

# L'information spatiale et ses propriétés

Regis Caloz\*

Dominique Schneuwly†

21 juin 2010

---

\*EPFL regis.caloz@epfl.ch, Overall

†UNIFR dominique.schneuwly@unifr.ch, Specials

## Table des matières

|  |          |
|--|----------|
| <b>Table des matières</b>                                    | <b>2</b> |
| <b>L'information spatiale et ses propriétés</b>              | <b>3</b> |
| Unités d'observation de l'espace . . . . .                   | 4        |
| Notions et définition . . . . .                              | 5        |
| Nature et propriétés . . . . .                               | 6        |
| Les dimensions des propriétés des unités spatiales . . . . . | 8        |
| L'information spatiale et ses propriétés . . . . .           | 11       |
| Echelle de mesure de l'information spatiale . . . . .        | 12       |
| Catégories : mesurée, interprétée, dérivée . . . . .         | 14       |
| Sommaire . . . . .   | 16       |
| Glossaire . . . . .  | 17       |

## **L'information spatiale et ses propriétés**

Nous abordons ici la modélisation spatiale dans les systèmes d'information. Il s'agit donc maintenant de traiter en terme d'information les aspects relatifs à la modélisation de la réalité. La réalité perçue est décomposée en unités spatiales que nous pourrions gérer dans un SIG. Nous allons voir comment mettre en relation les éléments, les unités d'observation et les informations associées pour rendre compte de la substance de la modélisation de la réalité en SIG : l'état et l'évolution des propriétés des phénomènes, ainsi que leurs relations dans l'espace. La première unité de cette leçon définit ce qu'est une unité spatiale, et établit la distinction entre unité régulière et unité irrégulière. La deuxième unité présente l'information spatiale qui caractérise ces unités.

**Unités d'observation de l'espace**

Modéliser l'espace géographique signifie circonscrire des éléments, décrire leurs propriétés pour en comprendre son fonctionnement. L'espace est donc partitionné en unités spatiales que nous dénommons unités d'observation pour bien exprimer le fait qu'elles sont les unités sur lesquelles les observations de la réalité sont collectées.

## Notions et définition

### *L'unité spatiale d'observation*<sup>1</sup>

La détermination d'une unité d'observation est relative ; elle dépend de la focale ou de l'échelle à laquelle le phénomène est observé et de l'objectif poursuivi. Le géologue n'identifie pas les mêmes unités d'observation que le botaniste ou que l'aménagiste !

Une unité d'observation est indivisible. Une unité supérieure n'est pas la somme des unités qui la composent. Dans ce sens, une commune n'est pas la somme des bâtiments, des routes, des propriétés. Si l'unité était décomposable, alors ce serait les unités "filles" qui deviendraient le support de nos informations. L'indivisibilité serait ainsi simplement reportée.

L'unité d'observation étant un élément du modèle de la réalité, son existence est totalement définie par les propriétés que nous avons choisies pour la décrire. Chaque propriété est considérée homogène sur l'ensemble de l'unité.

Une unité d'observation est dite **irrégulière** si ses contours épousent la forme ou la géométrie de l'objet spatial. Elle est **régulière** s'il s'agit d'une maille dans l'approche image. L'unité d'observation irrégulière est plus généralement dénommée **objet spatial** . Quant à l'unité d'observation régulière, elle est souvent désignée par les termes de maille, de cellule, voire de "pixel" par emprunt au vocabulaire de l'imagerie numérique.

L'existence d'une unité d'observation revêt une justification physique lorsqu'elle se réfère à un objet dont les limites sont clairement définies dans la réalité tel un bâtiment, une route. Elle est dite arbitraire lorsqu'elle est délimitée sans référence à une thématique -le cas de la maille-, ou lorsqu'elle représente un phénomène dont l'étendue s'estompe progressivement tel un biotope. La limite est fixée dans la zone de transition qui sépare les endroits où une propriété d'un phénomène est présente avec certitude de ceux où elle ne l'est plus.

---

<sup>1</sup>L'unité spatiale d'observation se définit comme un élément constitutif de l'espace géographique qui, d'un point de vue informationnel, ne peut se décomposer en sous-unités.

