

## L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

### Fonctionnalités d'un SIG : les 5 A .

Les systèmes d'information géographique peuvent être constitués pour répondre à différentes demandes. Comme le système universel n'existe pas, il faut les adapter selon les objectifs fixés. Toutefois ils ont en commun des fonctionnalités que l'on retrouve dans chaque système regroupées en 5 familles sous le terme des « 5A » pour :

Abstraction, Acquisition, Archivage, Affichage et. Analyse

Ces termes résument les fonctionnalités que tous les systèmes doivent assurer mais cachent leur diversité : différents modèles mis en œuvre, nombreuses applications, présentations multiples des données, variété des informations et capacités de stockage.

#### L'Abstraction.

Les systèmes d'information géographique sont utilisés pour réaliser des descriptions du territoire permettant d'obtenir l'information nécessaire pour répondre à une problématique. Ils contiennent cette information sous plusieurs formes dont certaines sont des représentations d'éléments ou de phénomènes existants. Ces représentations cherchent à reproduire le plus fidèlement possible la réalité d'une manière compréhensible par les utilisateurs et utilisable informatiquement dans le but de répondre à des objectifs donnés. Il est donc nécessaire de préciser les éléments sur lesquels on doit disposer d'information et la nature de celle-ci. Un parallèle peut être établi avec la représentation cartographique du territoire qui comprend des éléments choisis selon leur nature et selon des spécifications données afin de répondre aux besoins des utilisateurs identifiés. Leur dessin est effectué en respectant des règles sémiologiques destinées à faire percevoir facilement un maximum d'informations aux lecteurs de la carte. Les choix portent sur la nature de l'information qui doit être accessible, sur les éléments du territoire qu'il faut pouvoir identifier et séparer de leur contexte, sur la manière de les dessiner et sur les critères ou sur les propriétés qui doivent être perceptibles. Ces choix sont effectués en fonction d'objectifs à atteindre ou plus généralement en fonction des problématiques à résoudre. Le monde réel est ainsi modélisé en fonction des besoins, ce qui permet de définir précisément le contenu du système.

Les SIG (au sens des logiciels) gèrent plusieurs types de supports d'information correspondants à plusieurs familles de données: certaines sont dites vectorielles : les objets réels sont représentés ou schématisés par un élément ayant une forme et des propriétés, d'autres sont dites « raster » telles les photographies. Enfin ils peuvent accepter des éléments sans forme tels que des données textuelles, vidéo ou numériques sans géométrie. La modélisation doit préciser l'information qui devra être accessible et rechercher la forme la plus adaptée pour permettre de la. Les photographies amènent

## **L'Information Géographique**

par exemple des informations visuelles globales sur une partie d'un territoire mais ne permettent pas de traiter en particulier les objets visibles sur la photographie car ces derniers ne peuvent être isolés de leur contexte. Il faut en effet interpréter l'information visuelle pour accéder aux objets visibles, opération qui n'est pas réalisable par un ordinateur.

Cette modélisation doit prendre en compte les objectifs attendus du système d'information. Pour cela les méthodes utilisées pour la réalisation des systèmes d'information « classiques » sont valables et doivent préciser en simplifiant : les attentes (que veut-on faire ?), les méthodes (comment faire ?) et les problèmes concrets (avec quoi ?) en séparant les traitements des données pour respecter le principe d'indépendance entre les deux notions.

Les méthodes utilisées permettront d'identifier les éléments utiles, détermineront une organisation des acteurs, un classement des données et identifieront les traitements nécessaires. Elles doivent prendre en compte la dimension géographique de l'étude, c'est à dire qu'il faut préciser, outre les renseignements auxquels on souhaite accéder les propriétés géographiques ou géométriques liées aux objets manipulés. Cela concerne leur forme, leur localisation et les relations de voisinage qu'ils ont avec les autres objets du territoire. Pour améliorer la perception du territoire modélisé, il faut regrouper les objets en grandes familles partageant certaines propriétés. Le besoin en information peut être souvent résolu de manière visuelle par l'emploi de documents rasters comme les photographies aériennes ou satellitaires. L'étude doit préciser l'existence de ces documents car d'une part leur gestion est différente de celle des autres éléments et d'autre part elle peut éviter d'avoir à gérer une collection d'objets dont l'intérêt est uniquement informatif. Le système d'information peut être simplifié grâce à l'utilisation de ces produits.

