

Base de données spatio-temporelles

F. Jouanot, C. Parents

- Généralité et concepts de base
- Modèle conceptuel MADS
- Extension spatiale d'Oracle
- SIG

Introduction

- BD Spatiale (BDS) = BD dont une partie au moins des objets sont localisés dans l'espace, et dont la localisation est utile pour l'entreprise
- Objectifs:
 - archiver l'information
 - analyser l'information:
 - manipulation
 - planification, prévision, décision ...
=> données spatio-temporelles
 - afficher des cartes (premier objectif)
- Localisation i.e. relative à la mesure de la position des objets sur la surface terrestre, ainsi que de leur forme et dimension.
- Dimension de l'espace étudié : 2D ou 3D

Applications

- Gestion de : réseaux (électricité , gaz , eaux , téléphone), réseaux ferrés , routiers , fluviaux, cadastre
- Cartographie

- Applications environnementales :
 - étude de la faune , flore ...
 - météo
 - prévention des risques: inondations, incendies ...
 - maîtrise des pollutions

- Analyses socio-économiques :
 - planification : nouvelle ville, hypermarché, école, voie ferroviaire ...
 - géomarketing
 - plans d'aménagement
 - prévision : bassins d'emploi ...
 - propagation : inventions , maladies , espèces ...

- Gestion par territoire (multi-applications) :
 - ville , commune , canton , pays ...

Deux perceptions duales

■ Deux types de perception de l'espace :

- **Discrète** : des objets spatiaux (avec leur emprise, ponctuels, linéaires ou surfaciques) sont perçus
 - routes, bâtiments, rivières, parcelles, frontières, cantons, villes ...
- **Continue** : l'espace est perçu comme un champ continu de valeurs
champ continu = fonction : point -> valeur
 - relevés des températures, pressions, pluviométrie, altitude, type de sol, couverture végétale ...

■ Perceptions duales : le même espace peut être perçu différemment selon l'utilisateur

*Départements Français: fonction (point) -> nom du département
ou un objet surfacique par département*

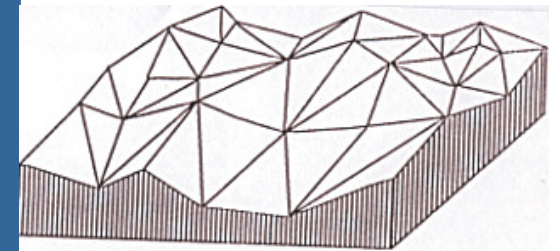
Une BDS discrète

■ Schéma (en orienté objets étendu au spatial) :

- Ville (nom : STRING ,
population : INTEGER ,
localisation : AREA/POINT) ;
- Route (numéro : STRING ,
longueur : REAL ,
villes-desservies : SET(Ville) ,
tracé : LINE) ;
- Lac (nom : STRING ,
surface : REAL ,
localisation : AREA) ;

Une BDS continue à mailles régulières (températures)

6	6	7	7	7	8	8	9
6	7	7	7	8	9	8	7
6	8	10	10	9	8	7	7
8	8	10	12	12	11	7	8
9	9	12	12	12	10	10	8
9	9	13	9	8	8	10	10
9	9	10	8	8	8	8	6
9	9	12	10	8	6	6	6
9	9	9	6	6	6	5	5



Continue vs discret

- Continue : la zone étudiée est divisée en une grille de cellules (aussi appelée maille)
- Discret : utilise les objets géométriques (lignes, points, ..) pour décrire la position et la forme des entités géographiques
- Différences
 - Les objets vectoriels ne remplissent pas forcément tout l'espace, toutes les positions possibles ne doivent pas être décrites dans la BD
 - Les objets continus informent de ce qui se passe en tout point, en chaque position possible

