visuelle ou numérique des objets liés à la Terre. Des techniques pour l'identification et la classification automatisées des objets sont en cours d'étude, mais elles ne sont pas encore employées en photogrammétrie où l'on en est encore à la classification visuelle. Certaines valeurs d'attributs peuvent être obtenues par interprétation des images, comme le type des chaussées routières, les végétaux sur les terres arables, etc.

#### 2.6.3.- La photogrammétrie

La position des objets peut être déterminée à partir des photographies aériennes redressées ou non ou des images de satellites, que ce soient des images simples ou stéréoscopiques.

Les coordonnées numérisées de chaque objet seront stockées et sa classification lui sera rattachée au moyen d'un code.

La détermination photogrammétrique automatique de la position est un domaine de recherches qui demande encore beaucoup d'efforts. La détermination visuelle aussi bien qu'automatique de la position d'objets ne peut être faite sans un minimum d'interprétation d'images.

La détermination des altitudes peut être divisée selon deux groupes :

— La détermination des altitudes du terrain, conduisant aux modèles numériques d'altitudes (MNA) et à des produits dérivés, comme les courbes de niveau, la représentation du relief, etc.

— la détermination de la hauteur des objets d'équipement (par exemple la hauteur d'un bâtiment).

Des méthodes manuelles de détermination des altitudes de terrain sont actuellement exploitées (Makarovic), tandis que des méthodes automatiques (la corrélation automatique des images) sont toujours à l'étude [4].

En identification automatique, il est nécessaire d'identifier les objets dont les altitudes doivent être négligées, comme les bâtiments, les ponts, etc.

La détermination de la hauteur des objets d'équipement doit encore être faite manuellement ; la détermination automatique dépend des développements dans le domaine de l'identification et de la classification automatique.

La hauteur d'un objet d'équipement peut être rattachée comme attribut à un objet.



#### 2.6.4—La numérisation cartographique

La position des objets peut aussi être obtenue à partir de cartes existantes.

Plusieurs types d'équipements de numérisation sont aujourd'hui disponibles allant de l'équipement manuel à l'équipement totalement automatique "balayage" en passant par l'équipement semi-automatique (suivi de courbes). La méthode entièrement automatique sera la seule économique quand l'identification et la classification automatiques des objets seront possibles pour les travaux courants, ce qui n'est pas encore le cas.

En passant d'un SIG graphique à un SIG numérique, la numérisation des cartes existantes semble être le goulot d'étranglement, en partie à cause de la technique, mais surtout en raison du manque de moyens financiers et du manque de temps.

#### 2.6.5—La saisie des données socio-économiques

Selon l'objet du SIG, un certain nombre d'objets ou d'attributs ne peuvent pas être obtenus à l'aide des méthodes écrites précédemment (sous 2.6.1 ou 2.6.2) car ils ne sont pas visibles sur le terrain, les photographies ou les images de satellite. Les objets à saisir sont par exemple les limites administratives (comme les limites municipales), les limites définissant une circonscription scolaire ou un itinéraire d'autobus.

Les attributs à saisir sont par exemple les noms des rues, les numéros des bâtiments, leur qualité, le nombre de leurs occupants ou le nom de leur propriétaire. Ces données sont saisies directement sur le terrain par observation visuelle ou enquête, ou auprès des administrations (à la mairie, au bureau du cadastre, etc.).

#### 2.7—Conversion des données en information

Il a déjà été mentionné : l'information est considérée comme une réponse à une question spécifique ; en général sa valeur sera supérieure à celle de la somme des éléments de données qui la composent. Les données doivent être stockées à un niveau optimal de traitement, c'est-à-dire de façon telle qu'elles ne soient pas trop évoluées pour pouvoir satisfaire toutes les demandes (ultérieures) d'information, mais aussi pour limiter le traitement des données à un minimum.

En général des données de position peuvent être stockées au niveau correspondant aux coordonnées terrestres. Ce qui veut dire que les angles et les distances mesurés doivent être convertis (cas des levés au sol) et que les coordonnées cliché du modèle (cas de la photogrammétrie) soient aussi converties en coordonnées - terrain.

Ce sont les coordonnées terrestres qui seront seules stockées dans la base des données.

Les objets sont définis par les relations qui existent entre les coordonnées. A cause de la complexité des procédures de traitement, de la fréquence des demandes et de la qualité des données à traiter, l'information peut être élaborée, soit pendant la phase de préparation (elle est dans ce cas stockée définitivement comme attribut) soit au moment d'une demande spécifique d'information. Les surfa-

ces des parcelles pourraient être calculées pendant la phase de préparation et stockées comme un attribut de l'objet qu'est la parcelle, tandis que la proportion entre la surface totale et la surface construite peut être calculée au moment de la demande.

Citons quelques exemples d'informations pouvant être élaborées à partir de données géographiques :

- La distance moyenne à parcourir entre la ferme et les parcelles d'une exploitation agricole, distance pondérée par rapport aux surfaces des parcelles ;
- En ville les emplacements les meilleurs pour les écoles en fonction de la distribution des âges, de la densité de la population et des prévisions des naissances ;
- toutes les régions qui sont les mieux appropriées pour un certain type d'agriculture, en fonction du type de sol, des précipitations pluviales, du drainage, de l'accessibilité des parcelles et de la distance au marché.

Le traitement automatisé des données donne la possibilité d'appliquer des procédures plus compliquées afin d'intégrer des types différents de données en un temps réduit.

Les qualités (la précision, la fidélité et l'actualité) des informations dépendent directement de la qualité des données. La conversion des données en information devrait inclure le calcul de la qualité résultante de l'information. Ceci implique que des caractéristiques de qualité devraient être rattachées aux données et à l'information et que les études devraient être faites en ce sens.

#### 2.8 Présentation de l'information

En réponse à une question spécifique, l'information n'aura de sens pour l'utilisateur que si elle lui est présentée d'une manière "lisible", compréhensible et utile.

L'information peut être présentée de trois manières :

- les cartes ;
- les diagrammes ;
- les tableaux.

Une carte sera le document de sortie le plus important d'un SIG. Sa présentation devrait être telle que seule y figure l'information demandée par l'utilisateur, et telle que ce dernier puisse l'utiliser dans le but pour lequel il en a besoin.

Ceci entend qu'un vaste assortiment de cartes peut être fourni par un SIG.

Le support physique peut présenter les caractéristiques suivantes :

- permanent (sur papier, film, etc.) ou temporaire (sur écran) ;
- système à points (vectoriel) ou système cellulaire (à trame)
- en couleur ou en noir et blanc.

L'échelle de la carte est fixée soit par la décision de l'information demandée soit par l'objet de la carte, soit pour l'un et l'autre, et non l'inverse comme c'est le cas en cartographie conventionnelle.

L'échelle d'une carte utilisée pour mesurer des distances doit être choisie en concordance avec la précision demandée et comme un multiple de 100 ou



## ...Premier Congrès International de l'AFT

1000, tandis que l'échelle d'une carte utilisée pour illustrer un écrit sera fixée par les dimensions d'édition du livre ou du rapport.

