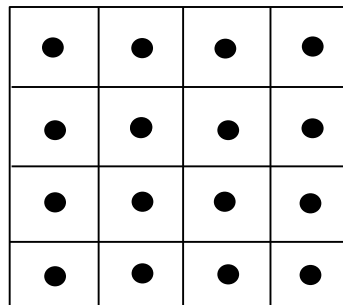


1. Le mode maillé (raster)

1.1. Discrétisation spatiale

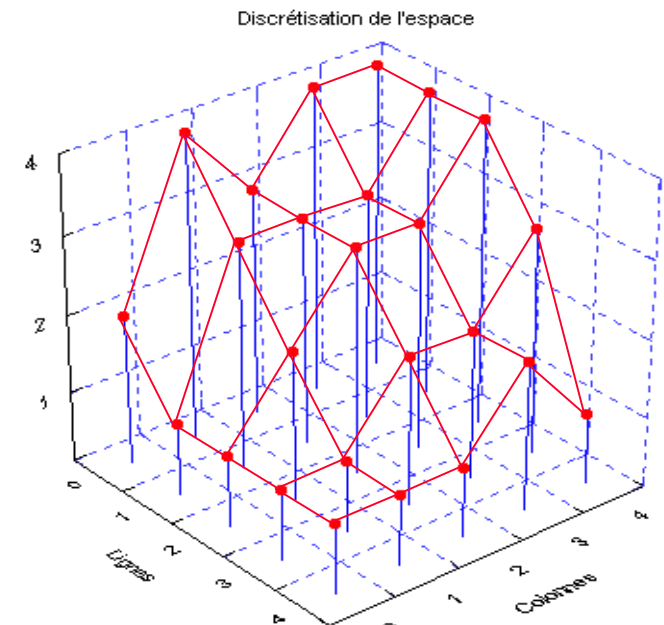
- » Examen d'un **phénomène** géographique à travers **une grille** (mailles carrées, plus rarement rectangulaire) d'analyse. L'application de la grille provoque une **discrétisation** spatiale régulière du phénomène géographique.
- » La grille constitue une **couche** de données renseignant à la fois sur l'aspect **géométrique** et l'aspect **attributaire** du phénomène géographique.
- » Chaque point de la grille correspond au **centre** d'un pixel de même **emprise spatiale**
 - Tous les pixels ont les mêmes dimensions (largeur / hauteur)
 - Chaque centre est associé à un couple de **coordonnées** (géographiques ou cartographiques) et à une valeur **attributaire** (ex: altitude, occupation du sol, ...)
 - Dans l'interface cartographique du SIG, chaque pixel du raster est coloré en fonction de sa valeur



- Centre du pixel
- Emprise spatiale du pixel

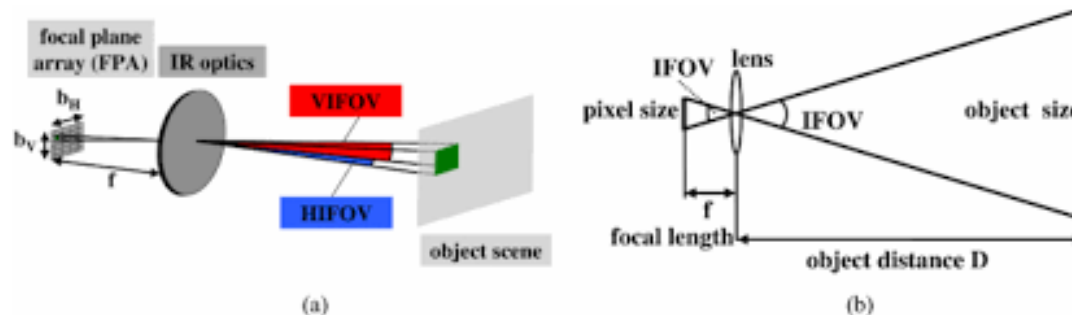
1.2. Conceptuellement

- » **Soit** un **réseau régulier de points cotés**, également espacés en ligne et en colonne.
 - Le phénomène géographique est **mesuré** en chaque point de la grille – correspond à un **sondage systématique** à 2 dimensions d'un phénomène **quantitatif** spatialement **continu**.
 - Structure équivalente à celle d'un *Grid* ou *Lattice* en mode vectoriel.
 - Mais la mesure est « **étendue** » à la **surface** de la maille autour de chaque point (interpolation)



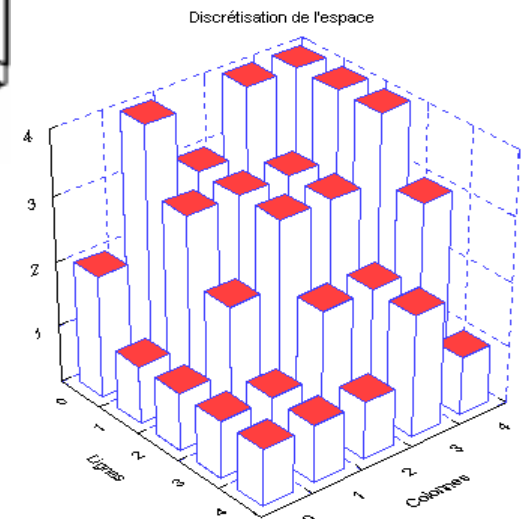
*Réseau régulier de sommets
(sondage systématique à 2 dimensions)*

- » Soit un **carroyage** constitué de **carreaux** identiques et jointifs.
 - Soit, les valeurs **quantitatives** d'un phénomène **spatialement continu** sont **agrégées** / intégrées à la surface de chaque carreau.
 - Principe du capteur imageur : intégration de la quantité d'énergie lumineuse réfléchie dans le champ de l'IFOV (mode « image » = mode maillé = mode raster).



Relation IFOV - pixel avec un capteur imageur

- Soit, le phénomène est **évalué qualitativement** à l'intérieur de chaque carreau, où il est censé présenter une valeur **homogène sur toute la superficie** – applicable en première analyse à un phénomène **zonal** spatialement **contigu**.

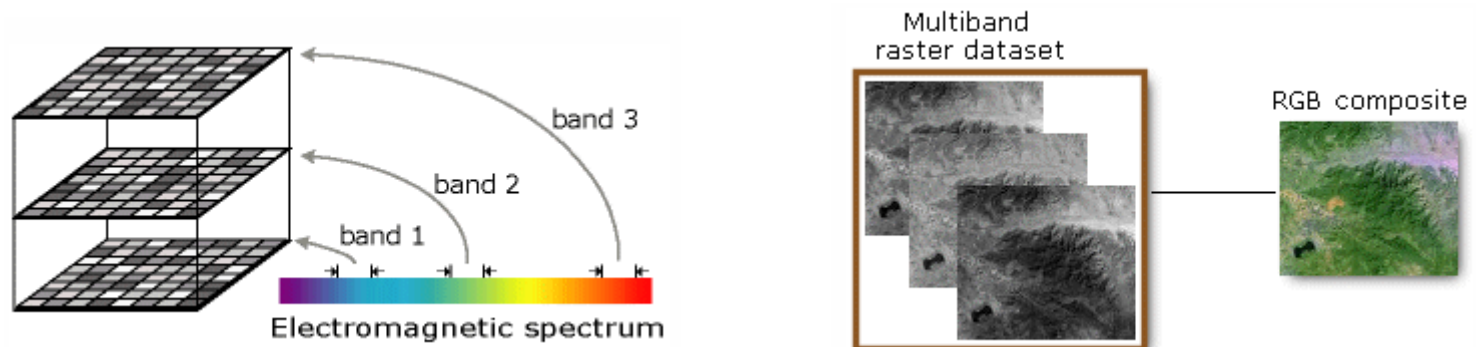


*Carroyage à mailles carrées
(valeur uniforme à la surface de la maille)*

1.3. Construction des rasters

» Enregistrement en mode **image**

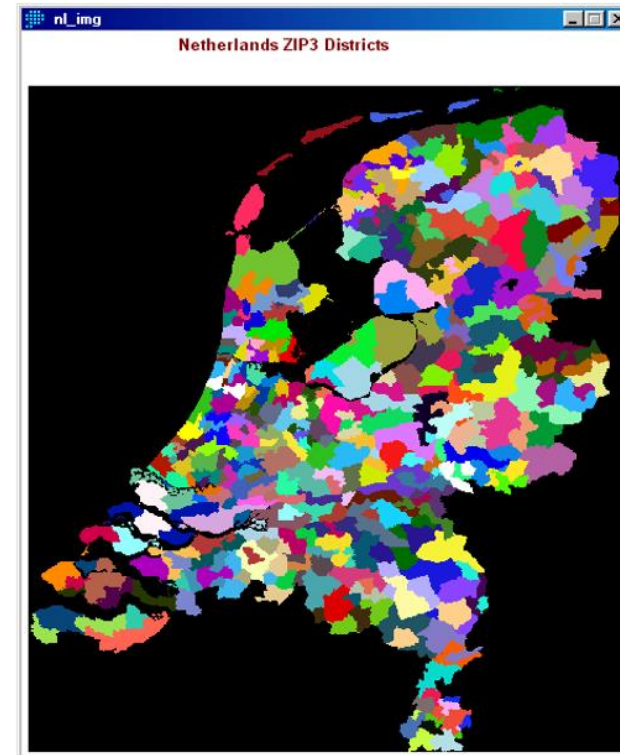
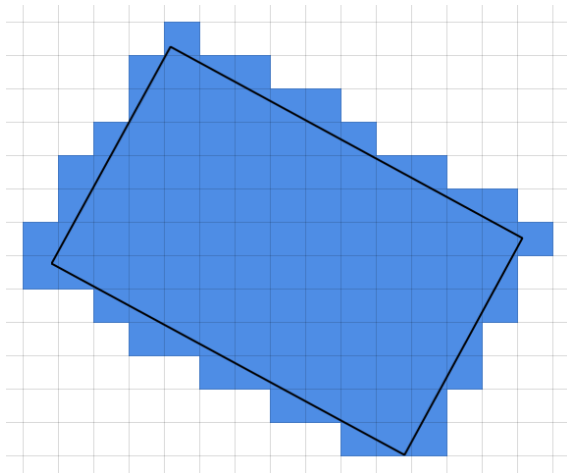
- Les pixels du raster correspondent aux pixels de la surface sensible du capteur
- Les valeurs des pixels correspondent aux quantités d'énergie lumineuse enregistrées par chaque cellule du capteur, dans une **bande** précise du spectre électromagnétique, recodées numériquement sur un **nombre entier** de bits.
- *Exemples typiques de données géographiques :*
 - *Images géolocalisées, enregistrées par des capteurs imageurs embarqués (drones, avions, satellites) : domaine de la photogrammétrie numérique et de la télédétection.*
 - *Images construites par le scannage de documents analogiques (plans, cartes, photos), géolocalisées a posteriori.*



Exemple de raster issu d'un capteur (mode « image »)

» Rasterisation d'entités spatiales vectorielles

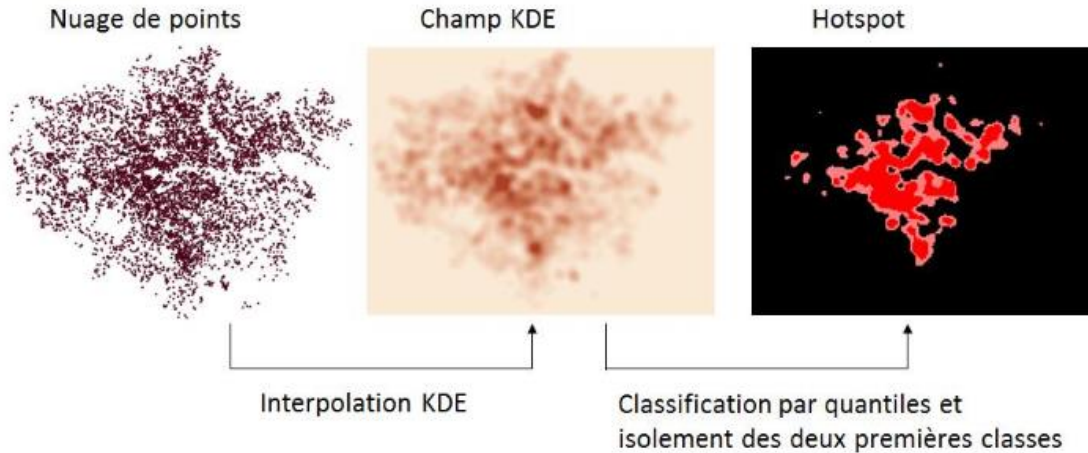
- L'**extension** du raster est choisie a priori pour couvrir une surface (territoire) à une **résolution** donnée.
- Les valeurs des pixels, **réelles ou entières**, sont celles d'un attribut choisi du type d'entités vectorielles rasterisées, à l'endroit des seuls pixels couverts par les entités.



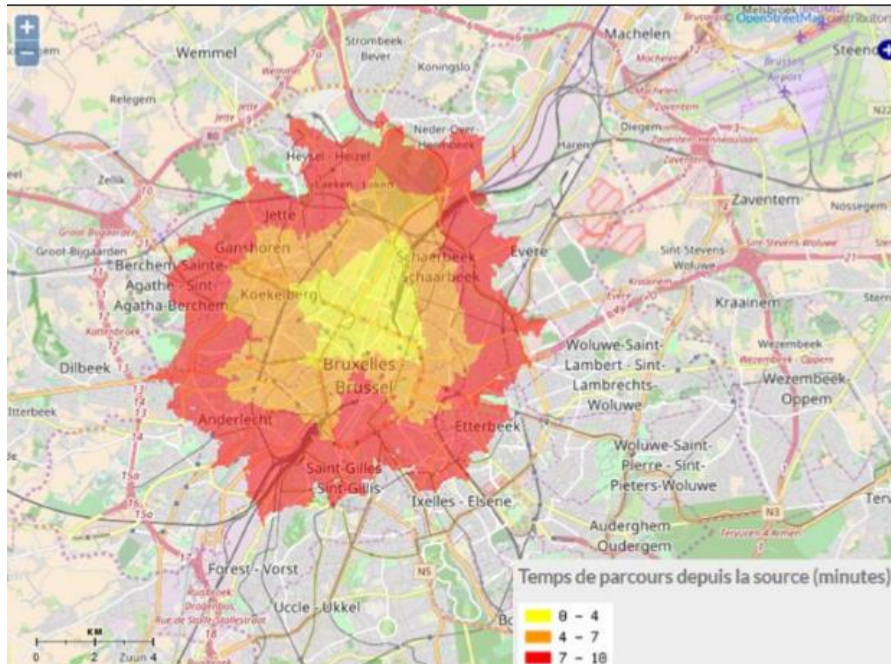
Exemples de rasterisation d'objets vectoriels

» Construction par **traitement de données** (modélisation, etc.)