Localisation dans l'espace

■ Indirecte

- adresses postales
- codes postaux
- numéros de parcelles cadastrales (identifient toute parcelle)
- numéros d'îlots administratifs
- relatif aux routes : à 3 km après la sortie X sur l'autoroute Y en allant en direction de Z

■ Directe

- coordonnées X, Y, Z par rapport à un système d'axes propres à l'application
- longitude, latitude, altitude

Méta-données

- Description de l'information géographique : référentiel géodésique, ellipsoïde et la projection cartographique
 - Exemple (France):
 - Référentiel géodésique: système NTF
 - Ellipsoïde géodésique: Clarke 1880
 - Projection cartographique: Lambert
 - Une donnée spatiale est caractérisée par :
 - sa valeur (X, Y)
 - le système de projection utilisé
 - la précision
 - = nombre de chiffres significatifs
 - l'exactitude
 - la mesure est-elle proche de la réalité?
- Le MontBlanc a 5 km de haut : exact, peu précis*
- Le MontBlanc a 4323,325 m de haut : précis, non exact*
- la date à laquelle la donnée a été mesurée

BD spatiales discrètes - Définition

- Objets localisés => spatialité :
 - Emprise (~forme) : point , ligne , surface , volume
 - position absolue : coordonnées
 relative : à coté de A , dans B , ...
- Les applications ont besoin de décrire l'espace avec \pm de précision, de complétude
- D'une base à une autre moins détaillée :
 - résolution moins grande
 - *10 mètres* → *500 mètres*
 - généralisation cartographique :
 - suppression d'objets, forme des objets simplifiée, déplacement d'objets ...
- Plans schématiques :
 - plans des transports, des réseaux ...
 - certaines relations spatiales respectées (connexions)
 - certaines relations spatiales non respectées (distance, orientation)

Relations spatiales

■ Relations métriques

à 50 km de Grenoble

■ Relations d'orientation

au sud de Grenoble

■ Relations d'ordre

derrière l'hôtel IBIS, à l'étage au dessus

■ Relations topologiques

au bord du lac, dans le Jura

- Les relations topologiques sont toujours respectées (cartes et plans schématiques)

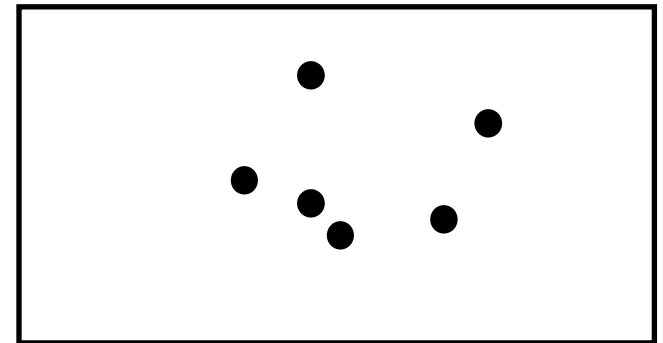
Types de requêtes (1/2)

- Requête non spatiale
 - Nombre d'habitants à Grenoble ?
 - => Langages de manipulation de données classiques
- Requête spatiale, mais purement textuel (non cartographique)
 - Distance entre Grenoble et Lyon ?
 - => fonctions spatiales
 - ☞ distance (A, B) -> réel
 - ☞ surface (A) -> réel
 - ☞ adjacents? (A, B) -> booléen
 - ☞ ...
- Requête spatiale et cartographique = requête sur des attributs et par référence à des objets désignés sur la carte affichée à l'écran
 - Nombre d'habitants de la ville pointée ? dans la fenêtre?
 - pick : pointage d'un objet
 - sélection d'une fenêtre

Types de requêtes (2/2)

- Requête spatiale à résultat cartographique (carte ou plan schématique)

```
SELECT localisation  
FROM Ville  
WHERE nb_habitants > 50'000
```



Le contexte est essentiel !