Les voies de communication d'un territoire peuvent par exemple être considérées de multiples façons. Elles peuvent vouloir traduire les moyens de communication terrestre existants entre deux lieux quelconque du territoire, ou elles peuvent aussi exprimer simplement que l'on peut aller d'un point à un autre. Dans le premier cas il sera important de connaître les différents tronçons de route, leurs caractéristiques physiques permettant d'estimer leur capacité de trafic, alors que le second cas mettra l'accent sur l'existence même de la voie de communication indépendamment de sa nature (chemin sentier voies ferrées ou autres). Dans un cas il sera intéressant de connaître précisément la géométrie de la route ainsi que certaines propriétés telles que le nombre de voies, alors que dans l'autre cas une géométrie approximative sera suffisante et les renseignements descriptifs seront sans doute superflus. Dans la première approche, chaque route sera décrite par plusieurs tronçons jointifs. Un tronçon correspondra à une partie de la route le long duquel les renseignements attributaires sont constants. Un nouveau tronçon devra être créé chaque fois que l'une des caractéristiques changera. Dans la deuxième approche seule l'information sur l'existence d'une route entre deux lieux est importante. On aura donc un tronçon chaque fois que deux points du territoire seront reliés par une route directe. Selon l'approche choisie il sera possible de répondre à certaines problématiques plus ou moins facilement comme la gestion du réseau dans un cas ou le calcul d'itinéraire dans l'autre cas.



Le choix d'une des deux modélisations est intimement lié aux objectifs assignés au système d'information.

La composante géométrique nécessite une réflexion poussée sur la nature des éléments à intégrer au système qui selon les objectifs à atteindre va déterminer la précision requise, la géométrie descriptive, les méthodes de saisie et les renseignements annexes utiles. Si le besoin en informations géographiques sur un type d'objet comprend obligatoirement la localisation des éléments appartenant à cette famille, il peut apparaître nécessaire de disposer en plus de connaissances sur leur forme en particulier pour traduire des phénomènes surfaciques. Il faudra étudier les relations à créer ou à entretenir entre objets comme le partage de géométrie.

Les objets contenus dans le système pourront être décrits géométriquement de manière plus ou moins réaliste selon le degré de précision utile. Une agglomération peut être décrite par un élément surfacique dont les limites correspondent à celle de l'agglomération réelle ou par un simple point traduisant son existence lorsque sa taille est relativement petite. Il faut aussi préciser les spécifications sur les caractéristiques des objets à intégrer qui permettront de décider sans ambiguïté de leur présence ou non lors de la phase de saisie et de la manière dont leur forme sera saisie le cas échéant.

Exemple :

1. Thème Réseau ferré

1.1. La table NOEUD\_FERRE (ND\_FERRE)

Genre : ponctuel

Référence : nœud ferré

Définition : un nœud ferré correspond à un embranchement, à un équipement (gare ...) ou à un changement de valeur d'attribut sur un tronçon de voie ferrée. C'est une extrémité d'un tronçon de voie ferrée.

Légende : les objets de la table NOEUD\_FERRE (ND\_FERRE) sont symbolisés suivant les valeurs du champ Nature : ils sont représentés par cinq symboles différents.

Cette table contient les champs suivants :

<b>Champ Id_BDCarto</b> Définition : identifiant BD CARTO® du nœud ferré Type : entier
<b>Champ Nature</b> Définition : type du nœud ferré Type : caractère Valeurs possibles : Gare de voyageurs et de fret : gare SNCF de voyageurs et de fret Gare de fret : gare SNCF de fret seulement Gare de voyageurs : gare SNCF ou point d'arrêt SNCF ouvert aux voyageurs seulement Embranchement : embranchement ou cul-de-sac Changement d'attribut
<b>Champ Toponyme</b> Définition : toponyme du nœud ferré Type : caractère

Le système d'information géographique sera ainsi basé sur une description synthétique du territoire, c'est à dire qu'un choix de contenu a été effectué, un mode de description a été retenu et les relations entre objets et les renseignements attributaires ont été identifiés. Il reprend toutes les fonctionnalités attendues d'un système d'information et prend en compte la dimension supplémentaire imposée par la géométrie.