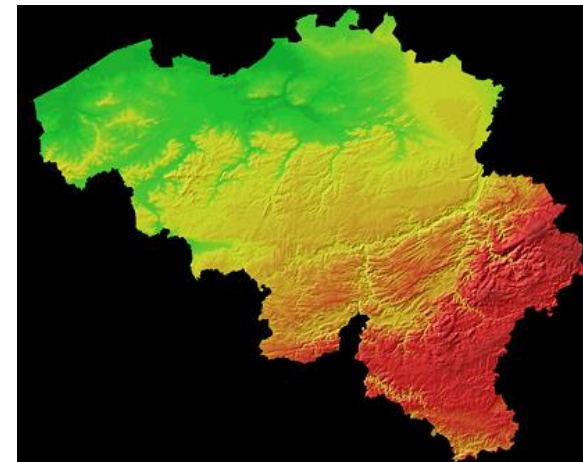
- L'extension du raster est choisie a priori pour couvrir une surface (territoire) à une résolution donnée.
- Les valeurs des pixels, **réelles ou entières**, sont calculées, pixel par pixel, sur base d'un traitement mettant en œuvre des données quantitatives et/ou qualitatives distribuées spatialement sur la surface (territoire) en mode vectoriel ou raster.
- *Exemples typiques de données géographiques :*
 - **Quantitatifs** (valeurs réelles) :
 - MNT par interpolation entre points cotés.
 - MNT par photogrammétrie numérique.
 - Surface thématique (accessibilité, coût, etc.) par modélisation (propagation, « Kernel Density Estimation » ou KDE...).
 - **Qualitatifs** (valeurs entières) :
 - Nomenclature issue d'une classification de données raster multivariées (occupation du sol...) → **Télédétection**
 - Ordonnancement issu d'une analyse comparative intégrant des données diverses (analyse multicritère...).



*Exemple de raster
issu d'un traitement
KDE*



*Exemple de surface d'accessibilité (avec
classification des pixels en 3 catégories)*

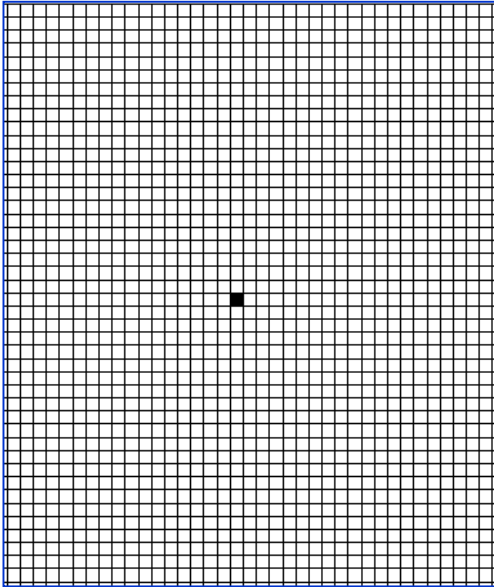


*Exemple de raster
traduisant l'altitude en
Belgique (MNT)*

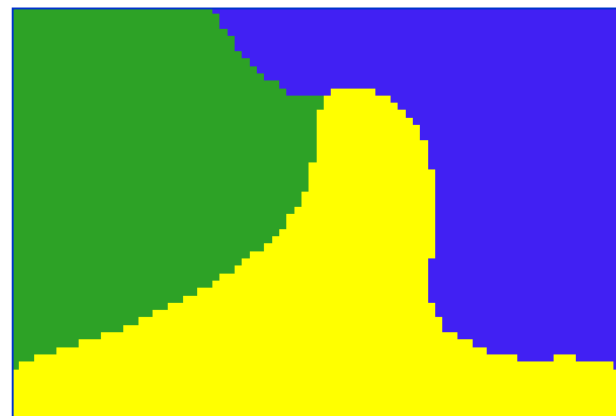
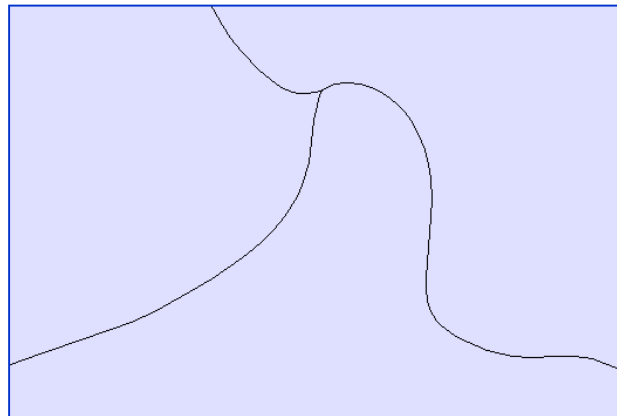
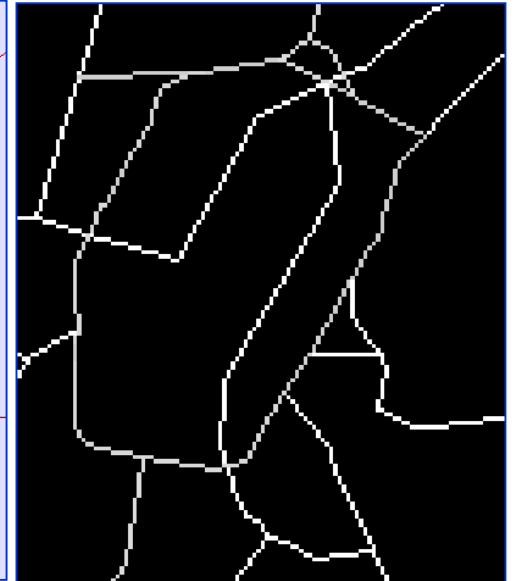
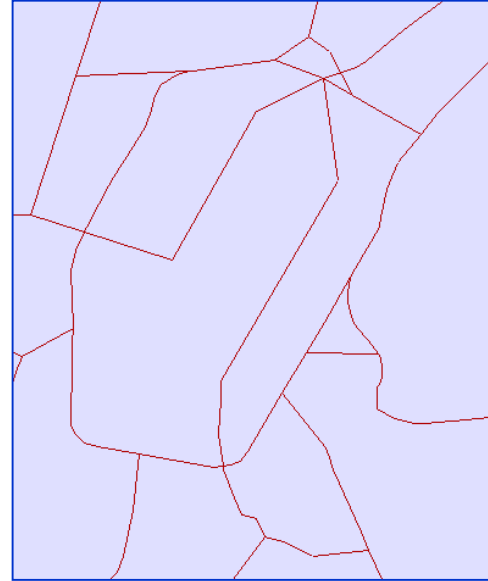
2. Transcription des phénomènes géographiques

» 2.1. Des entités vectorielles discrètes au mode maillé

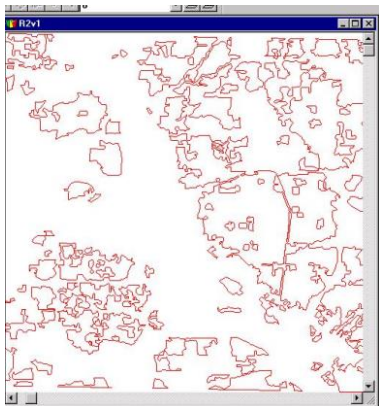
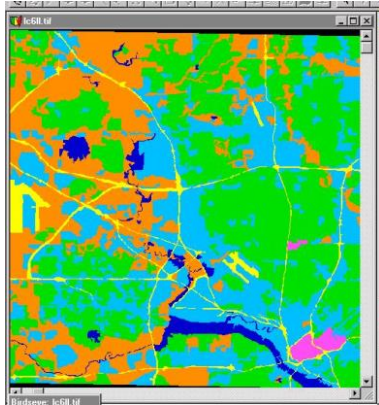
- Passage d'une **primitive** graphique ponctuelle, à une primitive graphique surfacique (pixel).
- Toutes les entités discrètes vectorielles sont transcrites en mode maillé sous la forme d'un ou plusieurs pixels, soit par **rasterisation** (« V2R »), soit par **scannage**.
- La notion vectorielle d'entité spatiale discrète **disparaît** et est remplacée par celle de pixel ou de **groupe** de pixels.
 - Tous les pixels couvrant une entité discrète présentent **la même valeur** dans le raster (homogénéité implicite des entités discrètes).
- Le nombre et la disposition des pixels couvrant une entité discrète dépendent :
 - De la forme et de la taille de l'entité.
 - De la **résolution** géométrique choisie pour l'image (V2R) ou des résolutions géométrique et radiométrique du scanner.
- Les entités **non contiguës** et les régions d'analyse non rectangulaires laissent dans la grille des valeurs **NODATA**.



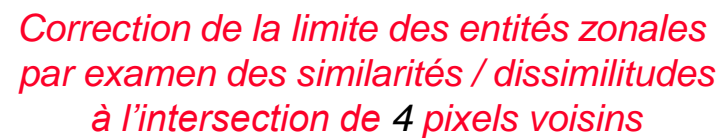
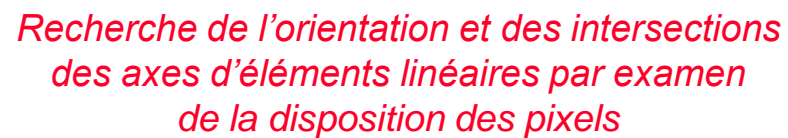
*Problèmes
de qualité
des données
liés à la résolution
du mode maillé*



» 2.2. Du mode maillé aux entités vectorielles discrètes

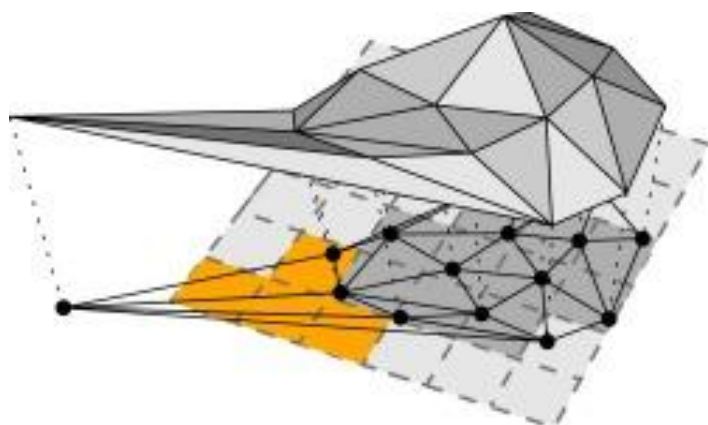


- Tous les pixels de la grille présentant la même valeur (ou des valeurs situées dans un même intervalle) peuvent être **interprétés** comme constitutifs **d'une même entité spatiale** discrète.
 - **Simple** si les pixels considérés sont **jointifs** (4 / 8 connexes), **composée** sinon.
- Le groupe de pixels (ou le pixel isolé) interprété comme une entité spatiale discrète peut être reconstitué par **vectorisation** (« R2V »)
 - **Point** : centre d'un pixel ou d'un groupe de pixels jointifs.
 - **Ligne** : axe d'un groupe de pixels jointifs et alignés.
 - **Polygone** : limites extérieures d'un groupe de pixels jointifs.
- Cependant, les **altérations** de distance, de direction et de superficie inhérentes au mode maillé sont **propagées** lors de l'extraction des entités vectorielles (longueur / périmètre, forme et superficie altérées).
 - **Correctifs** appliqués lors de la création d'entités linéaires et zonales par examen de la **disposition** des valeurs des pixels jointifs (et généralisation des entités a posteriori).



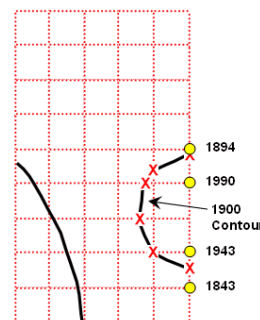
» 2.3. Mode maillé et phénomènes spatialement continus

- La transposition en mode maillé de phénomènes spatialement continus utilise le **rééchantillonnage** et l'**interpolation** sur une **grille à mailles carrées**, quelle que soit la définition vectorielle du phénomène:
 - Réseaux réguliers de points cotés (simple transposition possible en utilisant l'analogie grille carrée – mode maillé).
 - Réseaux irréguliers de points cotés (TIN).
 - Courbes de niveaux