## Nature et propriétés

### Unités spatiales irrégulières

Lorsque l'objet spatial trouve une correspondance immédiate avec nos catégories mentales, il est naturel de modéliser d'abord sa forme par une représentation géométrique plus ou moins fidèle de la réalité selon le degré de généralisation appliqué. Les formes produites sont diverses. Les objets reflétant des constructions humaines coïncident souvent avec des formes géométriques relativement simples telles que des segments rectilignes, des polygones réguliers ou irréguliers. Au contraire, les unités identifiant la distribution spatiale d'un phénomène naturel prennent des formes quelconques.

On distingue trois types d'unités spatiales irrégulières : ponctuel, linéaire et zonal.

L'affectation de l'unité d'observation à l'un ou l'autre type dépend de l'échelle à laquelle on souhaite le représenter ou, en d'autres termes, de l'importance accordée à sa dimension spatiale. Un même objet, considéré comme ponctuel à une échelle donnée devient zonal à plus grande échelle ou, comme c'est le cas pour les unités de végétation, la diversité des unités et leur nombre diminuent avec l'échelle pour conserver une représentation visuellement interprétable. Dans les figures ci-dessous, la commune de Saint Cergue est représentée par les bâtiments qui la constitue au 1 :25'000 et devient un symbole ponctuel au 1 :1'000'000.



FIG. 1: Extrait de la carte nationale au 1 :25'000 (source Office fédéral de topographie)

### Unités spatiales régulières



FIG. 2: Extrait de carte nationale au 1 :1'000'000 (source OFT)

L'espace géographique est partitionné en maille régulière par superposition d'une grille virtuelle. La taille de la maille dépend de l'échelle d'observation adoptée.

Pour chaque thématique, on affecte un attribut unique à chaque cellule. Il y a donc autant de grilles appliquées que de thématiques à décrire. Le cas de l'occupation du sol illustre cette situation dans laquelle plusieurs propriétés (catégories) d'intérêt peuvent être localisées dans une même maille : une route, des bâtiments, de la végétation, ... Pour conserver l'information, il est indispensable de décomposer l'"occupation du sol" en plusieurs sous-thématiques telle que "voies de communication", "bâti", "hydrographie", ... et constituer une grille pour chacune d'elles.

#### Attention :

Seulement les images peuvent être représentées dans la version PDF ! Les flashs etc. ne sont visibles que dans la version en ligne et sont remplacés en partie par des images d'écran.

FIG. 3: Exemples d'unités d'observation

## Les dimensions des propriétés des unités spatiales

L'espace géographique étant désagrégré ou discrétisé en entités irrégulières ou régulières, il s'agit maintenant de décrire leurs propriétés selon trois points de vue ou dimension : spatial, thématique et temporel. Ces informations sont affectées soit à l'objet lui-même soit à la maille.

### Dimension spatiale

La dimension spatiale recouvre les propriétés de position et de voisinage des entités spatiales, c'est-à-dire la localisation, la forme, la taille et la proximité. En mode objet, l'unité est définie et localisée par les coordonnées des points de son modèle géométrique. Toutes les autres informations à caractère spatial telles que périmètre, surface, etc. sont implicitement contenues dans la géométrie. D'ailleurs on ne stocke généralement pas ces informations dans la base de données puisqu'elles peuvent être calculées à la volée dans les SIG. En mode image, les propriétés spatiales se réduisent à la résolution de la maille. La localisation est déduite du géoréférencement de la grille. Les propriétés de proximité sont examinées lors de l'exploitation de la base de données géographique.

### Dimension thématique

La dimension thématique recouvre les informations pertinentes pour l'utilisateur caractérisant la nature, les propriétés (l'état) et les fonctions de l'entité.

En mode objet, la nature de l'objet apparaît souvent par son nom, par exemple "Bâtiment", "Unité de végétation". Des attributs complètent cette première information. L'attribut "Type" rattaché au "bâtiment" permet de préciser s'il s'agit d'une construction en bois, en béton ou autre. Les propriétés reflètent la finalité ou les besoins du modélisateur : un pont sur une rivière est décrit par la largeur de la chaussée selon le Service des routes, par le débit maximum pouvant s'écouler au-dessous selon le Service des eaux. La fonction désigne le rôle que remplit l'objet dans le système constitué par l'espace géographique. Elle se traduit par des attributs tels que le débit attaché à un tronçon de rivière, le prix du m<sup>2</sup>, le taux d'immission d'un polluant par unité de surface, l'émission d'une substance à potentiel polluant d'une cheminée d'usine, la valeur assurée d'un bâtiment, le rendement agricole d'une parcelle, l'altitude, l'occupation du sol, la couverture végétale, etc.