### **L'Acquisition**

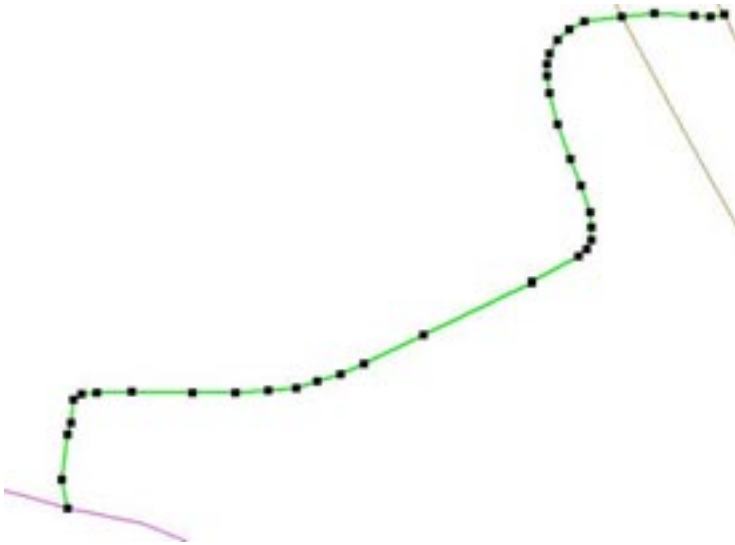
Les éléments que doit contenir le système sont connus dès que le modèle conceptuel est établi et que sont précisées les informations géométriques et sémantiques nécessaires. Les données doivent ensuite être intégrées et doivent répondre aux exigences de qualité induites par les objectifs à atteindre. Ces données peuvent provenir de fournisseurs extérieurs, de numérisation directe ou de traitements particuliers comme des images satellites par exemple. Les données peuvent être de quatre types différents selon la géométrie qui leur est associée: les données raster, les données vecteurs, les grilles ou MNT et les données sans géométrie.

#### *Les Vecteurs*

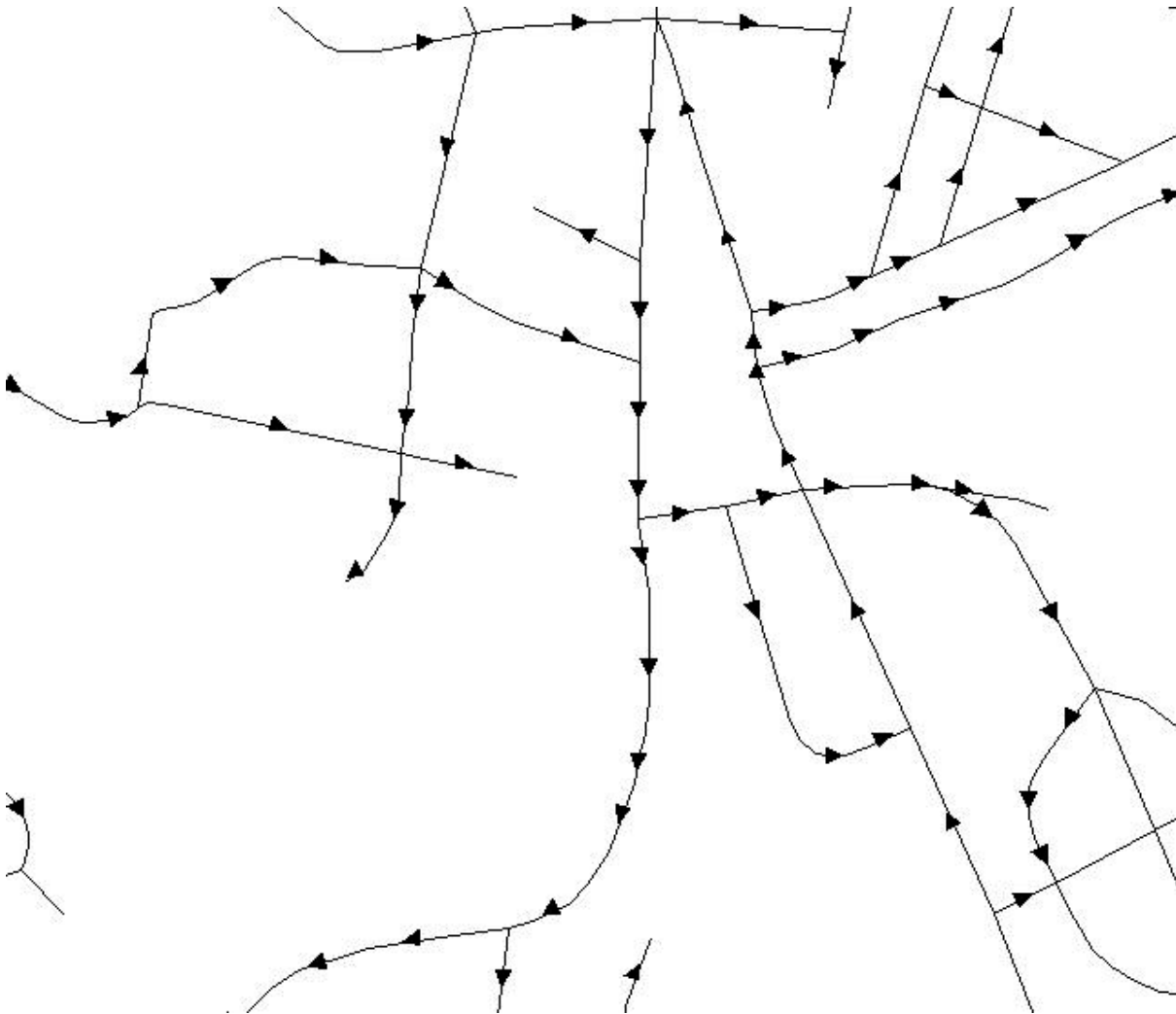
La description par vecteur est utilisée pour identifier et localiser les éléments du territoire dont il est nécessaire de connaître les caractéristiques géométriques ainsi que les propriétés. Ces éléments pourront être identifiés précisément, représentés visuellement par des objets géométriques et dont certaines propriétés, outre la géométrie et la localisation, seront gérées. Il est possible d'isoler ces éléments de leur contexte car on a accès à leurs propriétés géométriques et à leurs propriétés sémantiques. Il existe en général trois sortes de données vecteurs : les points, les arcs et les polygones. Les éléments les plus simples sont représentés par un point. Lorsqu'il ne s'agit pas de points de repère, le fait de les représenter par un simple point signifie que leur géométrie exacte est inconnue, qu'elle n'est pas utile ou que sa forme a été généralisée. L'utilité du point est de permettre la localisation précise de l'objet ou d'un renseignement comme un toponyme, un point géodésique ou une valeur descriptive. Un village peut ainsi être représenté par un point sur une carte à petite échelle, si celle-ci est telle que la représentation réelle serait trop petite où si les objectifs de la base ne nécessitent pas plus de détails.