- *Dessiner la carte du Léman avec les villes de plus de 50.000 habitants, les autoroutes, le réseau hydrographique*

=> carte = plusieurs requêtes superposées

Aspect temporel - BD temporelles

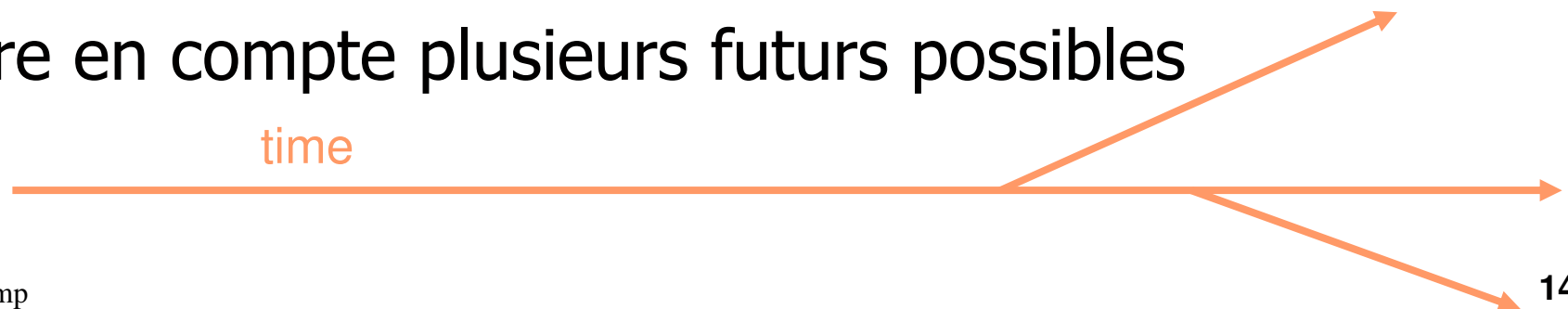
■ Conserver un historique des données

- Archiver les données
 - Cadastre
- Analyse, prédiction
 - Evolution de la population, de l'occupation du sol, des zones d'habitat des animaux, prédiction du temps ...

■ Planning des évènements futurs

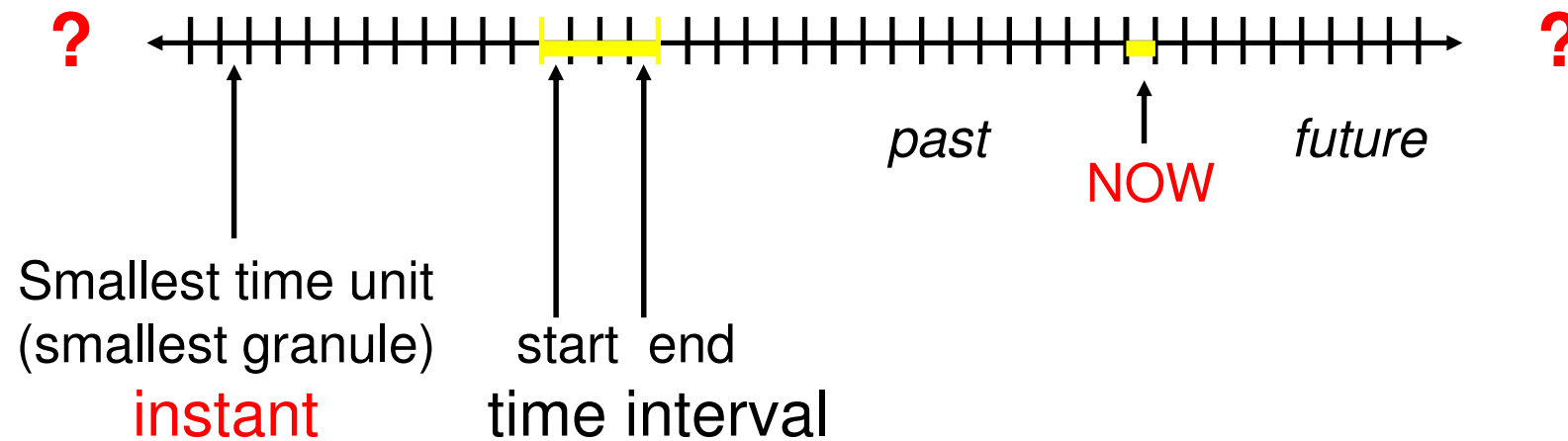
- Embauche de nouveaux employés, lancement d'un nouveau produit ...