En mode image, l'attribut est unique pour chaque maille. Une catégorie de propriétés constitue la thématique d'une grille. On définit autant de grilles que l'on souhaite de thématiques descriptives de l'espace géographique.



**Dimension temporelle**

La logique d'un SIG repose sur le couple formé par l'unité géométrique et par la table d'attributs thématiques qui lui est attachée. La dimension temporelle apparaît dans l'une ou l'autre de ces deux composantes. Elle se manifeste soit dans la modification de la géométrie de l'objet, soit par l'évolution d'une ou de des propriétés de l'unité spatiale.

**La géométrie**

L'unité d'observation irrégulière est définie par sa géométrie. Si cette dernière se modifie, on considère qu'il s'agit d'un nouvel unité. La géométrie précédente est conservée si l'on souhaite établir un historique de l'évolution de l'objet représenté. Pour les unités régulières, ce sont les attributs qui héritent en commun de la dimension temporelle.

**Les propriétés thématiques**

La dimension temporelle apparaît sous différentes formes, par exemple :

- La date de création ou de modification de l'entité.
- Un attribut décrivant une propriété temporelle de l'entité, tel un taux de croissance urbaine pour une ville, une durée moyenne d'un événement associé à l'entité, etc.
- Un changement de la valeur d'un attribut décrivant une propriété.