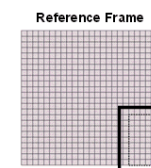


TIN → Raster

... **Contour Lines** connect interpolated positions on the lattice frame

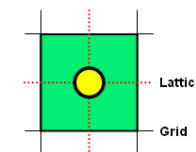


Contour → Raster

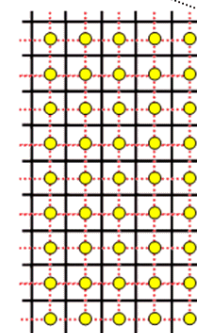


... **Data Values** are positioned at specific X, Y coordinates ●

... **Grid lines** form cells with values at the center —

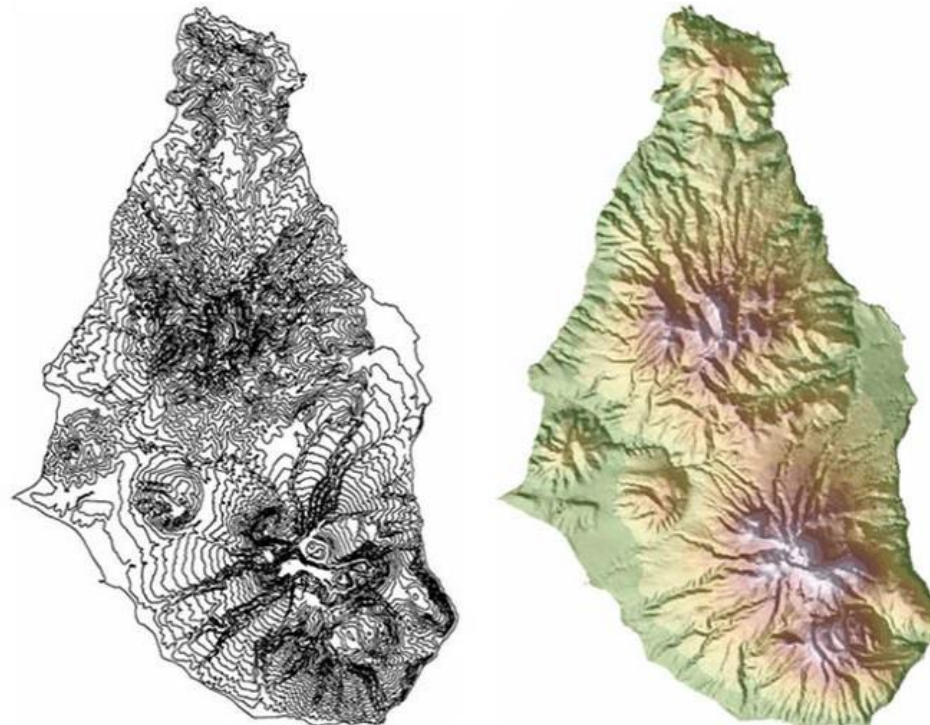


... **Lattice lines** intersect at the values



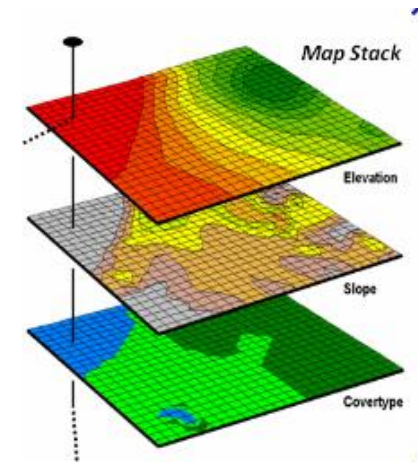
Raster ← Grid

- Des entités **vectérielles** peuvent être extraites au départ du mode maillé.
 - Grille régulière de points cotés (analogie aux centres des pixels).
 - Points quelconques : par interpolation.
 - Courbes et polygones entre courbes : par **classification**.



2.4. Collection de rasters

- En mode maillé, **chaque pixel** présente une et **une seule valeur** (spatialisation d'un attribut d'entités discrètes ou d'un phénomène continu).
- Le concept de collection d'images est utile lorsqu'il faut considérer **simultanément** :
 - Soit **plusieurs attributs** d'une même série d'entités.
 - Soit un **attribut multivalué**
- La collection d'images s'applique en particulier pour :
 - Les **images** codées dans un **espace chromatique** (ex. *RVB, TSI, CMJN, etc.* – *photographie numérique, scanner, etc.*).
 - Les **images multispectrales** obtenues par scannage dans différentes bandes du spectre électromagnétique (catégorie spécialisée de la précédente – ex. *scanner embarqué*).
 - Les **collections statistiques** (ex. *composantes principales, séries temporelles, etc.*).



TM Band	Wavelength (μm)		
6	10.4 - 12.5		Thermal Infrared
7	2.08 - 2.35		Shortwave Infrared
5	1.55 - 1.75		Shortwave Infrared
4	0.76 - 0.90		Near Infrared
3	0.63 - 0.69		Red
2	0.52 - 0.60		Green
1	0.45 - 0.52		Blue

• 3. Définition physique du raster

– 3.1. Grille numérique

» Du point de vue physique, le raster géoréférencé, comme n'importe quelle image, est un tableau informatique à deux dimensions (« array »)

- Array = **grille numérique** = liste ordonnée de valeurs numériques (ex: altitude) structurée selon 2 dimensions raster R (rangée) et C (colonne)
 - Chaque valeur est indexée dans la grille de 0 à $N-1$ (N = nombre total de pixels)
 - Chaque valeur (pixel) peut ainsi être retrouvé grâce à ses coordonnées dans **l'espace raster** (R, C) correspondant respectivement à son numéro de rangée (r) et son numéro de colonne (c). Les coordonnées (r, c) démarrent aussi à 0.
 - L'index d'une valeur de la grille numérique, en connaissant ses coordonnées (r, c), peut être retrouvé via la formule

$$i_{r,c} = r * N_C + c \quad \text{avec } N_C = \text{nombre total de colonnes}$$

- Le système de coordonnées (r, c) de l'espace raster à son origine dans le coin supérieur gauche du tableau

- Par exemple, la grille numérique d'un raster à 3 rangées et 4 colonnes pourrait être:
 - **[1,1,1,3,1,1,3,3,4,4,4,3]**
 - L'index du pixel de coordonnées ($r=1, c=3$) est $1*4+3=7$
 - Et sa valeur est **3**

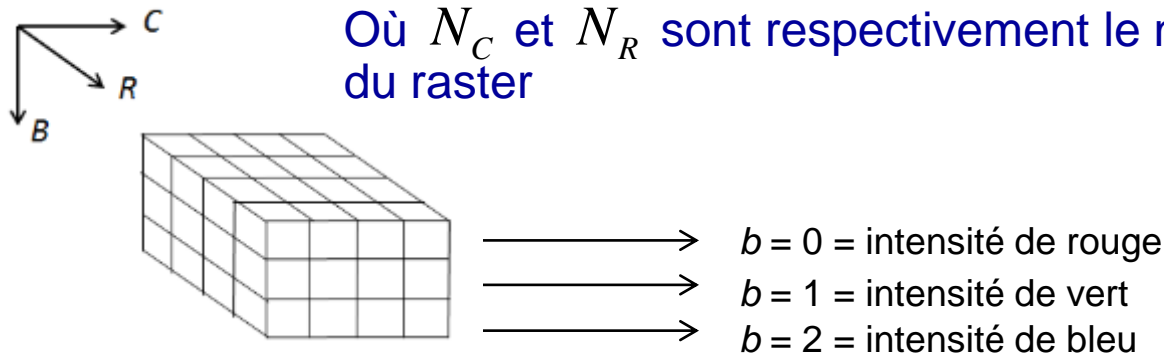
	C		
R	1	1	1
	1	1	3
	4	4	4
			3

– 3.2. Cube numérique

- » Avec un raisonnement similaire, il est possible de stocker plusieurs attributs par pixel du raster en exploitant un array à 3 dimensions
 - La troisième dimension (B) est généralement exploitée pour stocker les intensités des différentes bandes spectrales d'une image (par exemple: Rouge, Vert, Bleu)
 - La formule pour retrouver l'index d'un pixel en connaissant ses coordonnées raster (b, r, c) est:

$$i_{b,r,c} = b * N_R * N_C + r * N_C + c$$

Où N_C et N_R sont respectivement le nombre de colonnes et de rangées du raster



- Il est théoriquement possible de modéliser un raster à N dimensions avec le même raisonnement (entrepôts de données multidimensionnels, format NetCDF, ...)

– 3.3. Codage des valeurs

» La grille numérique du raster ne peut contenir que des valeurs numériques

- Binaire (« boolean »)
 - 1 bit
- Entier (« integer »)
 - 8 bits, 16 bits ou 32 bits
 - signés ou non signés
- Réel (« float »)
 - 32 ou 64 bits

– 3.4. Valeur « No Data »

» Vu l'indexation de la grille numérique sur base de l'ordre des valeurs, l'absence de donnée pour un pixel doit tout de même être renseignée par une valeur spécifique non-ambigüe avec les données

- Ex: 0, -1, 999999, ...
- Désavantage du raster par rapport au vecteur: l'absence de données sur le territoire consomme aussi de l'espace de stockage.

– 3.5. Métadonnées spatiales

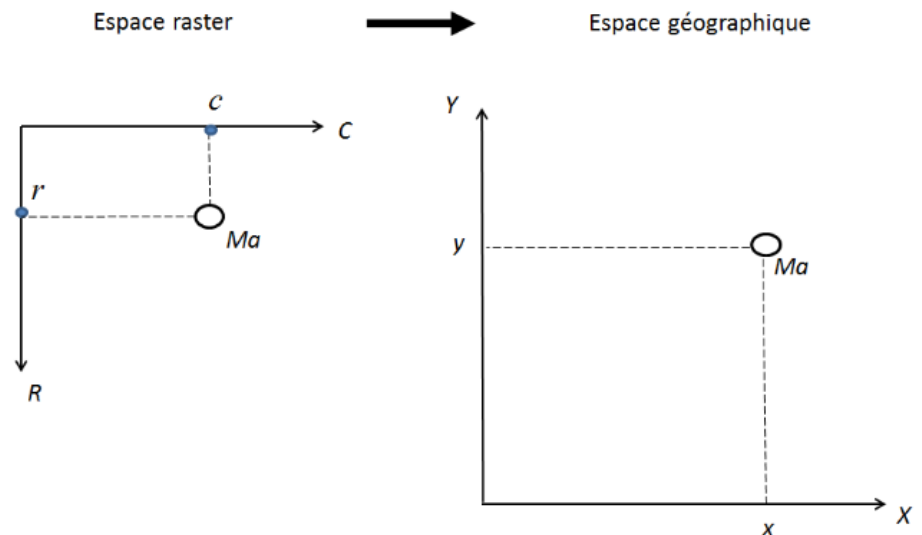
» Le passage du système de coordonnées raster (c, r) vers un système de coordonnées cartographique (x, y) nécessite l'application d'une transformation de **Helmert**, c'est-à-dire:

- Une homothétie en X et en Y (donnée par A et E)
- Une translation en X et en Y (donnée respectivement par C et F)
- Une rotation du système de coordonnées (donnée par B et D)

$$x = A * c + B * r + C$$

$$y = D * c + E * r + F$$

- 6 paramètres (A, B, C, D, E, F) sont donc nécessairement stockés dans les métadonnées pour qu'un raster soit géoréférencé.



» En pratique:

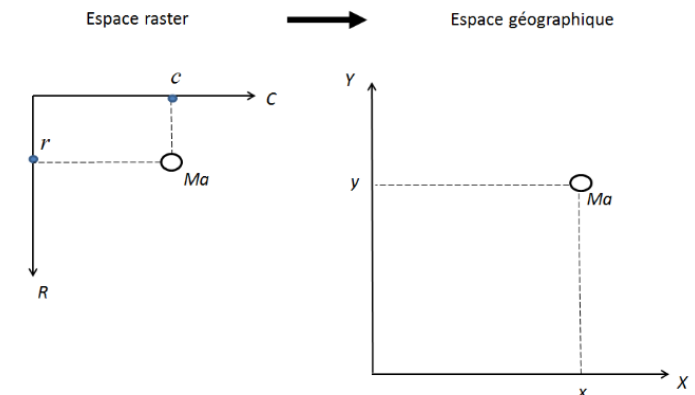
- La rotation entre les deux systèmes est presque toujours nulle (l'axe R de l'espace raster pointe vers le Sud).
- L'homothétie en X et Y est presque toujours identique
 - Mais l'axe R (raster) est inversé par rapport à l'axe Y (cartographique)
- On a donc affaire à une simple translation et mise à l'échelle

$$x = A * c + C$$

$$y = -A * r + F$$

- A correspond à la **résolution spatiale** du raster (par exemple: 10m / pixel)
- C et F sont toujours les paramètres de **translation** en X et Y
 - *Correspond aux coordonnées cartographiques du coin supérieur gauche du raster*

» Les SIG réclament tout de même les 6 paramètres pour couvrir tous les cas possibles



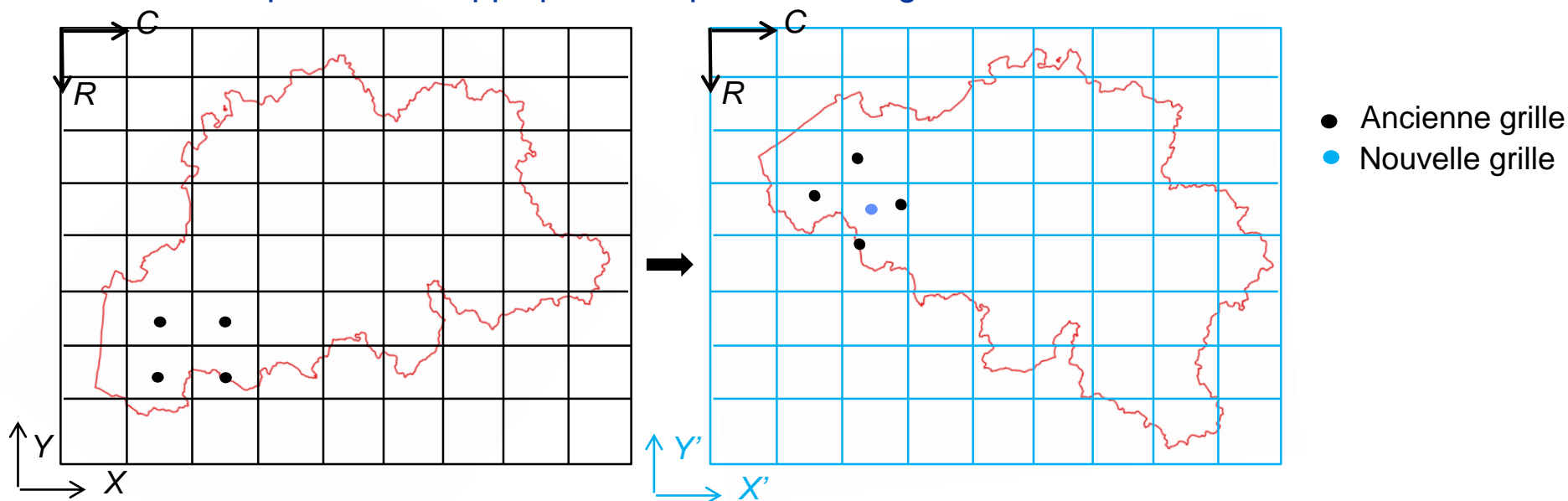
» SRID

- Comme pour les données vectorielles, le raster doit évidemment être associé à un SRID connu avec la définition exacte de son système de coordonnées (WKT et Proj4) ➔ voir chapitre précédent.