D'autres objets sont dits linéaires car ils sont décrits par une succession de courbes simples qui sont le plus souvent des segments de droite. Quelques descriptions utilisent des arcs de cercle ou

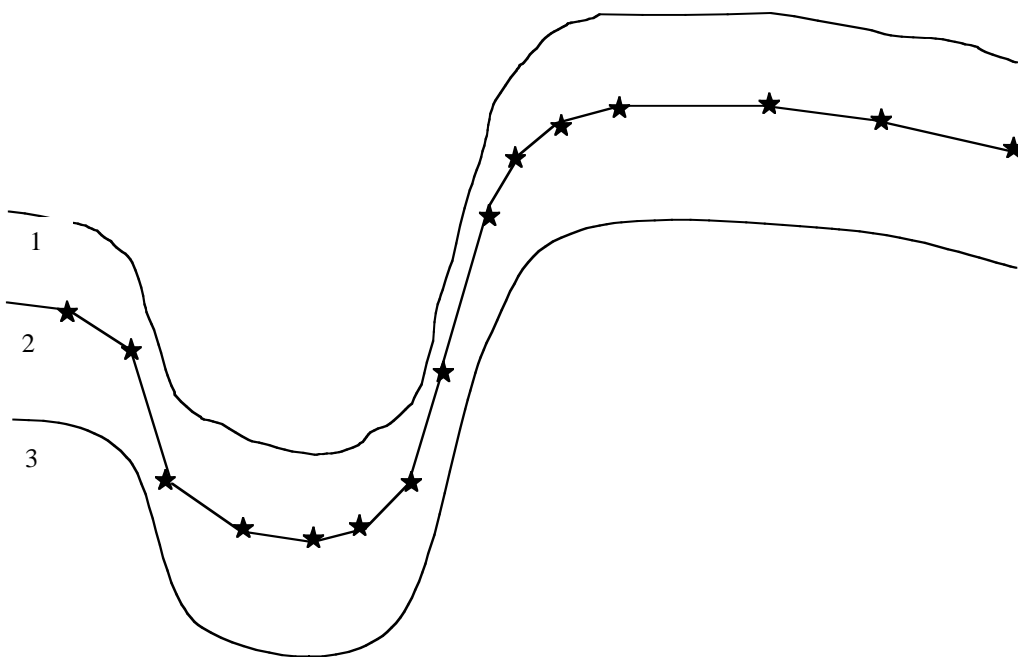
d'ellipse. Les différents tronçons de route sont souvent décrits par cette technique, ce qui rend possible un accès à la géométrie et aux principales caractéristiques (nombre de voies, type de revêtement, comptage du trafic) qui peuvent être connues en tout point. La prise en compte du relief est relativement facile dans la mesure où chaque point peut avoir une altitude. Les tronçons à base de segments rectilignes contiennent des sommets intermédiaires qui correspondent souvent aux changements locaux de direction de la forme de l'objet. Les arcs sont orientés en utilisant le sens induit par l'ordre des sommets. Il en découle un sens de numérisation qui peut être utilisé par certaines propriétés comme par exemple pour indiquer le sens d'écoulement des eaux ou encore le sens de circulation d'un axe routier.