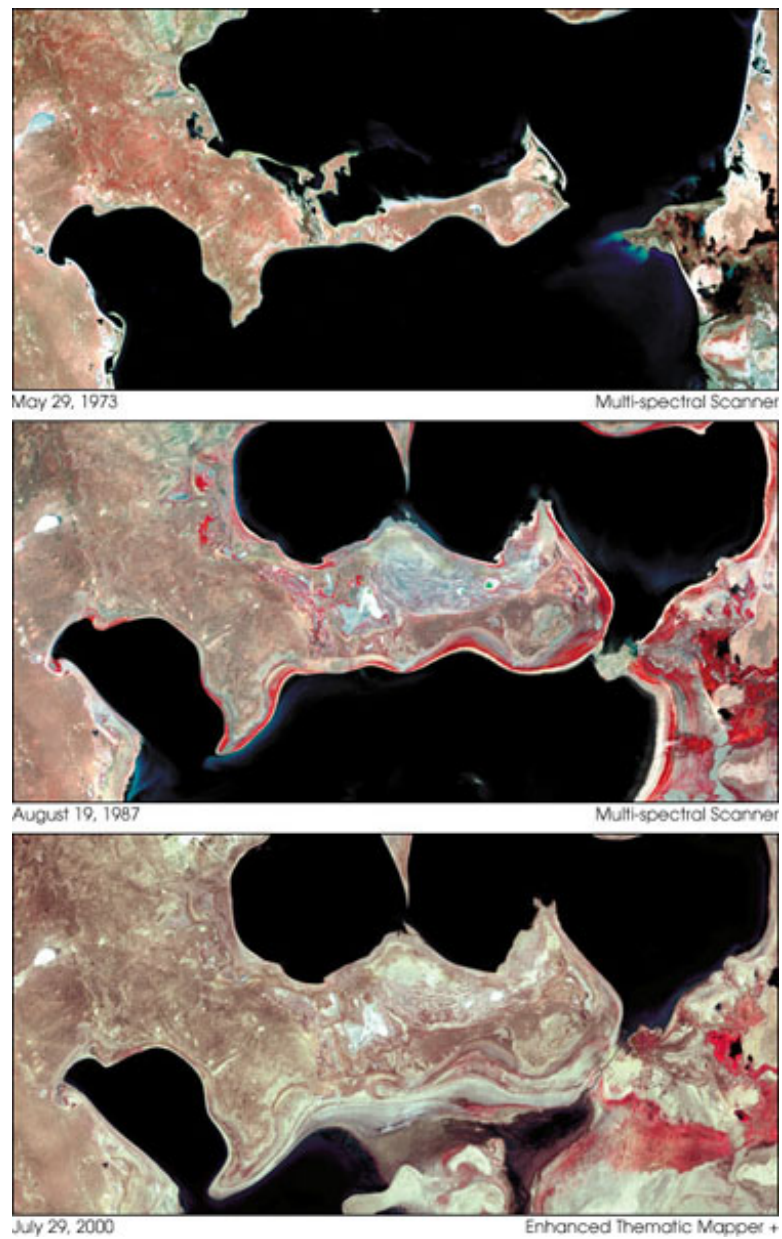


FIG. 4: Evolution d'un biotope : la mer d'Aral au Kazakhstan de 1973 à 2000

**L'information spatiale et ses propriétés**

L'information spatiale est aux SIG ce que l'atome est à la matière : l'élément constitutif. C'est une information sur la réalité localisée dans l'espace ; elle exprime les propriétés spatiale par le géoréférencement et le voisinage, des propriétés thématiques ou temporelles. Elle caractérise, de ce fait, l'unité d'observation. On catégorise l'information spatiale selon son échelle de mesure (nominale, ordinale et cardinale) et selon son origine (mesurée, dérivée, interprétée).

## **Echelle de mesure de l'information spatiale**

L'échelle de mesure exprime la richesse du contenu informatif selon trois niveaux : nominal, ordinal et cardinal.

### **Informations nominales**

Les informations de type nominal expriment des identifications ou des appartenances à des catégories : le nom des êtres et des choses. Elles se formulent par un nom propre ou commun ou par un nombre dont la signification est celui d'un identifiant tel que le numéro de matricule d'un étudiant. Son rôle est celui d'un identifiant désignant un objet en particulier (l'Amazone) ou une classe d'objets (bâtiments administratifs) ou une caractéristique thématique (forêt, blé). Sa traduction numérique est totalement arbitraire, dès l'instant où la diversité des nombres est en accord avec celle des catégories considérées. La faible richesse du contenu informatif limite l'exploitation numérique à quelques opérations logiques et statistiques spécifiques.

### **Informations ordinales**

L'information ordinale exprime un rang dans une classe d'objets, une qualité dans un énoncé hiérarchique tel que petit, moyen, grand. Elle se formule soit par des qualificatifs, soit numériquement. L'expression numérique de ces propriétés qualitatives est relative à l'intérieur d'un intervalle de valeurs défini arbitrairement. Ainsi, le contenu hiérarchique peut s'exprimer entre 0 et 1 ou entre 40 et 70 sans influencer la hiérarchie qui caractérise la relation entre les objets.

### **Informations cardinales ou d'intervalle-rapport**

Par rapport à l'échelle ordinale, celle-ci ajoute une notion de distance entre les propriétés ou valeurs de l'attribut exprimées de manière quantitative. Cette échelle se caractérise par le recours à une unité de mesure constante sur tout son domaine. Cette unité, comme l'origine du système, est arbitraire. Le rapport entre deux intervalles est indépendant de l'unité de mesure et du point zéro. Par exemple, le rapport entre deux températures est identique, qu'il soit exprimé en Celsius ou en Fahrenheit. C'est la catégorie la plus courante de la mesure d'un paramètre physique tel que, notamment, la longueur, la tension électrique, l'intensité lumineuse, la température. A ce niveau de richesse, l'expression de la propriété est nécessairement numérique, le langage textuel n'offrant pas suffisamment de diversité. Il est à noter que ce niveau cardinal est souvent présenté en deux sous-niveaux. Le premier, celui d'intervalle, inclut toutes les unités de mesure pour lesquelles la valeur zéro est arbitraire ; le second, celui de rapport, prend en compte la réalité

physique du zéro absolu s'il existe. Par exemple, pour la température, le zéro absolu définit l'échelle de Kelvin. Cette distinction n'affecte pas ni la richesse du contenu informatif, ni les propriétés numériques dans le contexte habituel de l'exploitation de la BDG. Nous négligerons donc cette distinction dans la suite de notre propos. Les propriétés numériques sont bien plus riches que celles des deux niveaux précédents. Elles autorisent toutes les opérations logiques, arithmétiques et, moyennant quelques précautions supplémentaires, les opérations statistiques.

**Attention :**

Seulement les images peuvent être représentées dans la version PDF ! Les flashes etc. ne sont visibles que dans la version en ligne et sont remplacés en partie par des images d'écran.

FIG. 5: cliquez sur les boutons noirs

**Catégories : mesurée, interprétée, dérivée**

Le mode d'acquisition de l'information exploitée dans un SIG prend toute son importance lorsque l'on se préoccupe de la qualité (précision et incertitude) d'une information et de celle du résultat d'un traitement. On distingue les informations acquises dans l'optique de la constitution de la BDG de celles provenant de la numérisation d'un document existant. Dans ce dernier cas, on distingue 3 catégories d'informations : l'information mesurée, interprétée et dérivée. Sources, catégories et nature des informations spatiales sont étroitement liées. L'origine des sources (les fournisseurs de l'information existante) et les types de sources d'information sont abordés dans le module BDC.