■ Prendre en compte plusieurs futurs possibles



Structure du temps

■ Linéaire: ordre total sur instants



- différentes granularité: seconde, minute, heure, jour, semaine, mois, année, ...



L'information temporelle décrit ...

- Cycle de vie des objets et associations
 - **BD Cadastre : Parcelle**
- Validité des valeurs
 - Estampilles
 - **propriétaire de la parcelle**
- Associations temporelles
 - Migration / génération d'objets
 - **Une parcelle est découpée en deux nouvelles parcelles**
 - Lien de synchronisation
 - Agrégations temporelles
 - Les communes composant un canton changent
- Contraintes d'intégrité temporelles
 - **cycle de vie d'une parcelle doit être en intersection avec celui de son propriétaire**

Cycle de vie

■ Le cycle de vie définit le status d'un objet : actif , suspendu , détruit , "not-yet-existing"

■ Simple

- intervalle



- instant



■ Discontinuous

- interval set



- instant set



Attributs et temps

- Un attribut peut être:
 - Constant
Date de naissance
 - Variable sans stockage de l'évolution de sa valeur
age
 - Variable et stockage de l'évolution de sa valeur :
"time-varying attribute "
salaire
- Conceptuellement un attribut à valeur variable est une fonction :
domaine temporel → domaine de valeur
salaire = fonction : Employé.temps_présence_entreprise → Integer
- Logiquement, un attribut variable est un ensemble (temps, valeur)