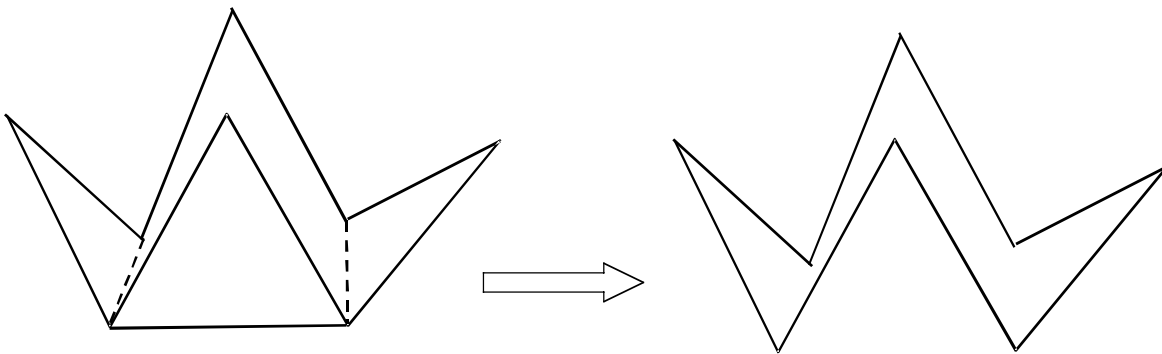
La figure suivante montre un exemple de forme (1) saisie avec des segments de droite (2) ainsi qu'avec des éléments courbes (3).