Les indications concernant la qualité des informations présentées sur une carte ne sont pas encore un domaine bien exploré.

Les diagrammes seront particulièrement utilisés comme une représentation graphique d'information statistique.

Ils peuvent figurer sur des cartes (thématiques).

Les tableaux peuvent être utilisés pour sortir des ensembles choisis de coordonnées ou d'attributs, avec ou sans leurs caractéristiques de qualité.

La présentation des cartes et des tableaux peut être faite sous forme numérique ; ils peuvent alors être utilisés comme des données dans un autre SIG.

### 3 — Acquisition des données à partir des photographies aériennes

Afin d'être aussi complète que possible, l'acquisition des données doit être exécutée d'une manière systématique.

Une méthode éprouvée est la subdivision d'une photographie en plusieurs régions dont les limites sont formées par des objets topographiques (routes, voies ferrées, cours d'eau, etc.). Dans chaque région tous les objets sont saisis, classe par classe.

La saisie des données de position à partir des photographies aériennes peut être faite à l'aide de méthodes photogrammétriques. Simultanément est faite l'interprétation photographique.

La photogrammétrie traite seulement la saisie des données de position en système vectoriel, c'est-à-dire de points reliés par des lignes.

#### 3.1 - Données de position

La forme (généralisée) d'un objet est déterminée en posant le ballonnet sur les points de cet objet et en numérisant ses coordonnées - modèle.

La numérisation des objets qui apparaissent comme des lignes "discontinues" (bâtiments, certaines routes, parcelles, etc.) peut être faite facilement par numérisation des points de discontinuité bien identifiables. Par contre la numérisation d'objets qui apparaissent comme des lignes "continues" (des courbes de niveau, des fleuves, des voies ferrées, etc.) demande de choisir des points à numériser.

La position des objets est aussi déterminée par ses coordonnées.

##### 3.1.1 - Système de coordonnées

Afin d'être indépendants de l'échelle de la carte, les points doivent être stockés de préférence comme des coordonnées terrain. En fonction du but du SIG, l'unité la plus petite à distinguer peut être le cm ou le dm. Ceci implique que les coordonnées — modèle doivent être transformées en coordonnées — terrain pendant la phase de préparation.

##### 3.1.2 - Mode de numérisation

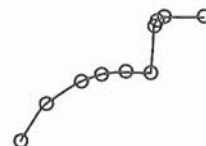
Malheureusement le terrain ne peut pas être décrit graphiquement à l'aide de lignes ou de courbes mathématiques, comme des paraboles, des arcs, etc.

Les objets contenant des points bien identifiables et significatifs peuvent être numérisés point par point. Cependant s'il n'existe pas de points significatifs, il faut quand même choisir des points à numériser.

D'un côté la représentation d'un objet doit être faite à l'aide d'un nombre maximum de points afin de le représenter avec autant de réalisme que possible ; d'un autre côté, par mesure d'économie, cette représentation doit être faite à l'aide d'un nombre minimum de points. Le nombre optimal dépendra de la forme de la ligne et du niveau permis de généralisation.

La numérisation des points peut être faite de trois manières :

#### MODE-POINT



#### MODE-DISTANCE



#### MODE-TEMPS



- La numérisation en mode-point : l'opérateur sélectionne les points à numériser, le long de la ligne, en tâchant de respecter les critères fixés pour la précision. Cette méthode est assez subjective.
- La numérisation en mode-distance : suivi de la ligne avec le ballonnet ; les points sont automatiquement numérisés à intervalles réguliers de distance. L'intervalle de distance peut être choisi soit le long de la ligne concernée, soit le long du vecteur à partir du dernier point numérisé, soit le long d'une ou des deux composantes de ce vecteur en direction des X et des Y. Ces deux méthodes ne sont pas affectées par la vitesse avec laquelle la ligne est suivie.
- La numérisation en mode — temps : en suivant une ligne avec le ballonnet, les points sont automatiquement numérisés à intervalles réguliers de temps. La vitesse avec laquelle une ligne est parcourue dépendra de la forme de cette ligne et c'est pourquoi une corrélation existera entre la forme de la ligne et le nombre de points numérisés.

Dans les trois cas, des conditions peuvent être fixées pour supprimer des points quand, dans le cas de courbe, la longueur d'une flèche est inférieure à un seuil fixé à l'avance.

#### 3.1.3 - Caractérisation des objets graphiques

Afin de distinguer entre des objets différents, un code peut être rattaché à chaque objet. Ce code peut être numérique ou alpha-numérique.

Des objets linéaires peuvent avoir des codes qui indiquent la nature de la parcelle de part et d'autre des limites, par exemple : culture — jardin.



En utilisant la dernière méthode de caractérisation, on peut rechercher les surfaces affectées d'un certain code, en recherchant les limites ayant au moins une fois ce code.

La classification des objets doit être faite pendant la numérisation photogrammétrique ; les codes correspondants peuvent être simultanément stockés dans la base de données. Un code doit être réservé pour caractériser des objets non classifiables. Pour ces objets, une vérification sur le terrain est indispensable. Il est utile de pouvoir visualiser les représentations codées des objets, soit par un type de ligne (trait plein, pointillé, etc.), soit par la représentation séparée de toutes les lignes ayant le même code.

### 3.2 - Attributs

Les attributs décrivent les natures des objets. Pour prévenir une double interprétation d'une photographie, il est recommandé d'entrer autant d'attributs que possible pendant la phase de numérisation photogrammétrique.

On peut distinguer de trois manières différentes la saisie des attributs :

- a) l'interprétation sur les photographies aériennes ;
- b) la mesure sur les photographies aériennes à l'aide du ballonnet ;
- c) le calcul à partir des coordonnées numérisées ou de mesures.

Les exemples suivants illustrent les trois manières de saisie des attributs.

Objet ou entité : BÂTIMENT.

Attributs :

1. MATÉRIAU : peut être interprété sur la photographie et entré manuellement ;
2. HAUTEUR : peut être mesurée sur le modèle stéréoscopique en plaçant le ballonnet sur le sol puis sur le faite du toit ; après le calcul, la hauteur peut être enregistrée automatiquement ;
3. SUPERFICIE : peut être calculée à partir des coordonnées planimétriques des points numérisés du bâtiment.

Le nombre d'attributs à saisir par objet pendant la phase de numérisation photogrammétrique dépendra de :

- a) l'habileté de l'opérateur pour l'interprétation, ce qui est un travail de spécialiste ;
- b) le nombre d'attributs à saisir ; quand beaucoup d'attributs doivent être saisis par objet la numérisation sera ralentie, ce qui conduira à une réduction de l'efficacité d'utilisation du système de numérisation photogrammétrique.

### 3.3- La configuration du système photogrammétrique

L'exécution de la saisie des données à partir des photographies aériennes exige de nombreuses opérations utilisant les composantes du système photogrammétrique.

#### 3.3.1.- Les opérations

- a) Le choix et le déclenchement d'une commande.  
La commande fixera un certain nombre de paramètres :  
le type de l'objet, le code de l'objet, son symbole

(ponctuel, linéaire, superficiel), la méthode de numérisation, et ordonnera à l'opérateur de passer à l'exécution (introduction des paramètres, numérisation, introduction des attributs, mise au net).