• 4. Rééchantillonnage (« resampling »)

– 4.1. Problématique

- » Contrairement aux données vectorielles, le passage d'un système de coordonnées à l'autre, pour un raster, ne se limite pas à une « simple » transformation de coordonnées
 - Cela nécessite aussi une redéfinition de la grille sur le territoire et donc un nouveau sondage
 - Les nouveaux points sondés, aux coordonnées bien connues, doivent être associés à des nouvelles valeurs attributaires par interpolation sur base des valeurs de l'ancienne grille
- » Le problème s'applique aussi pour un changement de résolution



» Il existe différentes méthodes de rééchantillonnage en fonction du caractère continu ou discret de l'information attributaire des raster

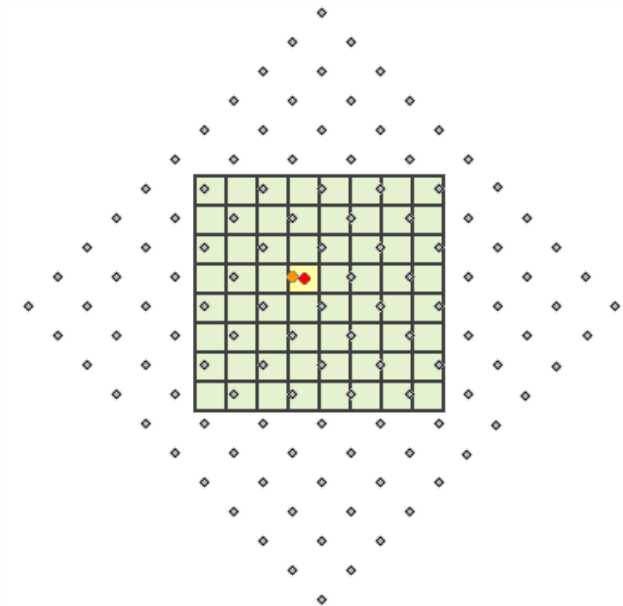
– 4.2. Rééchantillonnage pour données discrètes

» **Au plus proche voisin** « Nearest Neighbor »)

- Un point de la nouvelle grille prend la valeur du point le plus proche dans l'ancienne grille
- Méthode la plus simple et la plus rapide

» **Majorité** (« majority resampling »)

- Un point de la nouvelle grille prend la valeur la plus fréquente de l'ancienne grille dans une fenêtre de filtrage centrée sur ce point (par exemple: 100m x 100m)
- Méthode la plus utilisée pour l'occupation du sol



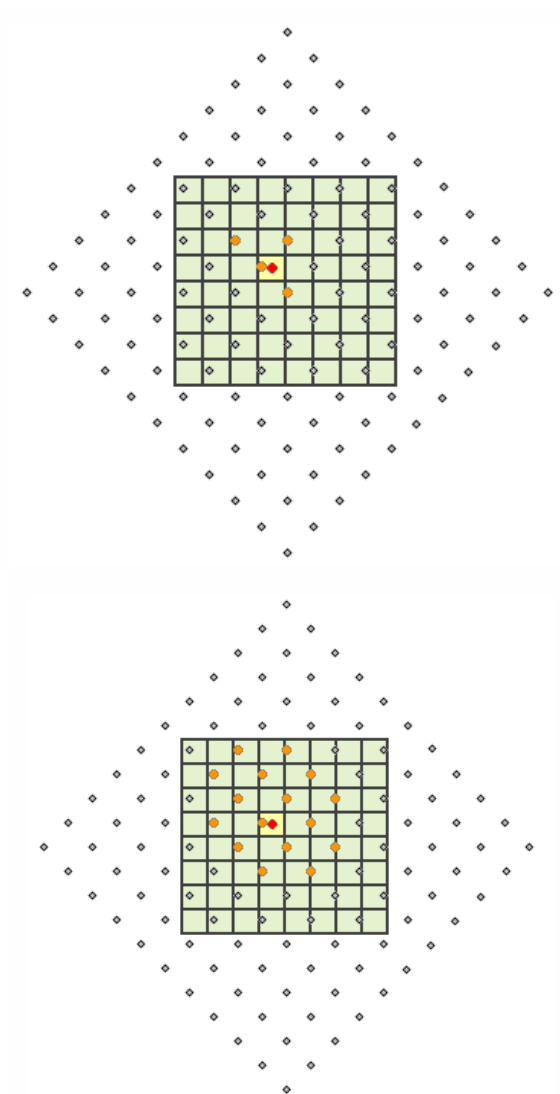
– 4.3. Rééchantillonnage pour données continues

» Interpolation bilinéaire (« Bilinear interpolation »)

- La valeur d'un point de la nouvelle grille est calculée sur base des **4 points** de l'ancienne grille les plus proches.
 - Moyenne pondérée des valeurs de ces 4 points où le poids est inversement proportionnel à la distance au point de la nouvelle grille
- Lissage modéré, traitement rapide

» Interpolation à convolution cubique (« Cubic Convolution Interpolation »)

- Idem que l'interpolation bilinéaire en tenant compte des **16 points** les plus proches
- Lissage important, traitement plus lent



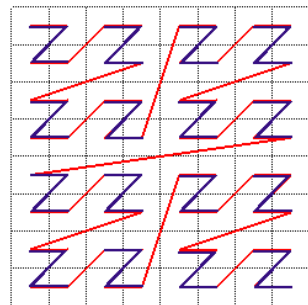
- 5. Optimisation des traitements raster

- 5.1. Problématique

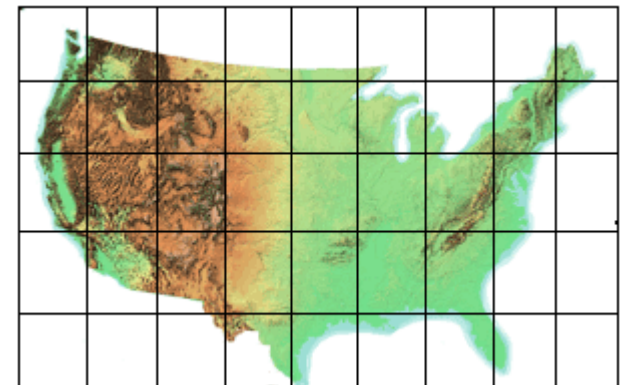
- » En pratique, un raster peut contenir une très grande quantité d'information (plusieurs centaines de Mo, voire plusieurs Go) en raison de:
 - La **taille du territoire (couverture)**
 - Pour une même résolution spatiale, un plus grand territoire augmente le nombre de pixels
 - La **résolution spatiale**
 - Pour un même territoire, une résolution spatiale plus fine augmente le nombre de pixels
 - Le **codage** des valeurs de la grille numérique (nombre d'octets par pixels)
 - » Les **traitements** (analyse, affichage) de grands jeux de données consomment beaucoup de ressources de la machine (serveur)
 - » Deux grandes techniques permettent l'allégement des traitements sur les grands rasters
 - Le **tuilage**
 - Les **pyramides**

– 5.1. Tuilage

- » Un jeu de données raster peut être découpé en plusieurs tuiles
 - Tuile = sous-ensemble de la grille numérique disposant de ses propres métadonnées (spatiales et non-spatiales)
 - Plutôt qu'une « grande grille », le système gère plusieurs « petites » (de l'ordre de 100 x 100 pixels)
- » **Intérêt:**
 - certains traitements ne nécessitent pas l'ensemble du jeu de données raster, par exemple: analyse d'une portion définie de la couverture
- » Un tuilage peut être **régulier ou irrégulier, continu ou discontinu**
- » Le type de tuilage va influencer la quantité de **métadonnées** et **l'indexation** des tuiles (modèle Oracle vs modèle PostGIS)
 - Exemples d'indexation: Indexation par une courbe de Peano (tuilage régulier), Stockage de la « bounding box » de chaque tuile



Exemple d'indexation par une courbe de Peano



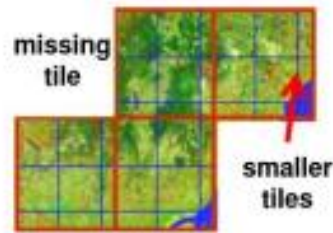
Exemple de tuilage régulier d'un raster

Non-tuillé



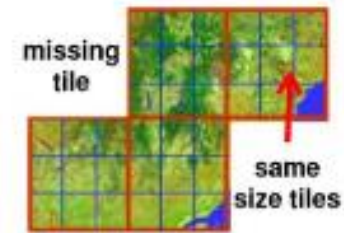
a) warehouse of untiled and unrelated images (4 images)

Irrégulier et discontinu



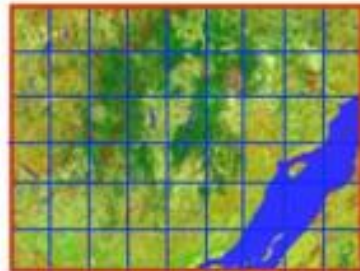
b) irregularly tiled raster coverage (36 tiles)

Régulier et discontinu



c) regularly tiled raster coverage (36 tiles)

Régulier et continu



d) rectangular regularly tiled raster coverage (54 tiles)



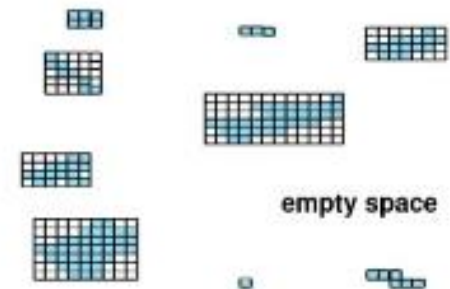
Table 1



Table 2

e) tiled images (2 tables of 54 tiles)

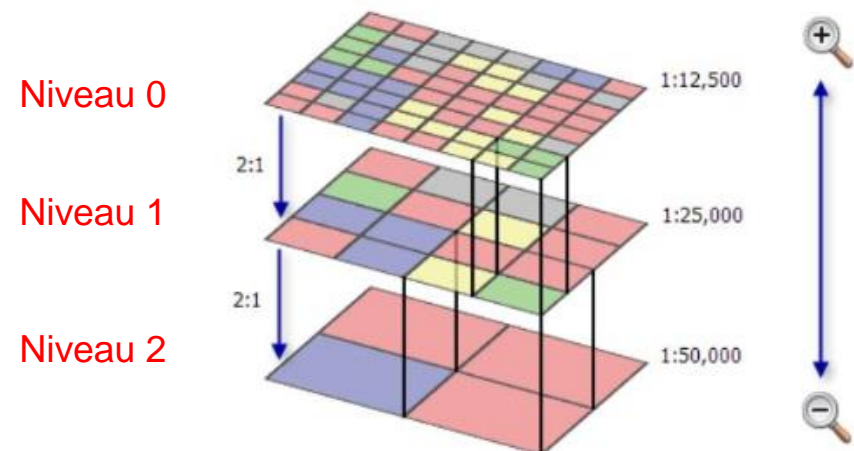
Irrégulier et discontinu



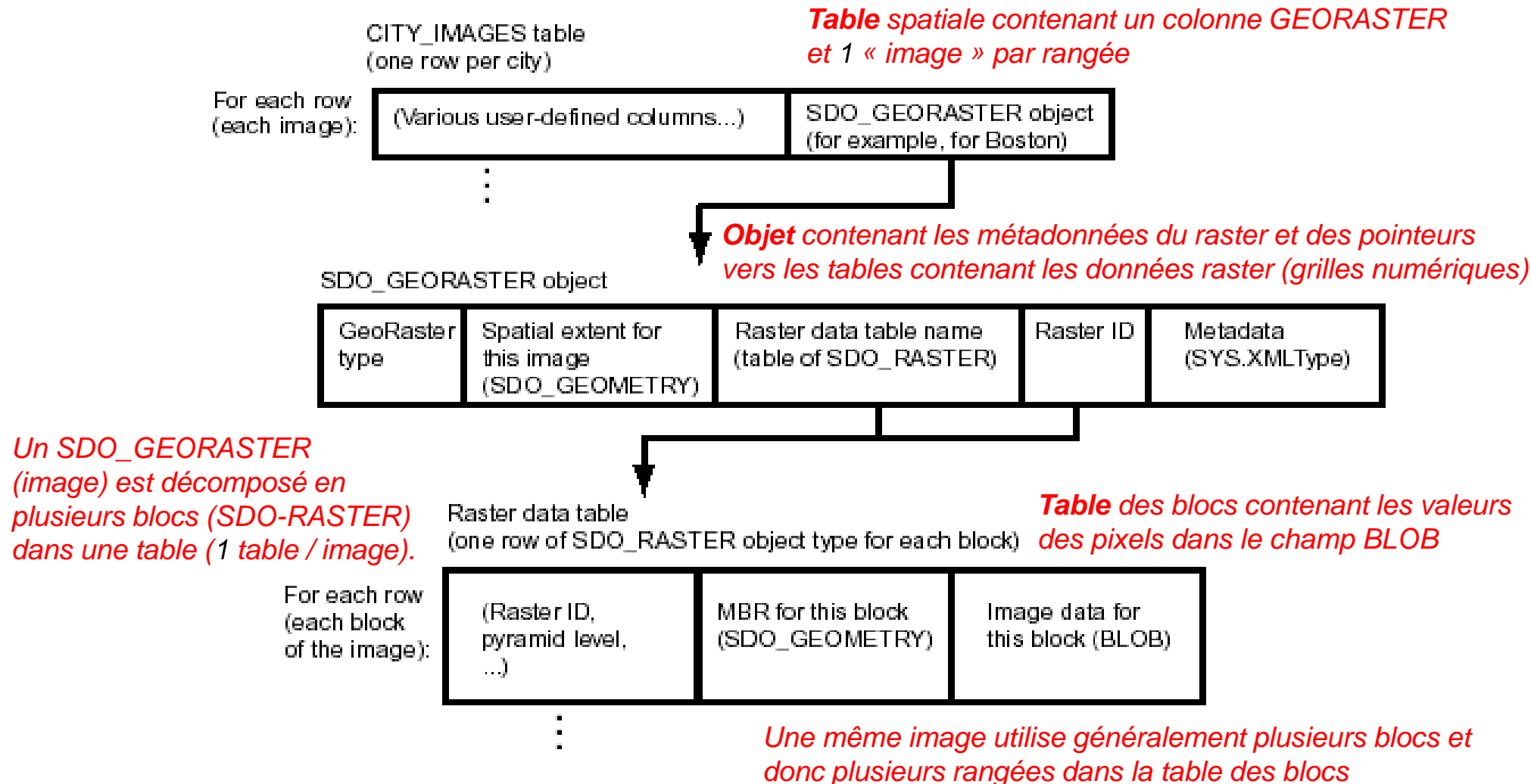
f) rasterized geometries coverage (9 lines in the table)