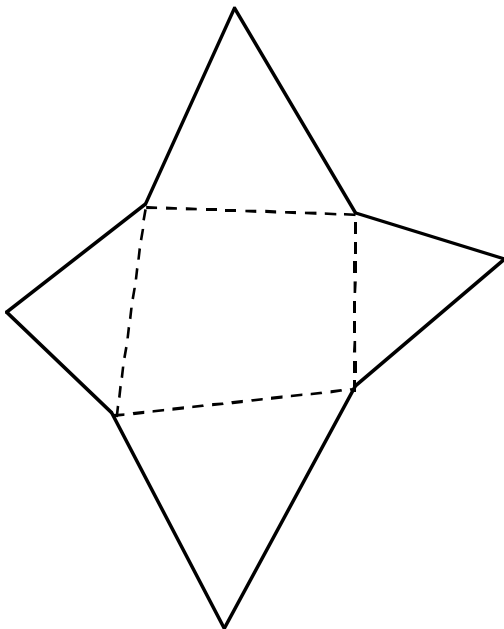
Exemple d'arcs orientés



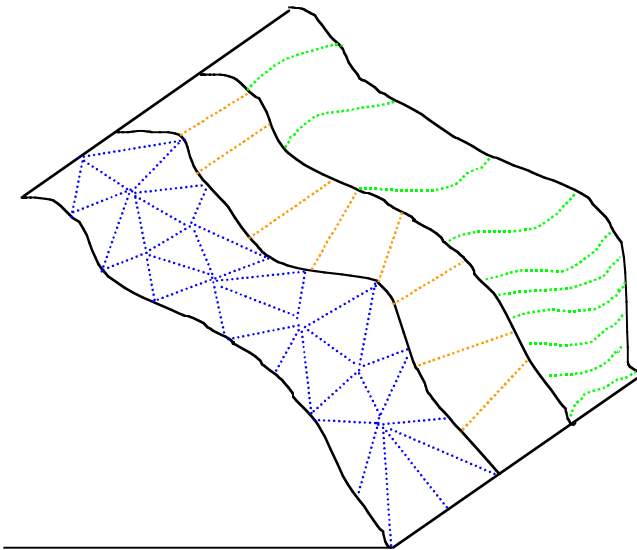
Le troisième type de vecteur correspond aux éléments surfaciques. Leur géométrie est souvent décrite au moyen d'une courbe fermée utilisant des éléments de base utilisés pour la description du linéaire. Il faut distinguer les surfaces des arcs représentant leur limite, les points intérieurs à une surface font partie de cette dernière mais ils n'appartiennent pas à sa limite. En 2,5 D ou en 3D, ce type de description ne fournit pas de renseignement sur l'altitude des points intérieurs à la surface, mais uniquement sur l'altitude des points du contour. Dans ce cas l'accès à la totalité de l'information géométrique pour les points intérieurs passe par un croisement entre plusieurs éléments: la surface elle-même et un MNT (défini plus loin) par exemple. L'altitude d'un point du territoire sera alors calculée au moyen des indications fournies par le modèle numérique de terrain. On peut dans certains cas faire l'approximation que l'altitude d'un point intérieur est connue lorsque la surface est suffisamment petite pour être considérée comme une bonne approximation plane du terrain naturel. Cette méthode est utilisée dans les TIN (Triangular Irregular Network) où les surfaces élémentaires sont des triangles qui représentent chacun plus ou moins grossièrement une aire plane. Cette approche sert quelquefois à la place des MNT décrits plus tard.



Exemples de surface dont l'altitude des points intérieurs ne peut être connue facilement.

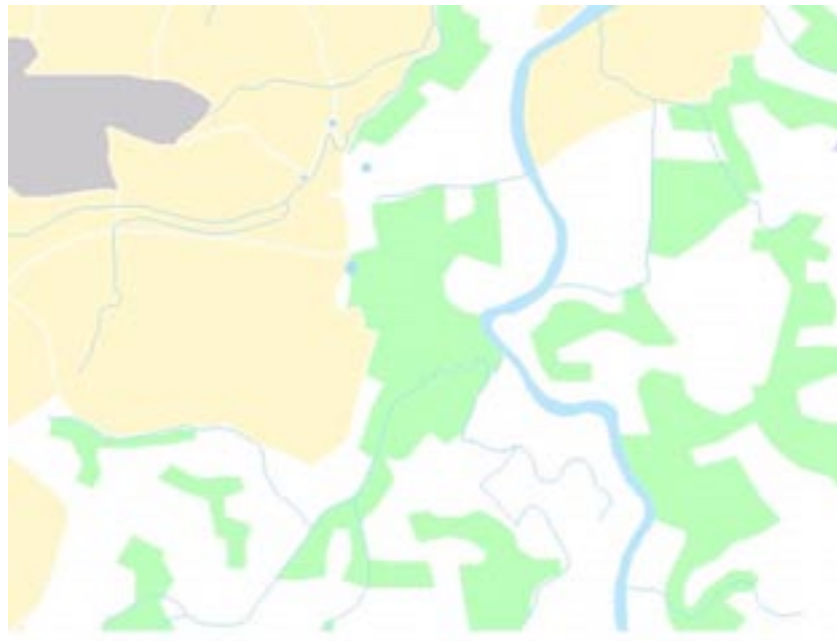


Vue de dessus



Exemple d'approximation du terrain naturel par des surfaces simples et par des courbes de niveau.

Quelquefois il est possible de trouver des éléments volumiques décrits à partir de volumes simples (cube, cylindre, sphère, tétraèdre). Ces éléments sont assez rares en SIG mais sont très utilisés en CAO ou CFAO notamment dans les applications de mécanique.