Phénomènes Spatio-Temporel

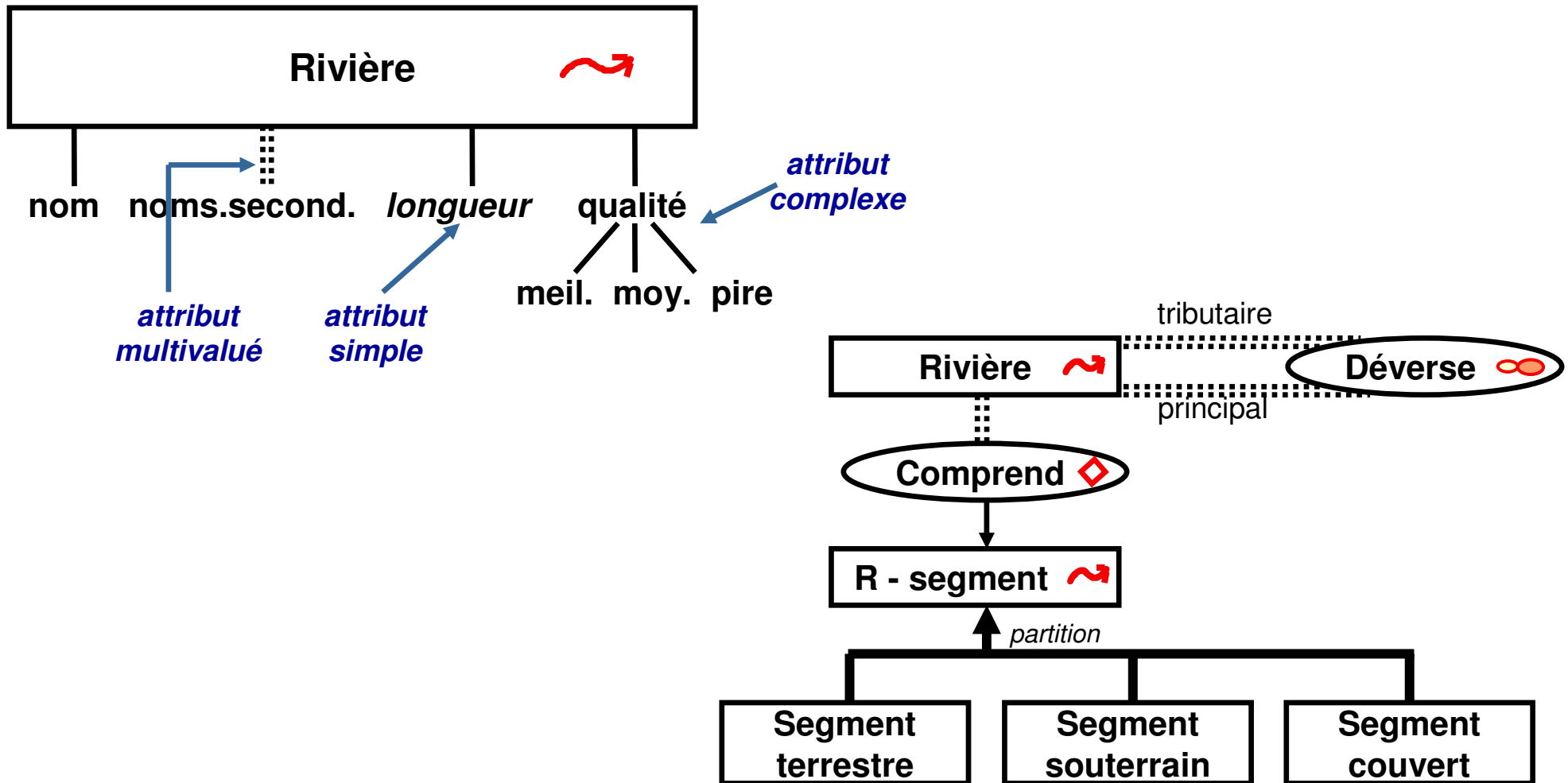
- Evolution des attributs spatiaux des objets
 - Mouvements, modifications de la forme...
- Evolution des propriétés de l'espace
 - Température, occupation du sol
- Evolution des associations spatiales entre objets
 - voiture---ville : loin \Rightarrow proche \Rightarrow à l'intérieur
- Génération / transition d'objets spatiaux
 - Division ou regroupement de parcelles, de pays...
- Transmission de propriétés
 - Maladie, innovation , mode ...

MADs, un modèle conceptuel et ses outils pour un SI spatio-temporel

- Description explicite des phénomènes spatiaux, temporels et spatio-temporels
 - spatiaux: route, rivière, bâtiment, pente, altitude..
 - temporels: dates des crues, débits journaliers des rivières ...
 - spatio-temporels: zones inondées ou polluées jour par jour, extension d'un incendie, couverture du sol selon les années ...
- 2 vues de l'espace :
 - discrète : un pays, une route, une ville, ...
 - continue : pente, température, couverture du sol..
- C'est un modèle:
 - conceptuel
 - facile à appréhender
 - avec un graphisme visuel simple
 - défini formellement
 - 3 dimensions orthogonales : structure, espace, temps

Structure :