Une commande peut être choisie et déclenchée des matières suivantes :

- Tablette du menu : la commande est choisie au moyen d'un curseur et déclenchée en appuyant sur un des boutons du curseur ;
- Menu sur la totalité ou sur le côté de l'écran. La commande est choisie au moyen de la croix du curseur, visualisée sur l'écran, ou d'un stylo lumineux, et déclenchée en appuyant sur un des boutons du curseur ou en pointant le stylo lumineux sur l'écran ;
- Clavier : la commande est choisie et déclenchée en appuyant sur le bouton concerné ;
- Clavier alpha-numérique : la commande est choisie et déclenchée en tapant le code alpha-numérique de commande ;
- Voix : la commande est introduite en prononçant le nom de la commande.

#### b) La numérisation

La numérisation inclut l'enregistrement propre des coordonnées d'un point et peut être déclenchée des manières suivantes :

- en appuyant sur un bouton du clavier ;
- en appuyant sur une pédale.

#### c) L'introduction des attributs.

Les valeurs interprétées des attributs peuvent être introduites dans la base des données, des manières suivantes :

- les claviers alpha-numériques : la valeur (c'est-à-dire : le code, le nom etc.) est introduite en tapant sur le clavier,
- la voix : la valeur est introduite en prononçant.

Les valeurs mesurées et calculées d'attributs seront introduites automatiquement après le déclenchement d'une commande ou la numérisation d'un point.

#### d) La mise au net.

La mise au net inclut la modification et la correction des objets ou de leurs attributs. Les commandes sont les moyens utilisés pour exécuter des procédures de mise au net. Un objet devant être corrigé peut être pointé soit dans le modèle stéréoscopique à l'aide du ballonnet, soit sur l'écran à l'aide de la croix du curseur, soit à l'aide du stylo lumineux.

### 3.3.2. Les composantes du système photogrammétrique

Dans cet exposé, seules seront traitées les composantes du système photogrammétrique. La saisie des données à partir de photographies aériennes peut être faite en différé ou en direct.

Le différé : le système photogrammétrique n'est pas lié au SIG. Les données saisies sont stockées sur un support (bande magnétique, disquette). Ce support est introduit dans le SIG ; les données sont introduites dans la base de données après le traitement préparatoire (transformation des coordonnées, "traduction" des codes, mise au format etc.).

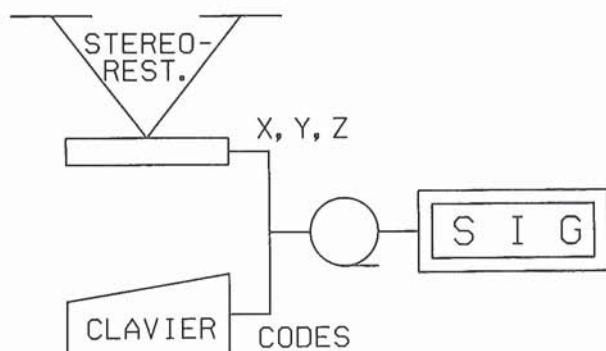


## ...Premier Congrès International de l'AFT

L'affichage en cours de saisie et la mise au net peuvent être faites de façon plus ou moins élaborée. Trois possibilités peuvent être distinguées :

- a) un seul intermédiaire de stockage est lié au restituteur photogrammétrique. Il n'y a aucune possibilité

EN DIFFERE NUMERISATION AVEUGLE

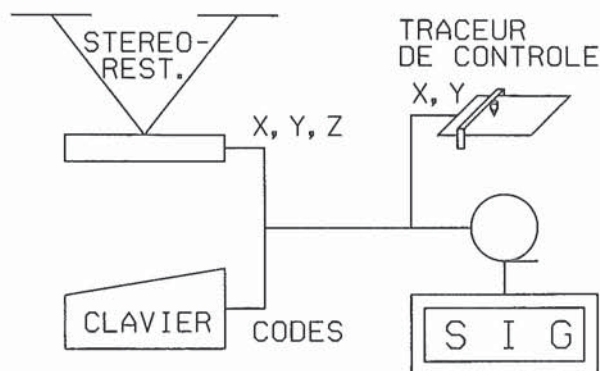


de présentation graphique ou alpha-numérique des données saisies. Cette numérisation est qualifiée "d'aveugle".

Les codes des objets, les codes des erreurs et éventuellement les valeurs des attributs doivent être introduits à l'aide d'un clavier (alpha-numérique) ;

- b) Comme précédemment, mais avec adjonction d'un accessoire permettant le tracé d'un dessin

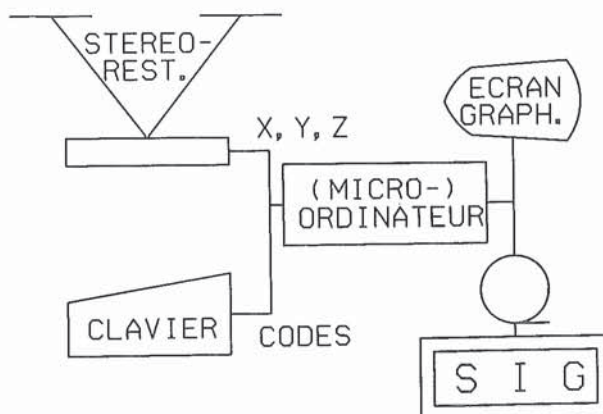
EN DIFFERE TRACEUR DE CONTROLE



de contrôle. On peut détecter des erreurs à l'aide des données présentées graphiquement et les indiquer sur le dessin de contrôle.

- b) Toujours comme le premier cas, mais avec adjonction d'un (micro-) ordinateur et d'un écran graphique sur lequel les objets et, éventuellement les codes des objets et leurs attributs, peuvent être visualisés.

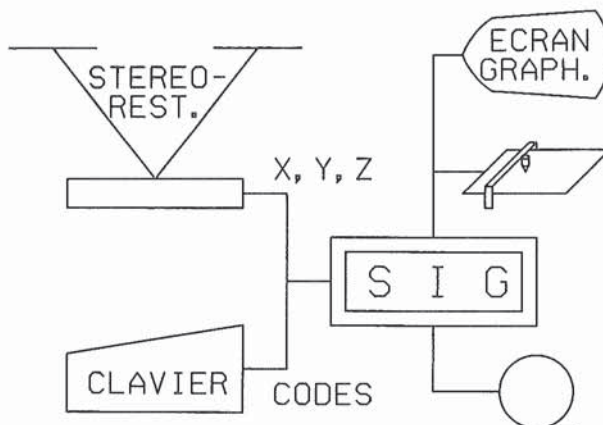
EN DIFFERE



Des commandes et des fonctions de correction en nombre plus ou moins grand peuvent être disponibles.

Le direct : le système photogrammétrique est lié au SIG. Les données saisies sont directement stockées dans la base. Des commandes seront disponibles et

EN DIRECT



la correction pourra être faite immédiatement. La présentation graphique et alpha-numérique des données saisies sera possible.