### Représentation d'éléments surfaciques

Des objets dits complexes peuvent être formés à partir d'objets dits simples, c'est à dire ayant une géométrie d'un type parfaitement défini (point, ligne, ...). Ces objets sont des collections d'objets simples rendus interdépendants par une relation d'appartenance à un objet complexe. Leur géométrie est obtenue en superposant la géométrie des éléments simples les composant. Ils appartiennent néanmoins à la famille des objets vecteurs, car chacune de leurs parties élémentaires est un objet vecteur. Les objets complexes possèdent leurs propres propriétés et n'ont quelquefois



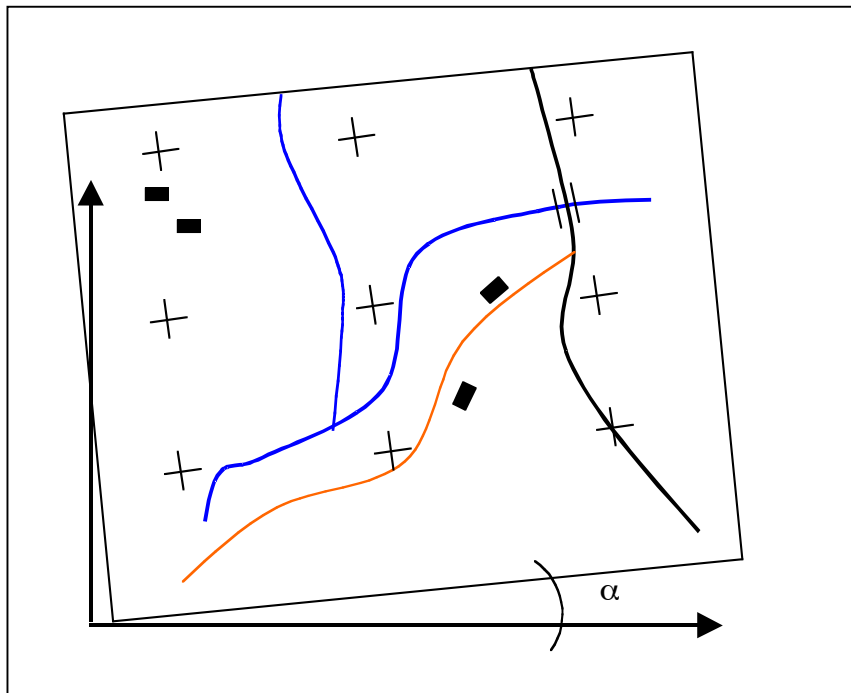
pas accès à celles des éléments qui les composent. Car ils peuvent être de nature complètement différentes et appartenir à des familles différentes sans attribut commun.

Les objets complexes sont créés à partir de plusieurs objets simples. Ils servent fréquemment à exprimer une propriété géométrique partagée par plusieurs des objets simples. Cela offre la possibilité de partager des limites lorsqu'un objet simple est susceptible d'appartenir à la frontière de plusieurs éléments. Par exemple un axe de ruisseau peut porter une limite entre deux communes. Les descriptions respectives du ruisseau et de la limite administrative ont donc un élément géométriquement commun. Si la modélisation a conclu à la nécessité de disposer à la fois d'une description des réseaux hydrographiques et des limites administratives, il est possible soit de partager ce tronçon commun, soit de saisir sa géométrie deux fois une fois pour le ruisseau et une autre fois pour la limite administrative. La première solution demande de décrire les limites administratives au moyen d'objets complexes dont la géométrie ne pourra être connue qu'indirectement au travers de celle de ses composantes tronçons hydrographiques, routes, chemins et limites de parcelles. Les objets complexes peuvent être utilisés pour rassembler des objets variés ayant une propriété commune. C'est en particulier le cas des chemins de Grande Randonnée (GR) qui sont composés de tronçons de route, de tronçons de chemin et de parties de sentier.

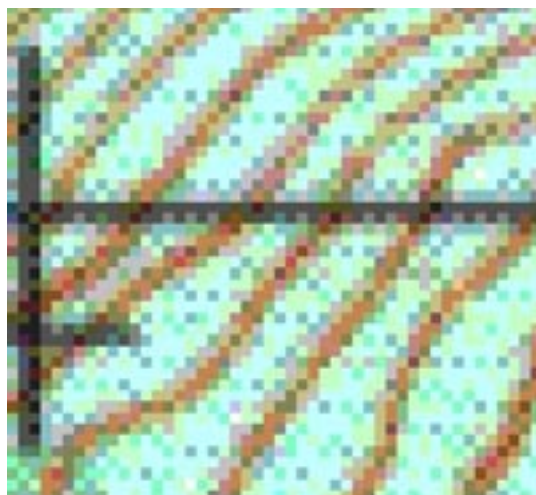
#### *Les moyens de saisie des vecteurs.*

Les moyens de saisie de la géométrie diffèrent selon que l'on travaille ou non en 3d. Les saisies en 2D, c'est à dire sans information sur le z, peuvent être réalisées au moyen d'une tablette à digitaliser, d'une souris ou d'un programme de vectorisation. Toutefois, dans tous les cas la limite de la précision de la saisie sera imposée par la largeur des traits à saisir. La précision ne sera pas meilleure que la demi-largeur du trait et sera fonction du pouvoir de résolution de la tablette.