un modèle entité-relation étendu



Aspect spatial

■ Concepts spatiaux

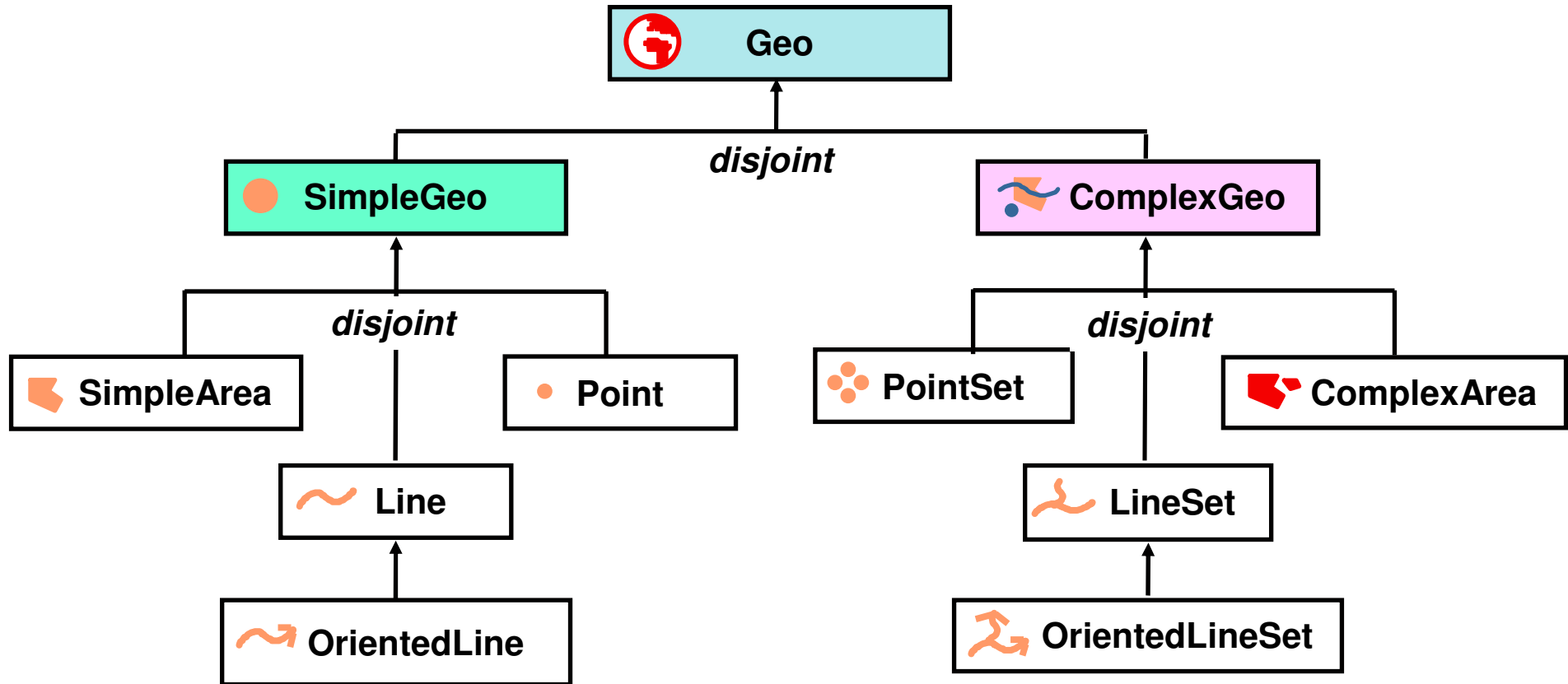
- Localisation, forme, taille des objets
 - “geometry” : Vue discrète
- Données caractéristiques de l'espace
 - e.g., altitude, temperature : Vue continue
- Relations spatiales
 - e.g., inclusion, adjacency, ...
- Contraintes d'intégrité spatiales
 - e.g., covering, partitioning, ...