– 5.2. Pyramides

- » En fonction de **l'échelle d'analyse**, il n'est pas forcément nécessaire d'exploiter la résolution spatiale la plus fine du raster
- » Optimisation par stockage du même raster à plusieurs **niveaux de résolutions** → **Pyramide**
 - Les niveaux supérieurs (à résolution plus grossière) sont construits par **agrégation des pixels** du niveau inférieur.
 - La technique d'agrégation dépend encore une fois du caractère **continu** ou **discret** de l'information **sémantique**. Par exemple:
 - Agrégation par la moyenne pour du continu
 - Agrégation par la majorité pour du discret
- » Typiquement, les pyramides sont utilisées pour optimiser les fonctions d'affichages « zoom in » et « zoom ou »
- » Les différents niveaux de pyramides peuvent être tuilés



– 5.3. Exemple de gestion des pyramides et tuiles raster dans le SGBD Oracle

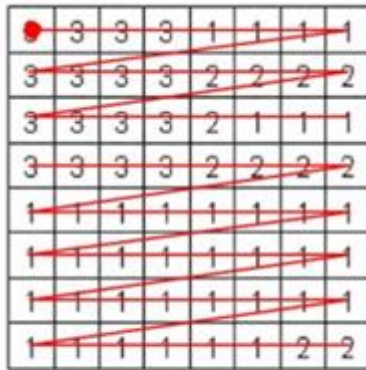


6. Forme numérique des données en mode maillé

6.1. Fichiers graphiques « images » simples

- » Les rasters sont enregistrés dans des fichiers (binaires) dans des formats divers à raison de un (ou plusieurs) raster(s) par fichier (collection de rasters).
- » Les fichiers sont formés de 2 parties distinctes (parfois séparées dans 2 sous-fichiers) correspondant à l'**en-tête** et au « **bitmap** ».
 - L'**en-tête** reprend les métadonnées indispensables à l'interprétation du raster (nombres de lignes et colonnes, codification des valeurs des pixels, etc.). Son format est défini par le type de fichier.
 - Le « **bitmap** » reprend le contenu du ou des rasters, ç-à-d la succession des **valeurs des pixels** dans l'ordre d'une **structure par rang** (grille numérique, voir point 3.1)
 - La partie **bitmap** peut faire l'objet d'une **compression** (optionnelle ou non, avec ou sans perte (fichier « *raw* » toujours sans compression).
 - Les collections de rasters sont enregistrées dans un format soit entrelacé par ligne (**BIL**), soit entrelacé par pixel (**BIP**), soit séquentiel (**BSQ**, raster entier après raster entier).
- » Certains formats sont propriétaires (liés à des applications et/ou protégés par copyright) mais la plupart sont des standards de fait tombés dans le domaine public.
 - Exemples. PDS (Photoshop), GIF (Adobe) - JPEG, PNG...

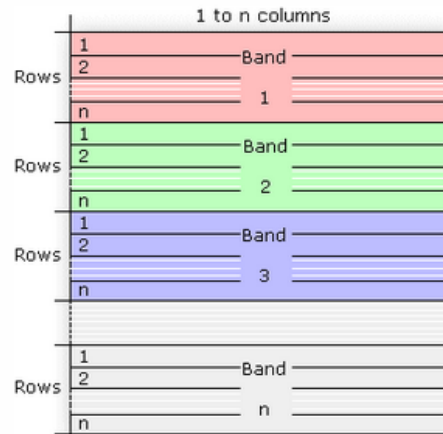
Ordre de lecture « par rang »
pour un raster à une bande



• Pixel de départ

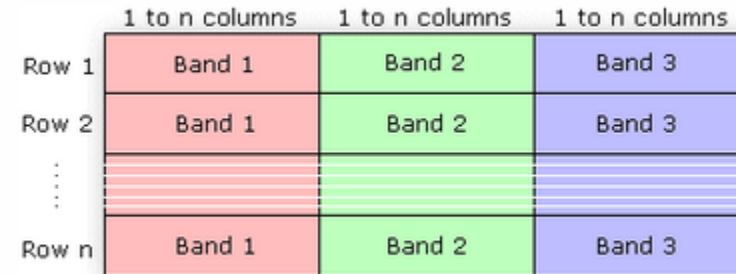
$$i_{r,c} = r * N_C + c$$

Formats BSQ



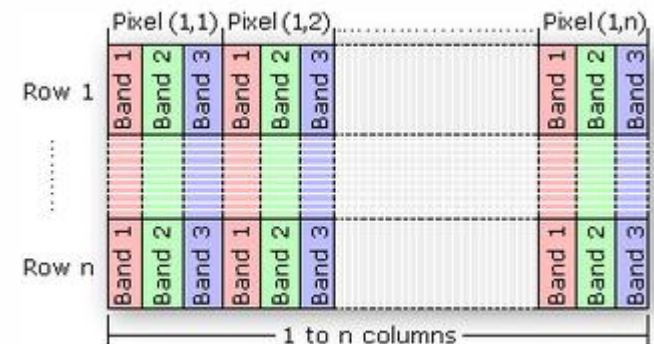
$$i_{b,r,c} = b * N_R * N_C + r * N_C + c$$

Formats BIL



$$i_{r,b,c} = r * N_B * N_C + b * N_C + c$$

Formats BIP



$$i_{r,c,b} = r * N_B * N_C + c * N_B + b$$

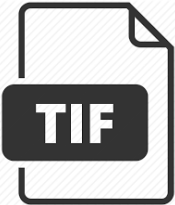
➔ Voir points 3.1 et points 3.2 pour le détail
des formules

VALUE	LENGHT	ROW
A	16	0
A	16	1
A	14	2
D	2	2
A	10	3
D	6	3
A	10	4
D	6	4
A	10	5
B	2	5
D	4	5
A	4	6
B	8	6
D	4	6
A	4	7
B	8	7
D	4	7
A	4	8
B	8	8
D	4	8
A	4	9
B	3	9
C	5	9
D	4	9
A	4	10
B	3	10
C	5	10
D	4	10
B	7	11
C	5	11
D	4	11
B	7	12
C	5	12
D	4	12
B	7	13
C	5	13
D	4	13
B	7	14
C	5	14
D	4	14
B	7	15
C	5	15
D	4	15

A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	D	D	D
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	D	D	D
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	D	D
A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	D	D	D
A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	D	D	D
A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	D	D	D
A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	D	D	D
A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	D	D	D
A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	D	D	D
A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	D	D	D
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C

Exemples de compression RLC d'un raster codé sur un octet
 132 valeurs RLC vs. 256 valeurs « bitmap »

6.2. TIFF (*Tagged Image File Format*)



- » Format d'enregistrement dédié aux images (raster) avec un en-tête flexible, permettant de définir un jeu de **métadonnées** organisées en répertoires, et variable selon les applications.
 - TIFF est aujourd'hui un produit Adobe, reconnu standard ISO en 1998.
- » Chaque champ de métadonnées est identifié par un marqueur (« **tag** ») numéroté.
 - Environ 75 champs sont prédéfinis et correspondent aux métadonnées du format image, des plus basiques (taille...) aux plus sophistiquées (copyright...).
 - Des « **private tags** » sont en outre réservés aux utilisateurs.
- » La visualisation d'une image au format TIFF ne réclame que les métadonnées de base, mais l'exploitation des champs privés demande des applications spécifiques.
- » Le format présente de nombreux avantages :
 - Admet plusieurs schémas optionnels de compression, plusieurs référentiels colorimétriques, des formats séquentiels ou entrelacés, des rasters de grande taille (4 Gb avec le format *BigTIFF*), permet de travailler sur des images décomposées en **tuiles** et sur plusieurs images dans un même fichier, etc.

7. Formats numériques des données géographiques en mode maillé

7.1. Métadonnées géographiques

- » Les fichiers graphiques « images » ne prévoient pas dans leur en-tête les métadonnées indispensables à l'exploitation **géographique** de l'information :
 - Exemples : résolution au sol ; paramètres de géo-référenciation ; unités de mesures ; légendes des codifications qualitatives; etc.
- » Plusieurs **formats spécifiques** ont été développés par les fournisseurs institutionnels de données géographiques numériques sous forme raster :
 - Fournisseurs d'images satellite (*SPOT-Image, NASA...*).
 - Fournisseurs de modèles numériques de terrain (*SDTS, DEM...*).
 - Fournisseurs de logiciels dédiés aux rasters géographiques (*Erdas, Envi, Idrisi...*).
- » Les fichiers sont toujours constitués d'au moins un **en-tête spécialisé** et d'une partie *bitmap* acceptant les collections de rasters.
 - En-tête (*header*) et *bitmap* sont souvent sauvegardés dans des (sous-)fichiers distincts.

File format :	IDRISI Raster A.1
Title :	Landuse, vicinity of Westboro, MA, USA
Data type :	byte
File type :	binary
Columns :	615
Rows :	558
Reference system :	plane
Reference units :	m
Unit distance :	20
Minimum X :	0
Maximum X :	615
Minimum Y :	0
Maximum Y :	558
Positional error :	unknown
Resolution :	20
Minimum value :	1
Maximum value :	13

Vue partielle des métadonnées d'une image géographique (logiciel IDRISI)

7.2. World File : fichier TFW (ou JPW, PGW, GFW, BMW)

- » Fichier de **même nom** que le fichier TIFF contenant l'image, mais de **suffixe** TFW (**W** pour *World*), reprenant au format texte 6 paramètres permettant la conversion entre coordonnées–image et coordonnées–utilisateur.
- Paramètres de la matrice de transformation de **Helmert** dans l'ordre des 6 lignes du fichier :

Exemple :

$x = A * c + B * r + C$ $y = D * c + E * r + F$ <p>→ Voir point 3.5</p>	(A) x-scale (résolution en abscisse si $D = B = 0$)*	2.4384
	(D) y-skew (différence d'ordonnée due à la rotation en abscisse)	0.0
	(B) x-skew (différence d'abscisse due à la rotation en ordonnée)	0.0
	(E) y-scale (résolution en ordonnée si $D = B = 0$)*, généralement < 0	-2.4384
	(C) Translation en abscisse (centre du pixel supérieur gauche)	441794.4342
	(F) Translation en ordonnée (centre du pixel supérieur gauche)	5094101.4520

N.B. Le même type de fichier peut être associé à d'autres formats de fichiers images.

Ex. : un fichier de format **JPEG**, en utilisant le suffixe **.JPW**

7.3. Format Geo-TIFF

- » Format défini par plus de 160 organisations œuvrant dans le domaine de l'information géographique.
- » Définit les métadonnées géographiques au sein de « **private-tags** » du format TIFF, intitulées clés (« *Keys* » ou « **GeoKeys** »).
 - Les clés définissant une métadonnée géographique sont rassemblées par groupe (*GeoKeyDirectoryTag*).

GeoTIFF

```
ModelTiepointTag      = (0, 0, 0, 350807.4, 5316081.3, 0.0)
ModelPixelScaleTag    = (100.0, 100.0, 0.0)
GeoKeyDirectoryTag:
  GTModelTypeGeoKey   = 1      (ModelTypeProjected)
  GTRasterTypeGeoKey  = 1      (RasterPixelIsArea)
  ProjectedCSTypeGeoKey = 32660 (PCS_WGS84_UTM_zone_60N)
  PCSCitationGeoKey   = "UTM Zone 60 N with WGS84"
```

Exemple d'un groupe de clés spécifiant une image orthorectifiée, ré-échantillonnée en UTM 60, sur base du datum WGS84, dont les coordonnées du coin supérieur gauche sont E 350807.4 m et N 5316081.3 m, avec une résolution de 100 m / pixel

8. Modélisation des données en mode maillé

8.1. Modèle intégré en mode maillé

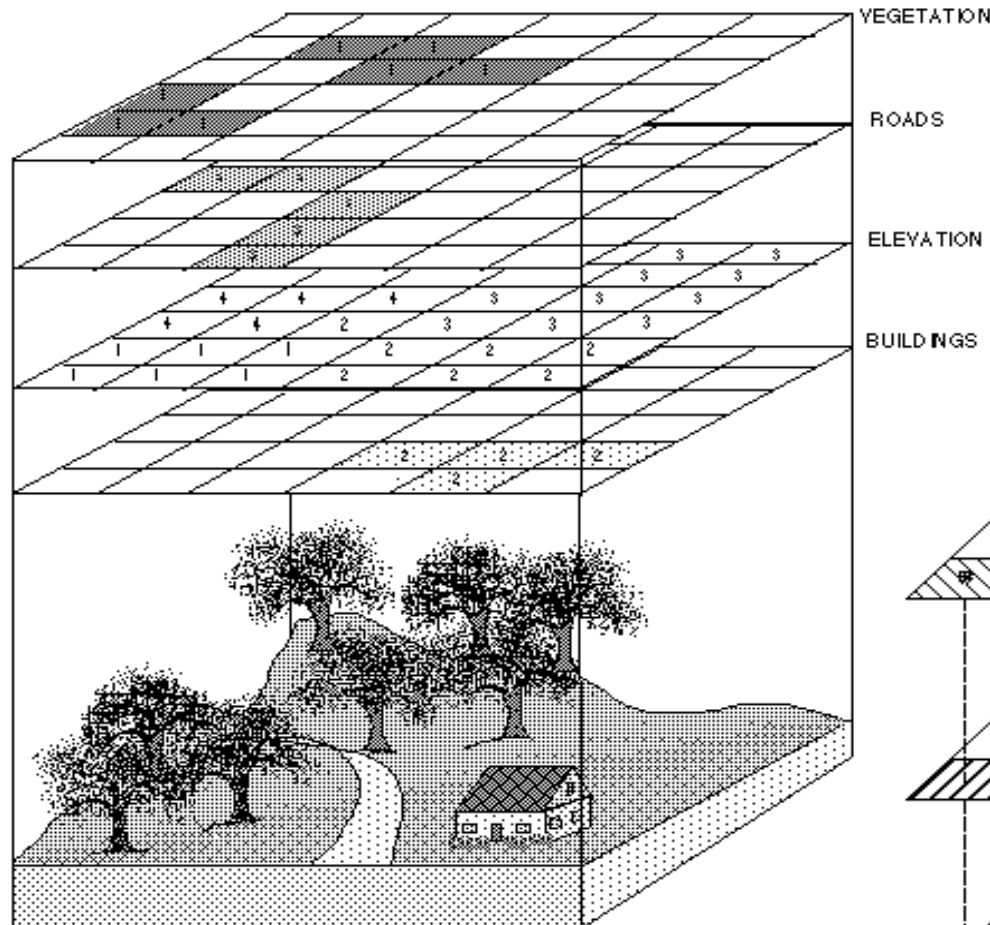
- » Un modèle intégré se caractérise par l'implémentation de toute l'information géographique (spatiale et attributive) dans un seul système.
- » L'information géographique est structurée en **couches-raster**.
- » Du point de vue spatial :
 - On fait abstraction de toute forme d'entité discrète : l'**unité spatiale** est le **pixel**, présentant toujours une **superficie** identique
 - La notion de topologie est limitée au degré de **connexité** (4 ou 8) des pixels voisins par un côté (« *rook* ») ou par un côté et un coin (« *queen* »).
 - Les phénomènes **spatialement continus** sont discrétisés selon un sondage spatial systématique correspondant aux « *lattices* » ou « *grid* » du mode vectoriel.
 - L'**extension** (rectangulaire) du raster est **commune** à toutes les couches.
- » Du point de vue thématique :
 - Une image correspond à la distribution spatiale d'un attribut : il y a autant d'images que d'attributs.
 - Les attributs (valeurs des pixels) sont toujours sous forme **numérique**.