Les avantages de la configuration en direct par rapport à la configuration en différé sont les suivants :

- le contrôle est direct sur les données au moment où elles sont stockées dans la base de données ;
- la correction des erreurs est immédiate ;
- la mise au net est directe ;
- en case de mise à jour, la comparaison des données existantes et des données nouvelles et l'addition de ces données nouvelles sont possibles.

Les désavantages :

- le temps de réponse du système photogrammétrique sera influencé par le nombre d'utilisateurs du SIG ;
- si le SIG est en panne, toutes les activités seront arrêtées, y compris la saisie photogrammétrique des données ;



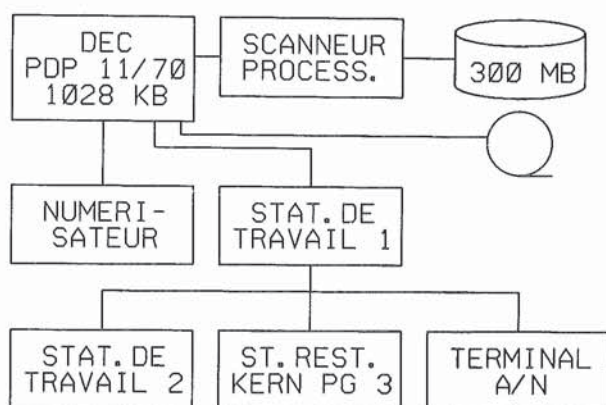
- occupation d'une station de travail dont les possibilités graphiques sont importantes, mais qui n'est utilisée qu'à un minimum de ses possibilités ;
- immobilisation du SIG lors de travaux différents sur le restituteur photogrammétrique (par exemple : travaux d'aérotriangulation).

#### 4. — Exemple d'un stéréo-restituteur lié à un système Intergraph

##### 4.1 Le système Intergraph

Le système Intergraph est un système graphique interactif qui est destiné à la conception assistée par ordinateur, allant des études industrielles à la cartographie.

##### SYSTEME INTERGRAPH (SIMPLIFIE)



À côté de ses possibilités graphiques, une base de données forme une partie intégrée de ce système ; un objet graphique peut être lié à l'apparition d'une entité (objet non-graphique) de la base de données.

##### 4.1.1. Le matériel

Le système Intergraph comme celui installé à l'ITC est composé des matériels suivants :

- une unité centrale de traitement DEC PDP 11/70 ; mémoire interne : 1028 kB ;
- une unité de disques ; capacité 300 MB ;
- une unité de bande magnétique ;
- un terminal ;
- un scanner- processeur ; sa fonction est la régénération des données graphiques ;
- une station de travail 1 :
  - \*table de numérisation ; résolution 0,025 mm, précision 0,125 mm.
  - \*clavier alphanumérique ;
  - \*menu fixe ;
  - \*double écran graphique ; de haute résolution ;
  - \*terminal alphanumérique ;
  - \*unité de copie-papier (partagée entre les stations de travail 1 et 2) ;
- une station de travail 2 :
  - \*tablette de menu ;
  - \*clavier alphanumérique ;
  - \*double écran graphique, de haute résolution ;
  - \*terminal alphanumérique ;
  - \*unité de copie-papier (partagée entre les stations de travail 1 et 2) ;
  - \*stéréo-restituteur ;

- \*interface entre le stéréo-restituteur et la station de travail ;
- \*clavier de numérisation et de déclenchement des commandes ;
- \*pédale de numérisation ;
- une station de travail 3, qui est située à Utrecht et est liée avec le DEC PDP 11/70 de l'ITC par une ligne téléphonique ;
- une station de numérisation :
  - \*table de numérisation : résolution 0,025mm, précision 0,125 mm ;
  - \*terminal graphique VT 125 ;
- deux stations de numérisation (utilisées pour l'instruction à la numérisation) :
  - \*terminal graphique VT 125 ;
  - \*numériseur Calcomp ; résolution 0,1mm, précision 0,5 mm ;

##### 4.1.2. Le logiciel

Les deux assortiments de programmes sont :

- IGDS : Système graphique interactif de conception, qui inclue les fonctions graphiques, par exemple : placer une ligne, un cercle, une courbe etc., intersection des lignes, supprimer des éléments, coder des objets.
- DMRS : Système de direction et de régénération des données, qui commande la base des données non-graphiques, par exemple la compilation du schéma de structure de la base de données, l'entrée des données, le stockage, le traitement des données, la présentation de l'information non-graphique.

La structure de cette base de données est hiérarchique.

Des commandes de l'IGDS donnent la possibilité de lier les objets graphiques avec les apparitions des entités de la base des données non-graphiques, à établir les relations de parenté entre des objets graphiques et à manipuler les attributs en pointant les objets graphiques concernés.

Autres assortiments de programmes installés sur le système de l'ITC :

- SDI : Interface de stéréo-restituteur, qui gère les données des modèles photogrammétriques et calcule les paramètres de transformation à stocker dans l'interface entre le stéréo-restituteur et la station de travail.
- logiciel de dessin qui produit un fichier de données graphiques pour la table traçante Kongsberg.

##### 4.2 - Le stéréo-restituteur

En principe chaque stéréo-restituteur (analogique ou analytique) qui fournit les coordonnées - modèle X, Y, Z, sous forme numérique, peut être lié au système Intergraph.

À l'ITC a été relié au système Intergraph un Kern PG-3 équipé de trois codeurs.

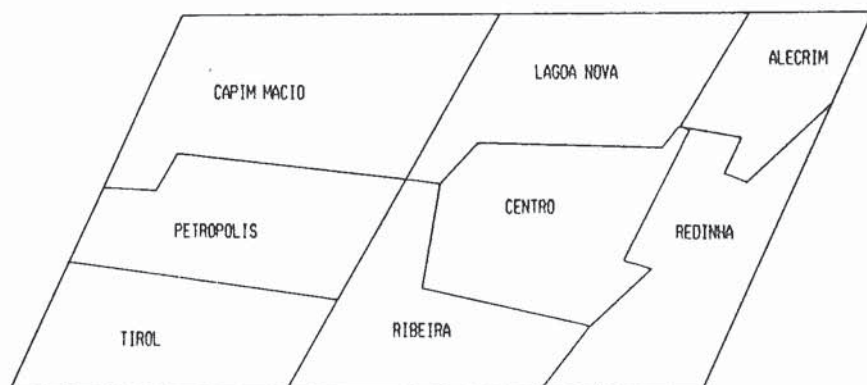
##### 4.3 - La liaison entre le stéréo-restituteur et le système Intergraph

On suppose que les orientations internes et relatives ont été faites de la manière habituelle.