■ Regroupe les objets dont la spatialité est importante pour le SI

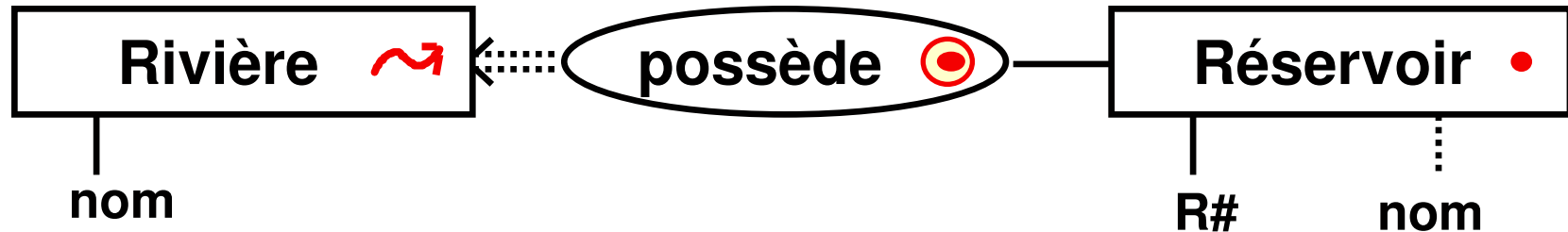
- Person (lastName, firstName, birthDate, birthPlace)
 - N'est pas un objet spatial
 - mais birthPlace peut être un attribut spatial

■ La spatialité se réfère à un ensemble extensible de types abstraits: point, line, oriented line, simple area, composite area, etc.

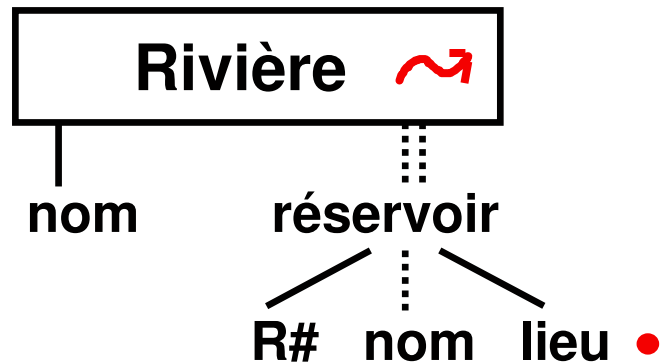
Spatial Abstract Data Types



Modélisation de la spatialité



OU



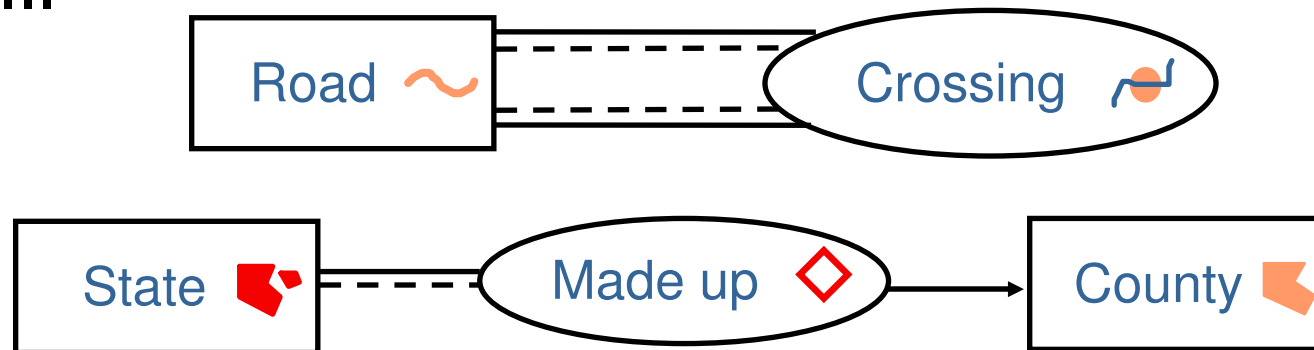
C'est au choix du concepteur :
orthogonalité structure / spatialité

Les relations spatiales

■ Types de relation:

- contained in, adjacent, component of, North of, near to,

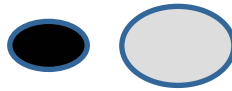
...