La tablette à digitaliser est utile lorsque l'on dispose de documents papier. La qualité dépendra à la fois du calage du plan papier et de la sensibilité du curseur. Cette dernière décrit le pouvoir séparateur du matériel, c'est à dire qu'elle indique la distance minimale devant exister entre deux points saisis (l'unité de mesure étant celle de la tablette). Par exemple si la tablette a un pouvoir de séparation P, les coordonnées des points saisis seront connues avec une précision maximale de l'ordre de  $1/(P \cdot \text{l'échelle du plan})$ . Si P est de l'ordre du dixième de millimètre, et si l'échelle du plan est 1/25000, la précision maximale est donc de  $25000/10$  mm soit 2,5m. A cette erreur il faut rajouter les erreurs dues à la mauvaise orientation du plan. En effet il faut établir une correspondance entre le repère de la tablette et celui du plan afin de pouvoir passer des coordonnées tablettes aux coordonnées du plan. Cela est réalisé en saisissant des points du plan de coordonnées connues. La transformation entre les différents repères est calculée en comparant les coordonnées indiquées pour les points de référence et leurs équivalences sur la tablette. La transformation peut être une rotation, une translation, une déformation affine selon un des axes ou une combinaison des trois. Plus le nombre de points de référence est important et plus la précision sera bonne, sachant que chaque saisie est entachée de l'erreur mentionnée en premier due à la limite imposée par le pouvoir séparateur du curseur. Le calcul de cette transformation permet de prendre en compte les déformations du support papier du document.



La souris est employée pour la saisie sur fond d'écran qui est possible lorsque l'on dispose d'une image numérique du document à digitaliser. Les mêmes erreurs de saisie que celle mentionnées précédemment existent, auxquelles il faut rajouter les déformations induites par le procédé de scannage. Mais cette déformation sera prise en compte en même temps que la déformation du support initial dans le calcul du passage du référentiel écran au référentiel du plan. Cela revient à considérer que la déformation du support papier a été légèrement supérieure à la réalité. L'avantage de cette méthode de saisie par rapport à la tablette réside dans la possibilité de zoomer afin d'accroître la précision de la saisie. Toutefois la précision sera limitée par la taille de l'élément de base à savoir la taille du pixel créé par le scanner. Par exemple un scanner à 600 dpi (dots par inch) fournit une information tous les 2,73 cm(1 inch)/600 soit environ 22 points par millimètre ou encore 1 point tous les demi-dixièmes de millimètre. La saisie sur écran demande un logiciel capable de superposer des éléments vecteurs au raster. L'unique limitation réside dans le fait que ce dernier peut être dans un format (TIF, BMP, MPG, JPG, ...) accepté par le logiciel utilisé pour la saisie.



Limitation de la précision due au pas de scannage

En 3D, la méthode généralement utilisée est la restitution photogrammétrique. Les objets saisis disposent directement d'une altitude. La précision de la saisie est fonction de l'échelle du cliché ou de la hauteur de la prise de vue et de la focale utilisée. Le restituteur saisit dans ce cas les éléments visibles et identifiables, par exemple pour un bâtiment il suivra les bords du toit.

Une autre solution pour constituer une base contenant des objets avec altitude consiste à saisir la géométrie en planimétrie, puis à estimer l'altitude de chaque point au moyen d'une grille MNT. L'altitude de chaque point est estimée au moyen de celles des points du MNT l'encadrant. La précision obtenue sur la troisième dimension dépend de la qualité du MNT et de son pas. L'utilisation du MNT c'est à dire de l'altitude du sol empêchera d'obtenir directement des renseignements sur la hauteur du sursol. En effet les MNT fournissent des informations sur l'altitude du sol naturel. Les hauteurs des bâtiments ne pourront pas être obtenues grâce au MNT et devront être saisies ou importées.