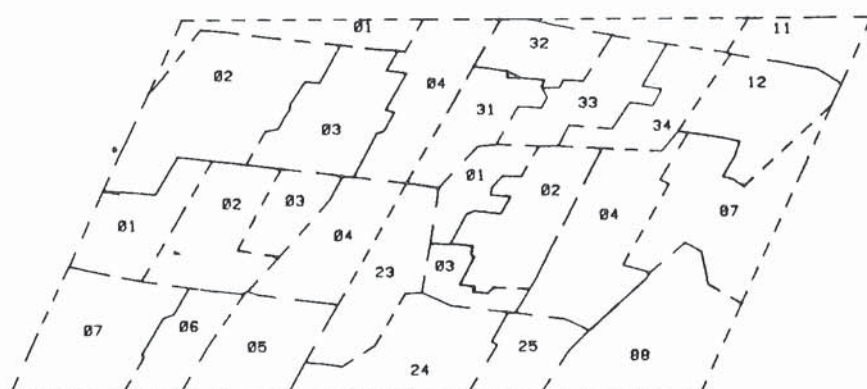
La liaison comprend les étapes suivantes :

- a) chargement de la mémoire de l'interface ;
- b) si le restituteur analogique est équipé de codeurs

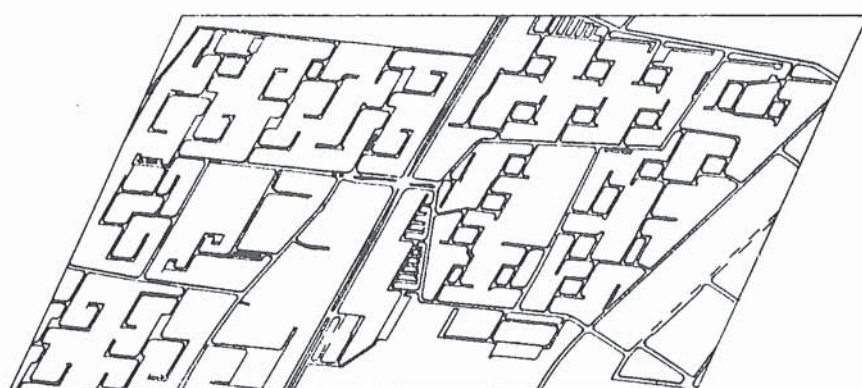




SECTIONS



PARCELLES



VOIES

rotatifs : fixation de l'origine des coordonnées du restituteur ;

c) numérisation des points dont les coordonnées terrestres sont connues (points d'appui) ;

d) exécution d'une orientation absolue numérique, donnant les valeurs des paramètres de transformation des coordonnées-modèle aux coordonnées terrestres ; ces paramètres seront stockés ;

e) stockage des paramètres de transformation dans l'interface.

En cas d'arrêt du système la liaison doit être rétablie, mais les étapes c et d peuvent être omises.

#### 4.4 - Le codage des objets

Le système Intergraph a les possibilités suivantes pour le codage des objets :

a) la structure des niveaux : chaque classe d'objets est placée sur un niveau propre. Il est possible de combiner n'importe quels niveaux entre eux ; ainsi les classes d'objets peuvent être visualisées et manipulées. On dispose de 63 niveaux ;

b) l'épaisseur des lignes : 6 épaisseurs sont disponibles et peuvent être visualisées sur l'écran ;

c) le groupe graphique : un groupe d'objets peut avoir le numéro d'un groupe graphique ; ces objets peuvent être tous manipulés à la fois. On peut distinguer  $2^{15}$  groupes graphiques.

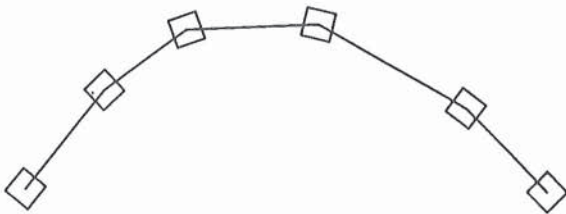
Il n'est pas possible de visualiser les objets qu'en utilisant les niveaux. L'épaisseur d'une ligne donne la possibilité de distinguer entre les classes dans un même niveau.

Au dessin, les classes peuvent être représentées de façons différentes selon le niveau, l'épaisseur de



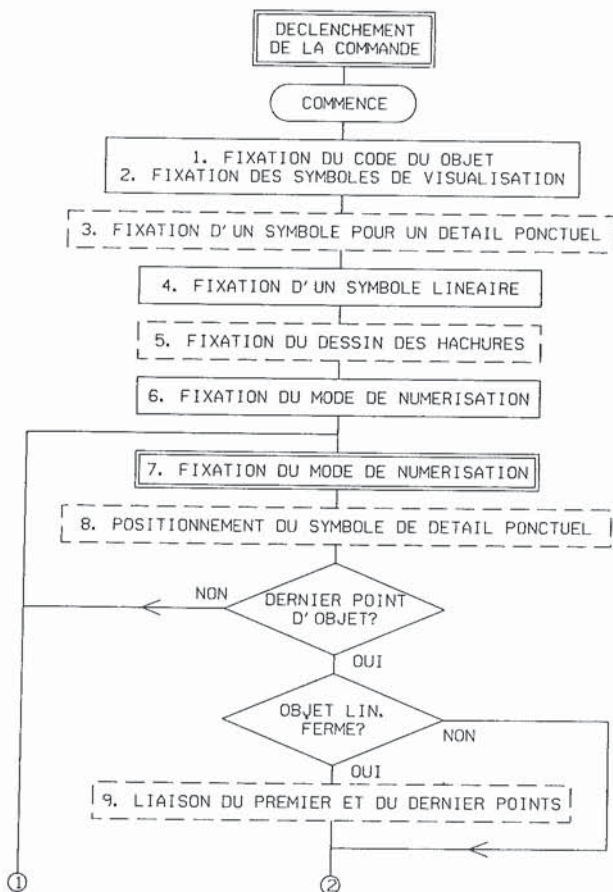
ligne et le groupe graphique auxquels ils appartiennent. Les différentes classes peuvent être représentées par des couleurs différentes (pointe à bille, feutre, plume à encre) ou par l'épaisseur de la ligne (pointe à graver, tête optique).

## LIGNE A HAUTE TENSION



### 4.5 - La saisie des données

La procédure de saisie des données doit être aussi simple que possible, car l'opérateur ne doit intervenir



que dans le choix de la commande pour la classe d'objets à numériser, dans la numérisation des points ou suivant des lignes, et dans l'introduction des valeurs des attributs.

Une procédure générale de commande sera décrite.

**1. Fixation du code de l'objet :** le numéro du niveau, l'épaisseur de la ligne et le numéro du groupe graphique sont fixés conformément à la classe des objets à numériser.

**2. Fixation des symboles de visualisation :** six symboles linéaires sont disponibles pour la visualisa-

tion sur le terminal graphique. La longueur des traits ne dépend pas de l'échelle des objets visualisés sur l'écran.

**3. Fixation d'un symbole pour un détail ponctuel :** un détail ponctuel est graphiquement représenté par un symbole. Sa dimension doit être choisie conformément à l'échelle de présentation.

**4. Fixation d'un symbole linéaire :** n'importe quel symbole peut être créé et rattaché à une ligne. Sa dimension doit être choisie conformément à l'échelle de présentation.

**5. Fixation du dessin des hachures :** n'importe quel dessin peut être créé et n'importe quel angle et distance peuvent être choisis pour hachurer une surface. Les paramètres des hachures doivent être choisis conformément à l'échelle de présentation.