» Mise en œuvre

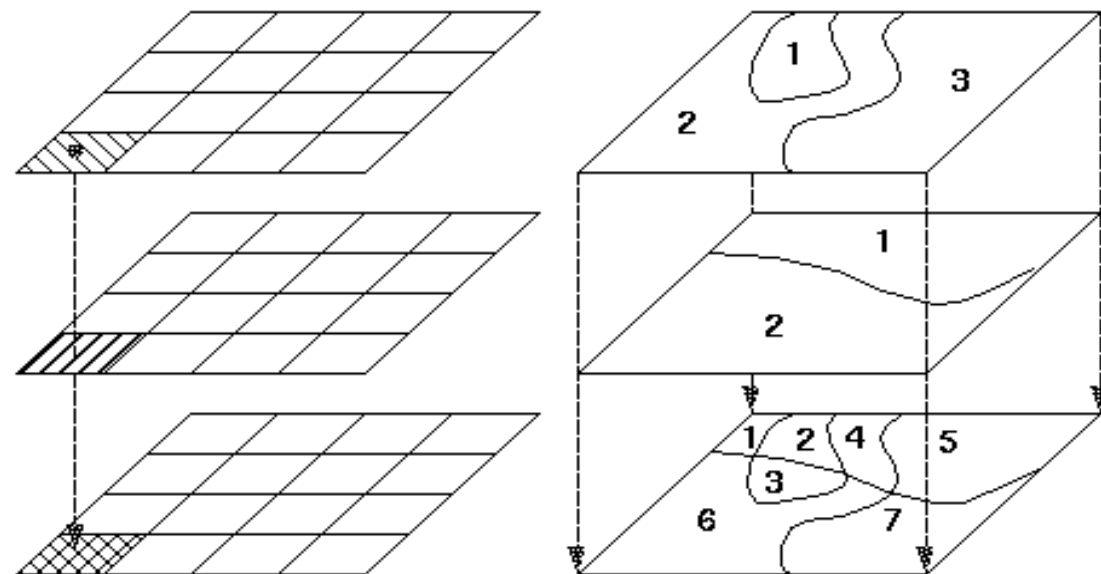
- Les entités spatiales discrètes doivent être transformées en une image, à raison d'une **couche-image par attribut**.
 - Module de **rasterisation**.
- Les phénomènes spatialement continus doivent être calculés en chaque pixel d'une couche-image (codée en nombres **réels**).
 - Module d'**interpolation (rééchantillonnage)**
- Les couches-images doivent être **superposables** (« *conflation* »).
 - Modules de **géo-référenciation** (ré-échantillonnage, etc.).

» Avantages

- Traitement cohérent de toute forme d'information géographique, spatialement **discrète** ou **continue**.
- Traitements en superposition (« **overlay** ») par « **algèbre de cartes** », sans recours aux calculs géométriques/trigonométriques entre géométries.
- Traitements possibles basés sur la **propagation** (isotrope ou non).
- Généralisation possible à un système de référence en **3-D (voxel)**.
- Mode « natif » du hardware graphique (écran, impression, scanner).



Chaque variable spatialement discrète et chaque phénomène spatialement continu constitue une couche image



Le modèle maillé permet de s'affranchir de la géométrie propre à chaque variable spatiale

Modèle intégré en mode maillé

» Inconvénients

- Compromis **précision** (résolution) / **exactitude** de position.
- Conversions de modes (« V2R / R2V ») affectant la qualité des données.
- Volume des données (stockage, transfert, traitements).
 - Multiples formats et algorithmes de **compression**.
- Du point de vue logiciel : **absence des facilités offertes par un SGBD !**
- Les logiciels « SIG » en mode maillé (« *raster based* ») :
 - Sont conçus comme des outils de **traitement de données**, **informatisant une partie des opérations** d'une organisation (**SOG**).
 - Largement utilisés dans le domaine de l'analyse, la recherche, l'aide à la décision, certaines phases de production (cartes).
 - Ne sont **pas conçus** comme des outils d'informatisation du **SI** des organisations.
 - Outils de modélisation (MCD, MCT...) et de description (métadonnées) absents ou peu fréquents et faiblement standardisés.
 - Absence d'outils d'administration (cohérence, redondance, partage, sécurité...).
 - Dépendance physique et logique entre données et traitements.

8.2. Modèle logique hybride en mode maillé

» Définition

- Le modèle hybride (**raster** + **table d'attributs**) en mode maillé n'est offert qu'à titre d'implémentation **secondaire** dans les systèmes dont le modèle principal est soit vectoriel, soit maillé.
- Les **rasters** capables d'être **liés à des tables d'attributs** ne peuvent contenir que « **l'empreinte** » (*footprint*) d'entités géographiques spatialement **discrètes**.
 - Classiquement, l'**image de référence** est issue de la *rasterisation* d'une couche d'entités polygonales (éventuellement points ou lignes).
- Le modèle hybride en mode image a deux avantages :
 - **Économiser** l'espace pour le stockage des données (attributs dans les tables).
 - L'alternative en mode totalement raster consisterait à sauvegarder une image complète par attribut.
 - Faciliter la création de nouveaux attributs, calculés sur la base d'attributs existants (fonctions de **calculs d'attributs**, style « tableur »).
- Au moment des **traitements**, toutes les données requises sont transformées en rasters et les opérations sont effectuées en **mode maillé**.

» Données géométriques

- L'**image de référence**, liée à la table d'attributs, contient les **identifiants** des entités géographiques discrètes.
 - Les valeurs des pixels sont des **entiers**, positifs ou nuls.
 - Tous les pixels de **même valeur**, connexes ou non, renvoient à une **même entité** (composée dans le cas de pixels non nécessairement connexes).
 - **Il y a autant d'entités que de valeurs distinctes dans l'image de référence.**
 - Toute entité est supposée avoir une **superficie**, la plus petite étant celle du pixel.
- La présence de l'image de référence – **inaltérée** – est indispensable lors de toute opération telle que :
 - La création d'une **image thématique** visualisant la spatialisation d'un attribut de la table.
 - La création d'un nouvel attribut de la table par extraction des valeurs d'une image thématique.
- La liaison entre l'image de référence et la table d'attributs est réalisée via une **table** de correspondance (« *Look Up Table* »).

2	2	3	3
2	2	3	5
1	2	2	5
6	6	1	5

Id.	Fréquence	Attribut 1	...	Attribut n
1	2	...	...	...
2	6	...	...	...
3	3	...	...	...
4	0	...	...	...
5	3	...	...	...
6	2	...	...	...

*Image de référence
où les attributs des pixels
sont les identifiants
des entités géographiques*

Table d'attributs liée à l'image de référence

Principe du modèle hybride en mode maillé

» Données attributaires

- Les attributs des entités géographiques sont sauvegardés dans des tables gérées par un **SGBD relationnel** (cf. *modèle hybride vecteur*).
- Une **table de référence**, liée à l'**image de référence**, contient obligatoirement un champ dédié à l'**identifiant** (entier !) des entités.
 - Ce champ sert généralement de **clé primaire** à la table de référence. L'identifiant est obligatoirement sous forme **numérique**.
 - Un autre champ est souvent réservé à la **fréquence** des valeurs des pixels.
 - Il y a (**au moins**) autant de tuples dans la table de référence que de valeurs différentes dans l'image de référence.
- Les attributs (tuples) ne se rapportent pas individuellement aux pixels mais à **tous les pixels** formant une entité simple ou composée.
- La liaison d'un attribut quelconque à l'image de référence passe par une opération de **projection** de la table de référence :
 - Création d'une relation conservant l'**identifiant** et l'**attribut sélectionné** (= « *Look Up Table* »).

» Attributs quantitatifs

- L'assignation des attributs quantitatifs aux pixels **individuels** doit rendre les valeurs **indépendantes de la superficie** des entités (division de la valeur de l'attribut par le nombre de pixels formant l'entité).

Id.	Fréq.	Population	...
1	2	140	
2	6	120	
3	3	60	
4	0	45	
5	3	90	
6	2	180	

Table de référence

« Look up table »
après re-classification
et projection

2	2	3	3
2	2	3	5
1	2	2	5
6	6	1	5

Image de référence

Id.	Population
1	70
2	20
3	20
5	30
6	90

Visualisation de l'attribut

20	20	20	20
20	20	20	30
70	20	20	30
90	90	70	30

» *Attributs qualitatifs*

- Les attributs qualitatifs qui sont assignés aux pixels doivent obligatoirement être **codés sous forme numérique** (entiers).

Id.	Fréq.	Arrondissement	...
1	2	A	
2	6	A	
3	3	C	
4	0	C	
5	3	C	
6	2	A	

Table de référence

« Look up table » après
re-codification (1 = A & 3 = C)
et projection

2	2	3	3
2	2	3	5
1	2	2	5
6	6	1	5

Image de référence

Id.	Arrondissement
1	1
2	1
3	3
5	3
6	1

Visualisation de l'attribut

1	1	3	3
1	1	3	3
1	1	1	3
1	1	1	3

8.3. Modèle objet-relationnel

» Principes

- Le raster, sans les informations de l'en-tête, est un tableau de nombres qui peut être stocké sous forme binaire (*bitmap*):
 - Usage d'un champ binaire de type **raster (BLOB)** dans une relation (équivalent du champ « geometry » d'une entité spatiale vectorielle).
- Les informations de l'en-tête du raster (« *header* ») nécessaires à sa lecture et son traitement, sont des données alphanumériques classiques.
 - Métadonnées stockées sous forme **d'attributs alphanumériques** dans les champs d'une relation et/ou directement dans le **type « raster »**
- Le raster peut occuper une taille gigantesque (1 GB ou plus) ce qui alourdit les tables contenant de tels champs BLOB et ralentit les opérations
→ solutions :
 - Séparation des différentes couches d'une image multivariée ou multivaluée.
 - Découpage du raster en **blocs (tuiles)** de taille variable, gérés par des métadonnées spécifiques, avec indexation spatiale adéquate.
 - Enregistrement de **l'adresse** d'un **fichier** raster **externe** à la table, dans le champ « raster ».

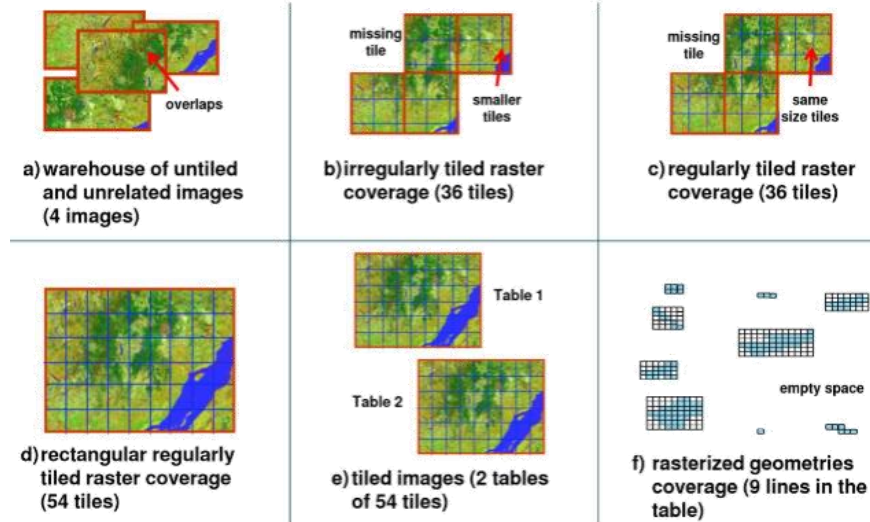
» Traitements

- Enrichissement des langages de définition et de manipulation de données (SQL) :
 - Pour les **transactions** courantes : création, alimentation, modification et suppression des relations contenant des rasters et leurs métadonnées.
 - Pour les **requêtes** courantes : extraction des valeurs de pixels, superposition avec des objets vectoriels, visualisation d'images...
 - **Indexation spatiale** indispensable, à travers les couches et les blocs, pour optimiser les requêtes.
- Interfaces avec les logiciels spécialisés de traitement d'images :
 - API vis-à-vis des logiciels capables d'exploiter le modèle relationnel.
 - Passage par des formats d'échange avec les logiciels traditionnels .