**Information mesurée**

L'information mesurée, ou mesure de terrain, recouvre notamment les propriétés d'une variable acquises à l'aide d'instruments de mesure, le plus souvent électroniques (par ex. la pluviométrie, l'image numérique aérienne ou satellitaire, la hauteur d'eau à un endroit d'un cours d'eau, la granulométrie d'un échantillon de sol), l'inventaire d'une placette ou les réponses à un questionnaire d'enquête. L'information mesurée ne résulte en principe pas d'un calcul (hormis ceux de mise en forme, de transformation d'unité, etc.).

**Information interprétée**

Une information interprétée est une appréciation synthétique produite par un expert comme par exemple l'identification et la description d'une unité paysagère. Elle est appréhendée directement sur le terrain ou sur des documents de première source, une photographie par exemple. Elle contient l'information issue de la perception et de l'interprétation de l'expert. Elle ne peut être produite de manière automatique sur la base de l'inventaire de critères que l'expert est censé appliquer. Au demeurant, ce type d'information est, en partie, intuitive. Il en est ainsi pour bon nombre d'informations proposées dans les cartes thématiques : pédologique, géologique, écologique. L'expert propose une partition de l'espace qui prend un sens en elle-même, indépendamment - dans une certaine mesure - des informations que l'on affecte à ces unités d'observation. Souvent, c'est le cas pour les unités pédologiques ou pour les unités écologiques (cf. Cartes écologiques du Québec) ; les sondages ou relevés sont réalisés ultérieurement pour caractériser les unités spatiales définies de sorte qu'un paramètre peut présenter une forte variabilité spatiale à l'intérieur de l'entité sans produire une remise en cause du premier découpage. Ce type d'informations est entaché d'une

incertitude liée à l'inévitable subjectivité de l'expert. Les informations acquises par numérisation d'un document cartographique relèvent d'une même logique. La carte résulte en effet de démarches de modélisation qui lui sont propres. Si des informations qu'elle contient sont insérées dans un SIG par numérisation des unités graphiques et par report des informations symboliques, l'opérateur est contraint d'estimer tant la fiabilité que la précision des informations et d'introduire cette méta-information dans la base de données.

### **Information dérivée**

Une information est dite dérivée lorsqu'elle est produite à partir de paramètres acquis séparément et combinés par des opérations logico-mathématiques : la pente et l'orientation calculées à partir d'un modèle numérique d'altitude (MNA), l'aptitude d'un sol en référence à une espèce végétale, les indices et pourcentages socio-économiques. Sa qualité est aisée à apprécier dans la mesure où celles de variables originales ainsi que les opérations appliquées sont explicitées. A cette catégorie se rattache également une classe de variables qui occupe, dans les SIG appliqués aux sciences naturelles, une place prépondérante : les variables régionalisées telles que définies par Matheron et Krige. Il s'agit de variables définies en tout point de l'espace et supposées présenter une autocorrélation spatiale. Elles sont acquises par échantillonnage et estimées ensuite aux points représentatifs du système d'information par interpolation. La loi décrivant l'évolution spatiale de la variable en référence au point de mesure est examinée à l'aide d'instruments statistiques offerts par l'analyse structurale. L'avantage de l'approche proposée par Matheron réside dans la possibilité d'estimer l'incertitude affectant les valeurs interpolées. Les variables régionalisées ainsi que l'analyse structurale sont présentées dans le module d'analyse spatiale BAN.

**Sommaire**

La partition de l'espace en entités (irrégulières ou régulières) est réalisée dans un but descriptif dans un premier temps. Elle consiste à établir l'inventaire des éléments que l'on suppose jouer un rôle significatif dans le comportement de l'espace étudié et à décrire leurs propriétés au moyen d'attributs. Puis, on s'est attaché à déterminer les relations liant les éléments et orientant le comportement global du système. La modélisation de la réalité a également eu recours à l'introduction d'informations complémentaires, sous forme d'entités non-spatiales, telles un tableau des normes légales édictées à propos de doses admissibles de polluants.



## **Glossaire**

**Definition :** L'unité spatiale d'observation se définit comme un élément constitutif de l'espace géographique qui, d'un point de vue informationnel, ne peut se décomposer en sous-unités.