**6. Fixation du mode de numérisation :** mode-point, mode-distance, mode-temps.

**7. Numérisation d'un point :** l'enregistrement des coordonnées reste à l'initiative de l'opérateur (mode-point) ou est automatique (mode-point, mode-temps).

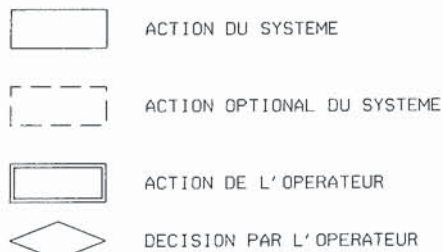
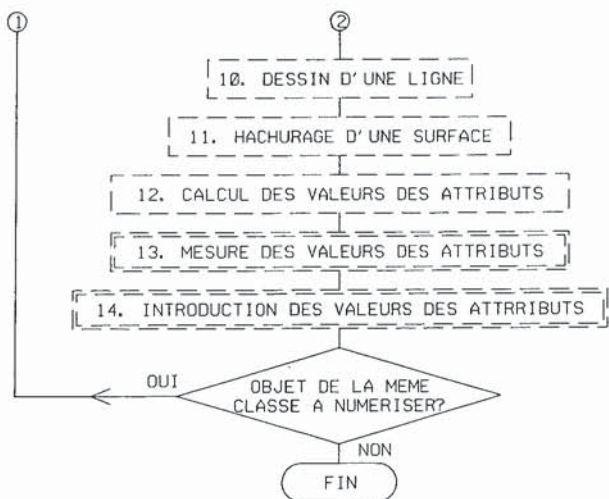
**8. Positionnement du symbole de détail ponctuel :** le symbole sera placé en cas de numérisation d'objets ponctuels.

**9. Liaison du premier et du dernier point :** pour fermer un objet représenté par une surface.

**10. Dessin d'une ligne :** un objet linéaire recevra le dessin déjà spécifié sous 4.

**11. Hachurage d'une surface :** l'objet fermé recevra des hachures (déjà spécifiées sous 5).

**12. Calcul des valeurs des attributs :** le calcul sera demandé et la valeur de l'attribut sera introduite.





## ...Premier Congrès International de l'AFT

**13. La mesure des valeurs des attributs :** le ballonnet est posé sur les points concernés après quoi ceux-ci sont numérisés. Si nécessaire le calcul sera demandé et la valeur de l'attribut sera introduite automatiquement.

**14. Introduction des valeurs des attributs :** les valeurs alphanumériques ou les codes seront tapés sur demande.

### 4.6 - La mise à jour

Le monde évolue dans le temps ; les objets et leurs attributs suivent cette évolution. La mise à jour inclue la suppression des objets disparus, l'addition des objets nouveaux, la modification éventuelle des objets, le changement des valeurs des attributs, etc.

On peut faire la mise à jour à intervalles réguliers ou à la demande si des changements importants ont eu lieu dans une certaine région. L'intervalle de temps à choisir dépendra des objets : les altitudes (MNA) ne changeront guère dans le temps, mais les agglomérations auront besoin d'une mise à jour à intervalle de 2 à 5 ans.

En fonction de la méthode de saisie des données et du nombre prévu de changements, on peut supprimer toutes les données anciennes et introduire les données nouvelles, où l'on peut détecter les changements et mettre à jour les objets et les attributs concernés. Particulièrement, la mise à jour photogrammétrique peut profiter de la superposition d'image de données vectorielles existant sur la photographie récente (par exemple, les systèmes de superposition d'image d'Intergraph et de Zeiss Videomap).

## 5 — Quelques exemples

Deux projets seront présentés illustrant les méthodes décrites. Ils s'échelonnent de la saisie entièrement photogrammétrique des données de position et de leurs attributs, à la numérisation de cartes existantes mises à jour à l'aide de la saisie des données et des attributs photogrammétriques.

Tous les projets ont été exécutés à l'aide du système Intergraph de l'ITC auquel on a rattaché un stéréo-restituteur Kern PG-3.

### 5.1 - La production d'un plan urbain à 1:500

#### 5.1.1 - Le but

Le but de ce projet était :

- 1) l'entraînement à la cartographie numérique par photogrammétrie, ayant pour résultat un plan urbain ;
- 2) la contribution à des recherches sur le terrain pour la mise au point de systèmes interactifs d'information urbaine.

#### 5.1.2 - Les objectifs

- a) La production d'un plan topographique à échelle de 1:500 conforme aux spécifications existantes.
- b) La production d'un plan numérique avec codage d'objets.

#### 5.1.3 - Les matériels disponibles

- Photographies aériennes, noir et blanc, 1:3 800 c = 214 mm.
- Points d'appui, obtenus par aérotriangulation.

### 5.1.4 - La description

Les objets de surface sont codés en plaçant leurs limites représentées par des lignes, à des niveaux différents. Dans le cas des limites doubles on donne la préférence à la limite des objets prépondérants dans l'ordre décroissant suivant :

- route ;
- remblai de voie ferrée ;
- surface d'eau (courante ou dormante) ;
- piste cyclable ou trottoir ;
- zone industrielle ;
- terrain de sports ;
- jardin ;
- terre arable ;
- forêt ;
- le reste.

Les bâtiments sont considérés comme objets superficiels placés à l'intérieur des objets mentionnés, c'est pourquoi il ne sont pas mentionnés dans la liste précédente.

Parmi les objets linéaires on distingue :

- les voies ferrées (placées au même niveau que leur remblai) ;
- les lignes (aériennes) de transport d'énergie.

Les limites sont graphiquement symbolisées conformément à leur nature ou à la qualité de la surface qu'elles délimitent.

Nature :

- haie - x -
- clôture - + -

Qualité :

- projetée -- --
- non-empierreée (voirie) --- ---
- autres -----

Les seuls objets ponctuels sont les points d'appui qui sont symbolisés à l'aide d'un triangle affecté d'un numéro.

Quelques symboles indiquant la nature de certains objets de surface.

Après l'introduction des paramètres de transformation dans l'interface, la procédure de numérisation peut être commencée.

La nature de la ligne ou la qualité de la surface est sélectionnée par déclenchement d'une commande du clavier.

Sur le bord supérieur de l'écran graphique on lit des renseignements relatifs aux catégories de points, de lignes ou de surfaces et à l'exécution de la procédure de numérisation : numérisation du point suivant, fin d'une ligne, fermeture d'un polygone, ou arrêt de la commande.

Dans le cas d'une ligne de transport d'énergie à haute tension, les positions des pylônes sont numérisées. Ces points sont liés par des lignes droites et un symbole carré est placé sur chaque point ; ce symbole est orienté selon la moyenne des orientations des directions aux points précédant et suivant.

On peut contrôler les codes d'objets en visualisant leur niveau et en vérifiant que tous les objets concernés sont présents. On peut contrôler la représentation des lignes en vérifiant les symboles de visualisation (sur l'écran).