» Modèle « PostGISRaster »

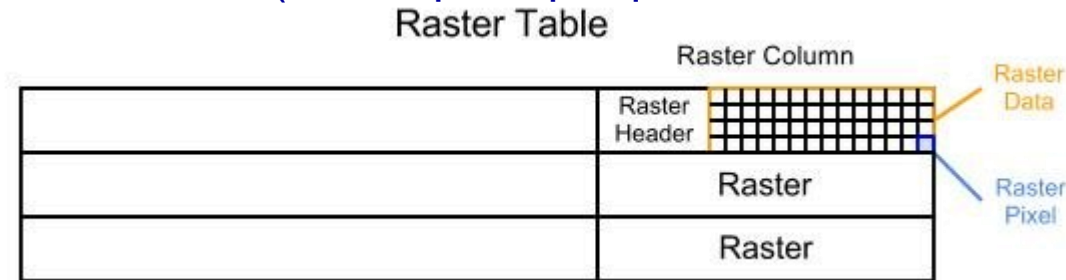
» Table Raster

- Implémentation similaire au modèle vectoriel (*Geometry*) de PostGIS.
- Attribut « raster » associé à une table d'attributs
 - Un raster peut être décomposé en **blocs** (tuiles) de tailles quelconques selon différentes stratégies avec une tuile par enregistrement d'une table.
 - Possibilité d'avoir plusieurs **bandes** (couches) par objet raster.
- L'objet raster est un type complexe, formé du raster lui-même **et** de ses **métadonnées** d'image et de géo-référenciation.
- Dans PostGIS, il n'y a pas de distinction entre une **tuile** et un **raster**
 - « Une tuile est un raster et un raster est une tuile »
 - Modèle simple et flexible mais impliquant une certaine redondance des métadonnées
 - A l'opposé, le modèle d'Oracle est plus complexe et plus rigide (tuiles obligatoirement régulière, continues et strictes) mais moins redondant (voir point 5.3)



- Option **in-db** :

- Un objet raster (raster data & métadonnées) est stocké dans l'**attribut raster** d'une table (même principe que la colonne « Geometry »).



- Une table raster peut être constituée :

- Soit d'un **raster complet par tuple** (lourd !).
 - Au sein d'une même table, les objets raster sont **indépendants** : autres résolution, alignement, superpositions possibles, etc..

- Soit d'un **bloc** (tuile ou bande) **par tuple** :

- Auquel cas, la table contient un raster complet formé de ses différents blocs (avec répétition partielle des métadonnées et attributs).
- Aux métadonnées communes conservées (redondances), s'ajoutent les métadonnées propres à l'extension des blocs.

Raster Table

Attrib.	Raster 1
Attrib.	Raster 2
Attrib.	Raster 3

Raster Table

Attrib.	Bloc 1
Attrib.	Bloc 2
Attrib.	Bloc 3

Full Raster

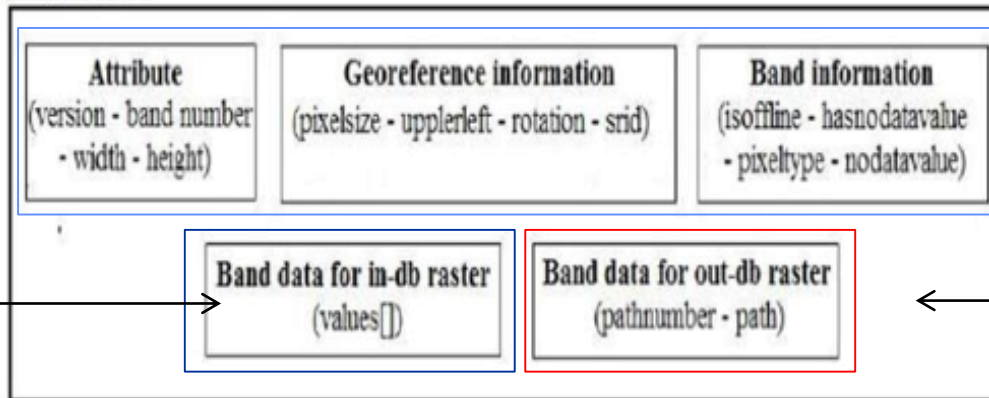
- Option **out-db** :
 - Possibilité de stocker le raster à l'**extérieur** des tables (Geo-TIFF...)
 - Dans les métadonnées de l'objet raster, figurent :
 - Un « flag » spécifiant le type de stockage interne ou externe (« *in-db* » / « *out-db* ») du raster et dans ce dernier cas le **chemin d'accès et le nom du fichier** externe (tous les formats raster GDAL sont permis).
 - Allège la table (aspect relationnel plus performant) mais alourdit les traitements sur le raster (conversion à la volée vers le format PostGIS)

- Contenu du type raster de PostGIS

Raster table = Raster coverage

User-defined columns	Raster column
	Raster attribute

Raster attribute



» *Vue Raster_columns*

- Comme en mode vectoriel, toute table spatiale contenant une colonne « raster » est documentée dans une **vue** fournissant les métadonnées communes (**contraintes**) à tous les objets rasters de la table.
 - Le système de coordonnées de références (SRID) ;
 - L'obligation ou non d'une extension spatiale commune entre raster ;
 - L'obligation ou non d'un tuilage régulier ;
 - la résolution spatiale ;
 - le nombre de rangées, colonnes, bandes ;
 - le codage des pixels ;
 - la valeur « *no data* » ;
 - l'emprise spatiale (sous forme d'objet vectoriel de type « **geometry** ») pour l'indexation spatiale

» *Table des systèmes de référence (SRID)*

- Identique à la **métatable** accompagnant les tables spatiales vectorielles.

Nom de la table spatialisée

Autres attributs non spatiaux		Colonne Raster	
...	...	Raster header	Raster data



Vue Raster_Columns

Si Regular_Block = True

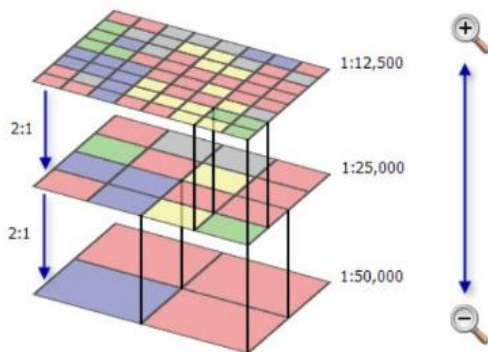
R_Table_Catalog	R_Table_Schema	R_Table_Name	R_Column	SRID	Pixel_Types	Out_db	Regular_block	Nodata_values	Pixel size x y		Block size r c		Extent
text	text	text	text	Integer	Array (string)	Array (boolean)	Boolean	Array (double)					Geometry
	Nom du schéma PostgreSQL	Nom table spatialisée	Nom colonne spatiale	N° du SRID	Type / bande	Flag / bande		1 réel / bande	Unités du SRID		Nombres de rangées et colonnes		

Table_Ref_Sys	SRID	Auth_Name	Auth_SRID	SRTText	Proj4Text
Même métatable que celle utilisée pour le modèle vectoriel	Integer	Varchar(256)	Integer	Varchar(2048)	Varchar(2048)
		Organisme ayant défini le SR	N° du SR donné par l'organisme	Définition du SR en format WKT	Possibilité de changement de coordonnées

» Autres spécifications

- Enrichissement du langage SQL par des opérateurs raster.
- Transparence des opérations d'intersection entre objets **raster** et **vectoriels**.
- **Indexation spatiale** GiST (modèle identique à celui des données vectorielles).
- Construction automatique de niveaux supérieurs de **pyramides** avec la fonction ST_CreateOverview
 - Création d'une nouvelle table avec les même raster (ou tuiles) à résolution inférieure

ST_CreateOverview(regclass *tab*, name *col*, int *factor*, text *algo*='NearestNeighbor')



Nom de la
table servant
de base à la
pyramide

Nom de la
colonne raster
à considérer

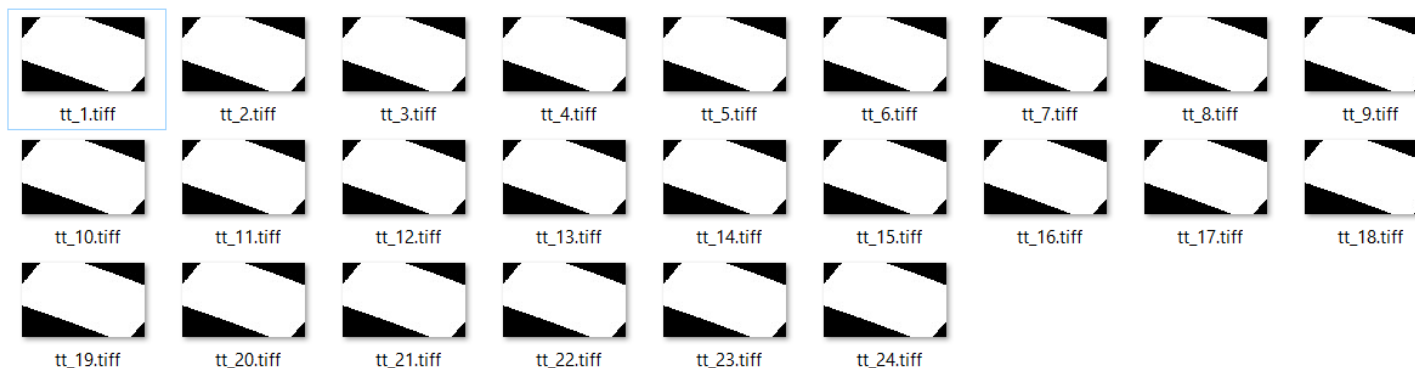
Multiplication
de la résolution
spatiale par ce
facteur

Méthode
d'agrégation
des pixels

• 9. Exercices dans PostGIS

– 9.1. Importations de rasters

- » 24 rasters au format GeoTIFF (série temporelle)
 - Prévisions de température du MAR (modèle météorologique) pour chaque heure de la journée du 17-10-18 en Belgique
 - TT_1.tiff = 00h30, TT_2.tiff = 01h30 ... TT_24.tiff = 23h30
- » Téléchargement des données ici:
http://geomatics.ulg.ac.be/download/td_raster.rar
 - Décompresser le fichier dans votre répertoire étudiant
- » Les rasters se trouvent dans le dossier « raster »
 - Note: le dossier « Provinces_L72 » sera utilisé plus tard dans l'exercice



- » Création d'une BD spatiale « td_sig » dans PGAdmin (si ce n'est pas déjà fait)
- » Importation des raster dans l'invite de commande avec la fonction « raster2pgsql »

SRID
(WGS84)



Valeur
NoDATA
« 0 »



Indexation
spatiale des
emprises
géométriques



Importation de
tous les
fichiers .tiff du
dossier

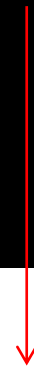


Nom de la
table
recevant les
raster

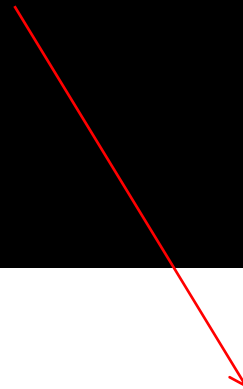


```
D:\etudiants\td_raster\raster>raster2pgsql -s 4326 -N 0 -I -C -F *.tiff temperature > temperature.sql
Processing 1/24: tt_1.tiff
Processing 2/24: tt_10.tiff
Processing 3/24: tt_11.tiff
Processing 4/24: tt_12.tiff
Processing 5/24: tt_13.tiff
Processing 6/24: tt_14.tiff
Processing 7/24: tt_15.tiff
```

Calcule
automatique des
contraintes (vue
raster_column)



Ajoute un
attribut avec le
nom du fichier
ayant servi à
l'importation du
raster



Fichier SQL de
sortie



Note: il est normalement
déconseillé d'utiliser une valeur
« no data » 0 pour des
températures...

- » Exécution du fichier SQL d'importation de la table « temperature » (idem exercice vecteur chapitre 3)

```
D:\etudiants\td_raster\raster>psql -U postgres -h localhost -p 5432 -d td_sig -f temperature.sql
```

- » Visualisation de la table « temperature » dans PGAdmin

	rid [PK] integer	rast raster	filename text
1	1	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9...	tt_1.tiff
2	2	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9...	tt_10.tiff
3	3	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9...	tt_11.tiff
4	4	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9...	tt_12.tiff
5	5	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9...	tt_13.tiff
6	6	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9...	tt_14.tiff
7	7	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9...	tt_15.tiff
8	8	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9...	tt_16.tiff
9	9	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9...	tt_17.tiff
10	10	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9...	tt_18.tiff
11	11	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9...	tt_19.tiff
12	12	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9...	tt_2.tiff

Rasters avec
métadonnées
stockés sous
forme de BLOB

- » Optionnel: ajout d'un attribut « time » où on indique les heures de chaque raster

» Visualisation de la vue « raster_columns »

	r_table_catalog name	r_table_schema name	r_table_name name	r_raster_column name	srid integer	scale_x double precision	scale_y double precision
1	td_sig	public	temperature	rast	4326	0.05	-0.05

blocksize_x integer	blocksize_y integer	same_alignment boolean	regular_blocking boolean	num_bands integer	pixel_types text[]	nodata_values double precision[]	out_db boolean[]
101	61	true	false	1	{32BF}	{0}	{f}

extent geometry	spatial_index boolean
0103000020E6100...	true



– 9.2. Agrégation des raster par la moyenne

» Opération locale de map algebra

- Tous les pixels homologues de chaque raster vont être agrégés par la moyenne
- Résultat: un seul raster reprenant la température moyenne de la journée en chaque pixel (moyenne des 24 heures)

» Exécuter la requête suivante dans PGAdmin (création d'une vue avec le résultat)

```
create or replace view mean_temperature as
SELECT st_union(rast, 'MEAN')
FROM temperature
```

Fonction d'agrégation (map algebra)