La symbolisation des lignes est traitée par lots. Pendant la numérisation, les lignes sont étiquetées et elles sont symbolisées en traitement par lots.

La présentation de la coupure cartographique (le cadre, la quadrillage, la légende, etc.) est stockée comme un symbole et est placée à un niveau ; elle est repérée à l'aide des coordonnées du coin inférieur gauche.

Pour contrôle, on peut obtenir un copie-papier du contenu de l'écran. Afin de produire le dessin définitif, le format des données de l'Intergraph est converti au format des données de la machine automatique à dessiner et stocké sur une bande magnétique qui peut être introduite dans la table automatique.

Le dessin est fait soit sur couche à graver, soit sur film, L'épaisseur des lignes du dessin dépend du niveau du code d'épaisseur.

### 5.1.5. - Conclusion

Le résultat de cette expérience n'est pas encore prêt pour être introduit dans un SIG. L'accent a été mis sur le produit graphique conformément aux modèles de la cartographie conventionnelle. Il semble que quelques codes d'objets doivent être changés si l'on veut introduire ces données dans un SIG.

## 5.2. - Une base de données pour servir à l'administration urbaine

Ce projet concerne une étude de maîtrise réalisée par M. G.C. Olivier [7] du département des études urbaines et de l'analyse des peuplements.

### 5.2.1. - Le sujet de cette étude

Le sujet de cette étude est l'établissement d'une base appropriée de données et la méthodologie de l'installation d'un SIG dans une région. Ayant la disponibilité d'un tel outil, les autorités peuvent s'acquitter de leurs responsabilités, par rapport à la planification, à l'administration et à la direction municipale, régionale, etc.

### 5.2.2. - Les objectifs

L'établissement d'un SIG spécifiquement conçu pour une région et contenant une base de données relative au parcellaire et renfermant des données de position et d'attributs.

### 5.2.3. - Les matériels disponibles

- photographie aérienne, noir et blanc, 1 : 6.000, c = 152 mm.
- Points d'appui, obtenus par topométrie
- attributs (simulés), comme les noms des propriétaires, des occupants, les dates des actes d'acquisition et des baux de location, les adresses, le nombre d'occupants par logement, l'imposition foncière et sa date de recouvrement.

### 5.2.4. - La description du projet

On a créé deux bases de données : une base de données graphiques contenant les objets graphiques et une base de données non-graphiques, contenant les attributs de chaque entité et les relations entre ces dernières.

On a distingué les objets suivants, qui sont codés en les classant à des différents niveaux :

- les objectifs ponctuels
  - \* bornes indiquant les sommets de parcelles
  - \* objets ponctuels inclus dans une parcelle
  - \* objets ponctuels de voirie
  - \* points d'appui
- Les objets linéaires
  - \* limites de sections
  - \* limites de parcelles
  - \* limites de voirie
  - \* lignes de transport d'électricité
  - \* lignes téléphoniques
  - \* égouts
- les objets superficiels
  - \* commune
  - \* section
  - \* voies
  - \* parcelles
  - \* bâtiments

La figure 5.a. montre les entités, leurs attributs et les relations entre les entités, telles qu'elles sont stockées dans la base des données non-géographiques.

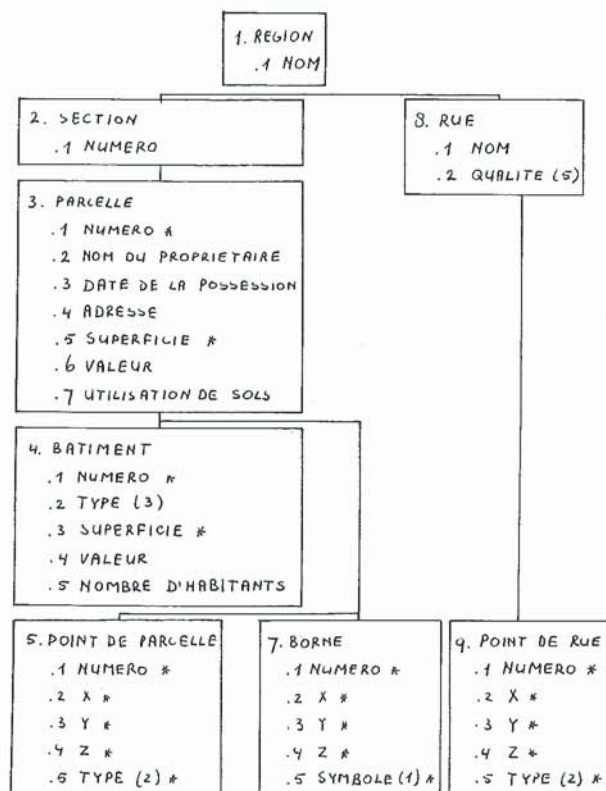


Figure : 5a.

Des commandes ont été créées pour la saisie des données de position et de leurs attributs. Les attributs, dont le numéro apparaît entre parenthèses, peuvent seulement prendre l'une des valeurs indiquées dans la liste des codes, affectée du numéro correspondant (fig. 5.b.). Les valeurs des attributs indiquées par un astérisque (\*) sont introduites pendant la phase de numérisation photogrammétrique. Les superficies et les coordonnées sont introduites automatiquement ; les numéros le sont à la suite



## ...Premier Congrès International de l'AFT

1. SYMBOLES DE BORNE  
1 = Pilier de brique
2. TYPE D'OBJET PONCTUEL  
1 = Poteau électrique  
2 = Poteau télégraphique
3. TYPE DE BÂTIMENT  
1 = Maison  
2 = Garage  
3 = Magasin  
4 = Autres
4. UTILISATION DE SOLS  
1 = Résidence  
2 = Agriculture  
3 = Industrie
5. QUALITE DE RUE  
1 = Pavé  
2 = Non Pavé

Fig. 5b : liste de codes.

d'une question ou automatiquement (en cas de numérisation consécutive) et le reste des attributs l'est à la suite de questions.

D'autres valeurs d'attributs sont introduites par question hors de la numérisation photogrammétrique. Ci-dessous suivent quelques questions auxquelles le SIG doit répondre :

- indication de la densité moyenne d'occupation par section et par commune : rédaction d'un rapport sur la densité d'occupation ;
- indication des secteurs bâtis par section et par commune : rédaction d'un rapport sur les surfaces bâties ;
- indication des mouvements de propriété : rédaction d'un rapport des propriétaires actuels et anciens des parcelles ;
- carte des réseaux indiquant la distribution d'électricité, à partir de la position des pylônes.

### 5.2.5.-Conclusions

Ce projet a montré que la photogrammétrie est une méthode efficace et de bonne précision pour la saisie des données de position, et que les valeurs des attributs peuvent être saisies simultanément. On n'a pas encore fait une analyse du rapport entre coût et bénéfices pour ce type de SIG destiné à une municipalité. Le système Intergraph (comme celui de l'ITC) ne sera pas rentable pour les municipalités de petite et moyenne étendues. C'est pourquoi il faut que d'autres études soient menées vers l'utilisation des micro-ordinateurs.

## 6.—Réflexions quant à l'avenir de la saisie photogrammétrique au service des SIG.

### 6.1.- L'interaction entre l'opérateur et le système

Le système photogrammétrique comme outil de saisie des données est un outil beaucoup plus conversationnel que le système photogrammétrique de dessin classique. Ce dernier ne réagit qu'au dépassement des limites de l'instrument.

Il faut que l'écran, sur lequel les messages apparaissent, soit situé dans une position telle que l'opérateur ait à faire un mouvement minimal de la tête, et que l'accommodation des yeux ne soit pas fatigante. La solution idéale serait la présentation des messages dans l'un des oculaires. Le panneau de commandes (tablettes de menu, écran, clavier) devrait être commodément placé. L'utilisation d'une boule comme commande des déplacements n'exige l'usage que d'une seule main, l'autre pouvant servir à choisir en "aveugle" une autre commande.

L'utilisation de la voix de l'opérateur, et même de la "voix" du système, aura un effet positif sur l'ergonomie.

La superposition d'image des données graphiques dans un des oculaires permettra la comparaison aisée des données anciennes déjà numérisées, notamment pendant les mises à jour.

### 6.2.- L'indépendance des données

La situation idéale serait que les données saisies à l'aide de n'importe quel système photogrammétrique soient introduites dans n'importe quel SIG, puis soient intégrées aux données provenant de n'importe quelle autre source.

#### 6.2.1.- L'indépendance de la structure de la base des données

En cas d'utilisation de structures de données au niveau des fichiers, ce qui signifie que les données à stocker le sont par référence directe à un autre fichier (structures hiérarchique et de réseau), les données sont stockées de façon telle qu'elles ne peuvent être utilisées que dans une entité. Par exemple, une ligne qui représente en même temps une limite de parcelles et de section doit être stockée deux fois, et même davantage si elle est utilisée pour d'autres objets (par exemple une voie).

Les bases qui établissent les relations entre les données et qui sont structurées à leur niveau, ce qui signifie que ces bases contiennent des informations par rapport aux types des données, offrent la possibilité d'utiliser un objet dans plus d'une entité. Dans l'exemple déjà donné, une ligne est stockée seulement une fois mais est utilisée dans plus d'une entité, par exemple dans : parcelle, section et voie.

#### 6.2.2.- L'indépendance du format des données

Pour l'échange des données, on doit disposer d'un format standard. Ce devrait être, pour le moins, un format à partir duquel et vers lequel les formats propres aux systèmes puissent être convertis. La normalisation au niveau international semble être un rêve. Mais au niveau national la normalisation est une nécessité pressante.

#### 6.2.3.- L'indépendance du stéréo-restituteur

En général, les codeurs ne donnent aucune difficulté quant à l'indépendance de données.

#### 6.2.4.- L'indépendance de l'échelle

Il a déjà été mentionné que la qualité de l'information graphique n'est plus limitée par l'échelle.

Il faut que les données soient saisies et stockées



dans les mêmes unités que les relevés faits sur terrain dont la résolution est le cm ou le dm ; il faut que des paramètres de qualité y soient rattachés.

### 6.3.- Le matériel

Actuellement il semble que la configuration en différé soit celle qui soit la plus efficace en terme de vitesse et de coûts. Néanmoins, l'ordinateur et ses périphériques tendent à devenir de moins en moins chers et de plus en plus puissants ; donc la configuration en direct pourrait devenir plus favorable au cours des années suivantes. L'utilisation d'un stéréo-restituteur analytique comme partie d'un SIG sera le choix le plus favorable dans un avenir proche ; la raison en est son prix décroissant et les possibilités d'interaction entre le SIG et le stéréo-restituteur analytique lié en direct.

### 6.4.- Le logiciel

Le système photogrammétrique total dépend du logiciel. Dans le cas du logiciel de l'Intergraph beaucoup de sous-programmes (les "pierres à bâtir" du logiciel) sont disponibles, mais ils doivent être incorporés dans les commandes afin de rendre le système "aimable" à l'utilisateur, ce qui veut dire facile à manœuvrer, sans que l'opérateur ait la connaissance de la programmation, des structures des données, etc.

Ces sous-programmes rendent le système flexible, mais il est nécessaire d'écrire de nouveaux logiciels pour chaque projet dont les exigences sont différentes. Par suite de l'élévation des coûts en personnel, le développement du logiciel devient de plus en plus cher, particulièrement lorsqu'on le compare aux matériels.

### 6.5.- L'habilité de l'opérateur

Il faut que l'opérateur ait une connaissance complète (pratique) de la photogrammétrie, avec l'accent mis sur les techniques numériques. Mais par suite du fait qu'il produira des données graphiques qui seront stockées dans un SIG sans intervention d'un cartographe, il a besoin d'une certaine connaissance des modifications, de la généralisation cartographique, etc.

D'un autre côté, la tâche du cartographe se déplacera en direction de la présentation de l'information, qui demandera davantage que la seule préparation d'une carte devant être reproduite mille fois ou plus. En effet il lui faudra définir des méthodes de présentation de l'information conformes aux exigences de

chaque utilisateur. En procédant ainsi, il contribuera à une meilleure et une large utilisation de l'information géographique auprès des instances dirigeantes et du public.

## 7.- Références

- [1] Blizt, E.C.C. : Precisie en betrouwbaarheid in de planologische geodesie (La précision et la fidélité dans la géodésie liées au planning urbain et rural) ; Geodesia-NGT, 23-1981-4.
- [2] Grelot, J.P. : L'information et le cartographe ; XYZ 1983-17.
- [3] Lugnani, J.B. : Quality estimation for digitized features - a new approach ; XV<sup>e</sup> Congrès International.
- [4] Makarovic, B. : Automatic off-line generation of digital terrain models ; ITC Journal, 1980-3.
- [5] Makkonen, K. : Modelling a dynamic geodata base : problems of data accuracy and structure conversions in data collection and processing ; XV<sup>e</sup> Congrès International de Photogrammétrie et de Télédétection, Com. IV, 1984.
- [6] McLaren, R.A. et A.R. Berill : Photogrammetric data acquisition : the intelligent approach ; XV<sup>e</sup> Congrès International de Photogrammétrie et de Télédétection, Comm. II, 1984.
- [7] Olivier, G.C. : Land information systems with special reference to precision of data acquisition from air photographs ; M. Sc. thesis. ITC, Enschede, 1984.
- [8] Ruotsalainen, R. : Experiences with photogrammetric map compilation as part of a digital mapping system ; XV<sup>e</sup> Congrès International de Photogrammétrie et de Télédétection, Comm. IV, 1984.
- [9] Stefanovic, P. e.a. : Cartographie assistée par ordinateur ; Géomètre no. 5, 1982.
- [10] Teixeira, A.L. de A. : The application of an interactive graphics system for cadastral purposes ; M. Sc. thesis, ITC, Enschede, 1984.
- [11] Dorrestein, B. : New technology in photogrammetric updating of digital maps ; Intergraph seminar on digital mapping, Barcelona, 1984.
- [12] Jerie, H.G. : Some notes on "Geo Information Systems", manuscript, ITC, 1984.