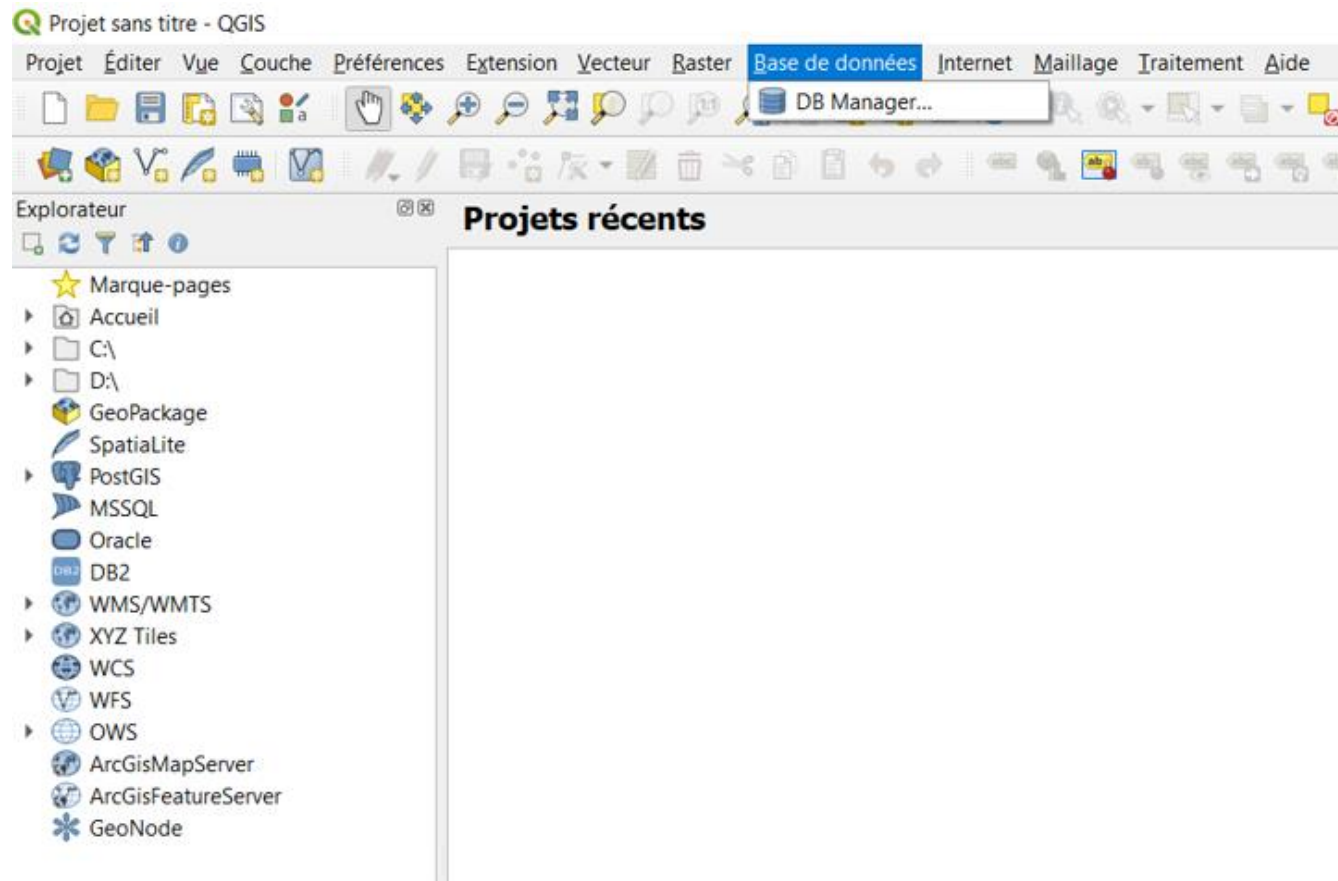
» Visualisation de la vue dans PGAdmin

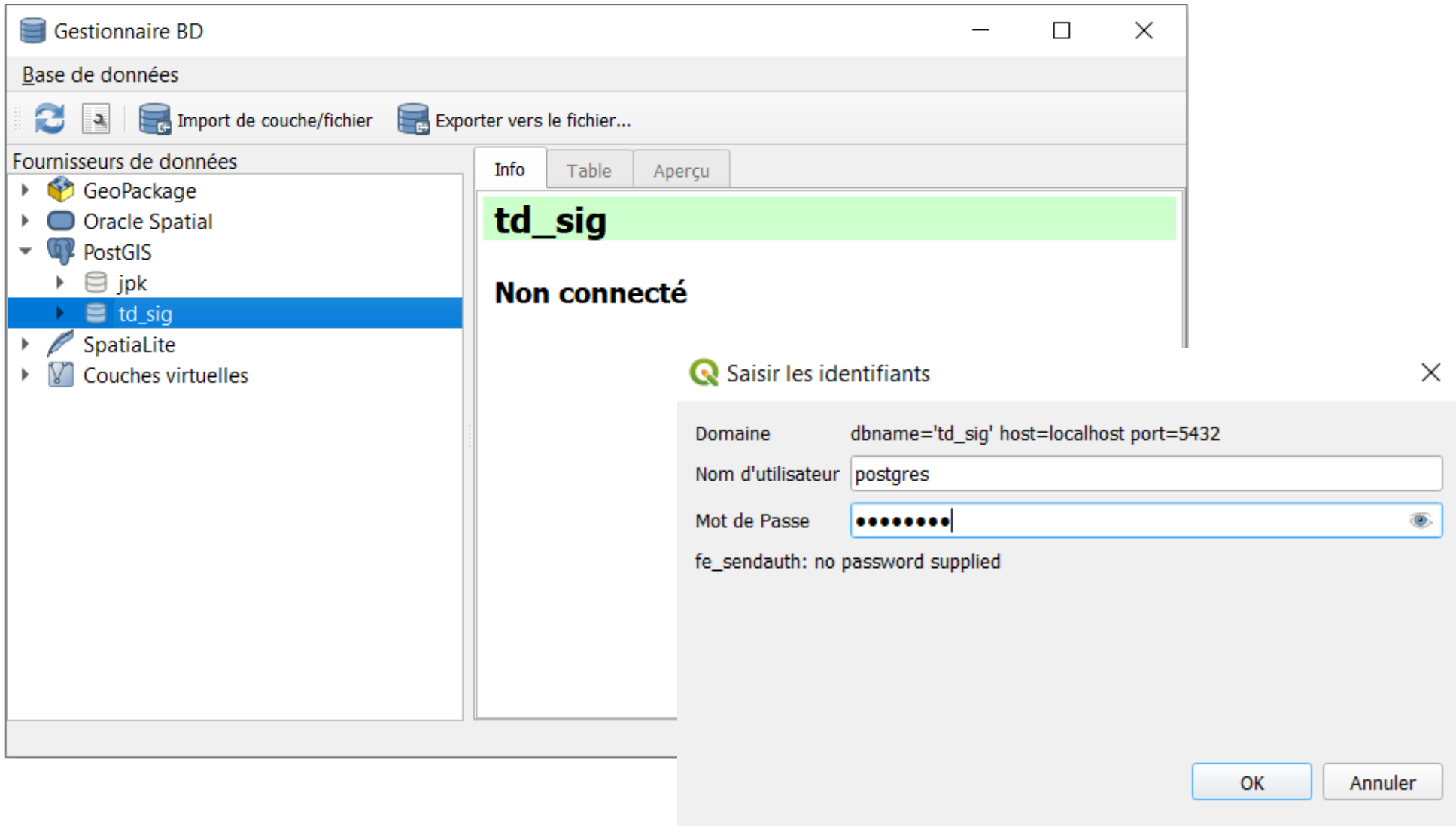
- ▼ Views (5)
 - > geography_columns
 - > geometry_columns
 - > mean_temperature
 - > raster_columns
 - > raster_overviews

st_union raster	
1	01000001009A9999999999A93F9A999999999A9BF0000...

» Visualisation de la vue dans QGIS

- Note: la connexion à votre BD doit avoir été préalablement créée (voir exercice vecteur chapitre 3)





The screenshot shows the QGIS database manager window titled "Gestionnaire BD". The left pane, "Base de données", lists data providers: GeoPackage, Oracle Spatial, PostgreSQL (expanded), jpk, **td_sig** (selected), Spatialite, and Couches virtuelles. The right pane shows the "Info" tab for the selected database, displaying "td_sig" and "Non connecté". A "Saisir les identifiants" dialog box is open in the foreground, showing the connection details: "Domaine dbname='td_sig' host=localhost port=5432", "Nom d'utilisateur postgres", and "Mot de Passe" (masked with dots). The dialog also displays the error message "fe_sendauth: no password supplied". The dialog has "OK" and "Annuler" buttons at the bottom right.

Gestionnaire BD

Base de données

Import de couche/fichier Exporter vers le fichier...

Fournisseurs de données

- GeoPackage
- Oracle Spatial
- PostGIS
 - jpk
 - td_sig**
- Spatialite
- Couches virtuelles

Info Table Aperçu

td_sig

Non connecté

Saisir les identifiants

Domaine dbname='td_sig' host=localhost port=5432

Nom d'utilisateur postgres

Mot de Passe

fe_sendauth: no password supplied

OK Annuler

Gestionnaire BD

Base de données Schéma Table

Import de couche/fichier Exporter vers le fichier...

Fournisseurs de données

- GeoPackage
- Oracle Spatial
- PostGIS
 - jpk
 - td_sig
 - public
 - batiment
 - communes_I72
 - geography_columns
 - geometry_columns
 - mean_temperature**
 - province
 - raster_columns
 - raster_overviews
 - spatial_ref_sys
 - temperature
- Spatialite
- Couches virtuelles

Info Table Aperçu

mean_temperature

Informations générales

Type de relation : Vue
 Propriétaire : postgres
 Pages : 0
 Lignes (estimation) : 0
 Lignes (comptées) : 1
 Privilèges : select, insert, update, delete

PostGIS

Colonne : st_union
 Géométrie : RASTER
 Emprise : (Inconnu) [calculer](#)

Champs

#	Nom	Type	Longueur	Null	Défaut	Commentaire
1	st_union	raster		Y		

Voir la définition

```
SELECT st_union(temperature.rast, 'MEAN'::text) AS st_union
FROM temperature;
```

The screenshot shows the QGIS interface with a raster map of mean temperature. The 'Couches' panel on the left shows the 'mean_temperature' layer selected. The 'Propriétés de la couche' dialog box is open, displaying the following information:

Information du fournisseur

Nom	mean_temperature
SCR	EPSG:4326 - WGS 84 - Géographique
Emprise	2.0000000000000000, 48.9500000000000028 : 7.0500000000000007, 52.0000000000000000
Unité	degrés
Largeur	101
Hauteur	61
Type de Donnée	Float32 - nombre à virgule flottante de 32 bits
Description du Driver GDAL	PostGISRaster
Métadonnées du Driver GDAL	PostGIS Raster driver
Description du jeu de données	PG: dbname='td_sig' host='localhost' user='postgres' password='postgres' port='5432' mode='2' schema='public' column='st_union' table='mean_temperature'
Compression	
Bande 1	<ul style="list-style-type: none"> STATISTICS_MAXIMUM=17.317182540894 STATISTICS_MEAN=14.934510353931 STATISTICS_MINIMUM=12.968479156494 STATISTICS_STDDEV=0.84750241031147 STATISTICS_VALID_PERCENT=73.67
Plus d'information	
Dimensions	X: 101 Y: 61 Bandes: 1
Origine	2,52
Taille du Pixel	0.050000000000000000278,-0.050000000000000000278

Identification

Identifiant	
Parent Identifier	
Titre	
Type	
Language	
Abstract	
Categories	
Keywords	

Note: superposition de la couche province
(voir suite de l'exercice)

– 9.3. Interaction entre une couche raster et une couche vectorielle

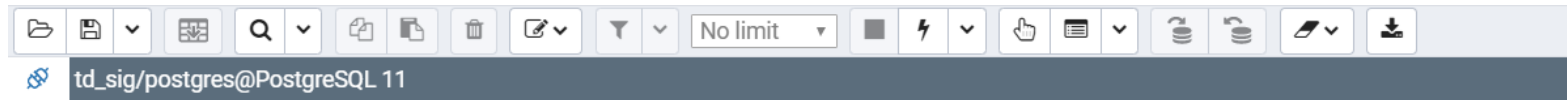
- » Importation du shapefile Province_L72 téléchargé
 - Méthodologie identique à l'exercice vecteur du chapitre 3
 - Création du fichier SQL avec la fonction shp2pgsql

```
D:\etudiants\td_raster\provinces_L72>shp2pgsql -s 31370 -I provinces_L72.shp province > province.sql
Shapefile type: Polygon
Postgis type: MULTIPOLYGON[2]
```

- Exécution du fichier SQL avec la fonction psql pour créer la table
« province »

```
D:\etudiants\td_raster\provinces_L72>psql -U postgres -d td_sig -f province.sql
Mot de passe pour l'utilisateur postgres :
```

- » Calcul de la température moyenne par province de Belgique
 - Requête SQL dans PGAdmin
 - Exploitation de la table vectorielle province et de la vue raster
« mean_temperature »



Query Editor Query History

```

1  SELECT name, (stats).* FROM
2  (
3      SELECT
4          province.name,
5          ST_SummaryStats(
6              ST_Clip(
7                  st_union,
8                  st_transform(geom, 4326)
9              )
10         ) as stats
11  FROM mean_temperature, province
12 ) as subquery

```

→ Convertit la liste de statistiques sous forme relationnelle + le nom de la province
 → Retourne les statistiques des rasters sous la forme d'une liste
 → Retourne un raster découpé par géométrie (province)
 → Nom de la colonne raster dans la vue « mean_temperature »
 → Transformation du SCR de la table province en WGS84

Data Output Explain Messages Notifications

	name character varying (50)	count bigint	sum double precision	mean double precision	stddev double precision	min double precision	max double precision
1	Brabant Wallon	56	805.394689559937	14.382048027856	0.269115650350898	13.9233293533325	14.965033531189
2	Antwerpen	149	2249.01880550385	15.0940859429788	0.373948403231181	14.3029336929321	15.7392921447754
3	Vlaams-Brabant	107	1580.65344905853	14.7724621407339	0.493322681519936	14.0061845779419	15.6856374740601
4	West-Vlaanderen	163	2251.03192138672	13.8100117876486	0.492256489762889	13.0649490356445	15.3388719558716
5	Oost-Vlaanderen	157	2229.29117488861	14.1993068464243	0.364520807656198	13.5160217285156	14.9407262802124
6	Hainaut	195	2795.1249370575	14.3339740361923	0.440059076126689	13.1703939437866	15.4692068099976
7	Liège	192	2980.1736831665	15.5217379331589	0.723539272051198	13.9731826782227	16.9988994598389
8	Limburg	125	1943.13991260529	15.5451193008423	0.541114290168211	14.0853080749512	16.472225189209
9	Luxembourg	227	3573.1932592392	15.7409394680141	0.638673666930935	14.1130647659302	16.9378147125244
10	Namur	182	2749.99803352356	15.1098793050745	0.513430178963921	13.8532419204712	16.1177539825439
11	Brussels	8	113.890327453613	14.2362909317017	0.177783006088803	14.0117034912109	14.4948959350586