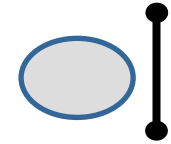
- Un GIS déduit automatiquement une relation spatiale à partir des coordonnées d'un objet.
- Une modélisation explicite peut fournir une grande flexibilité du SI (user-oriented approche)
- Quels relations peuvent être décrites?
 - topological (contains , adjacent , ...)
 - metric (distance , area , ...)
 - orientation (North-of , ...)
 - spatial aggregation (a state is made up of counties)
 - cartographic generalization (scales)

Relations spatiales topologiques

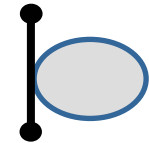
■ disjoint



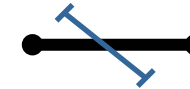
+



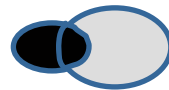
■ touch



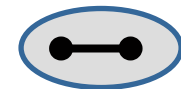
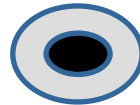
■ cross



■ overlap



■ contains

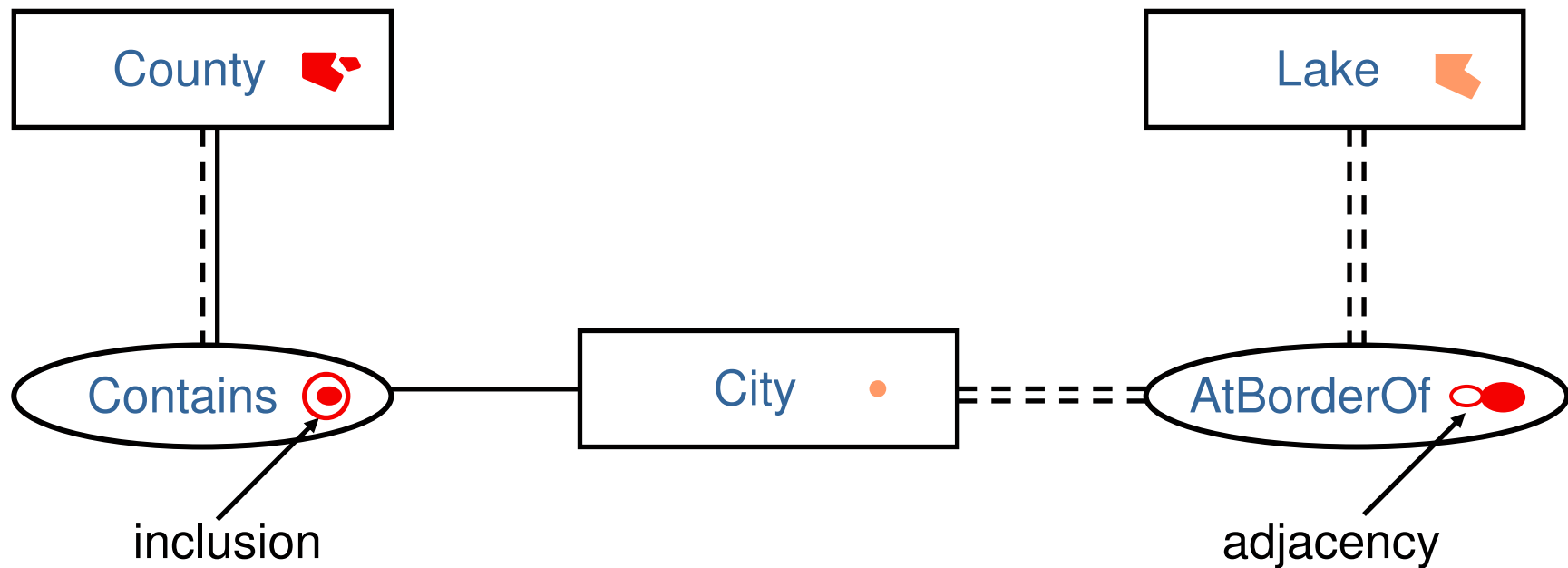


■ equal



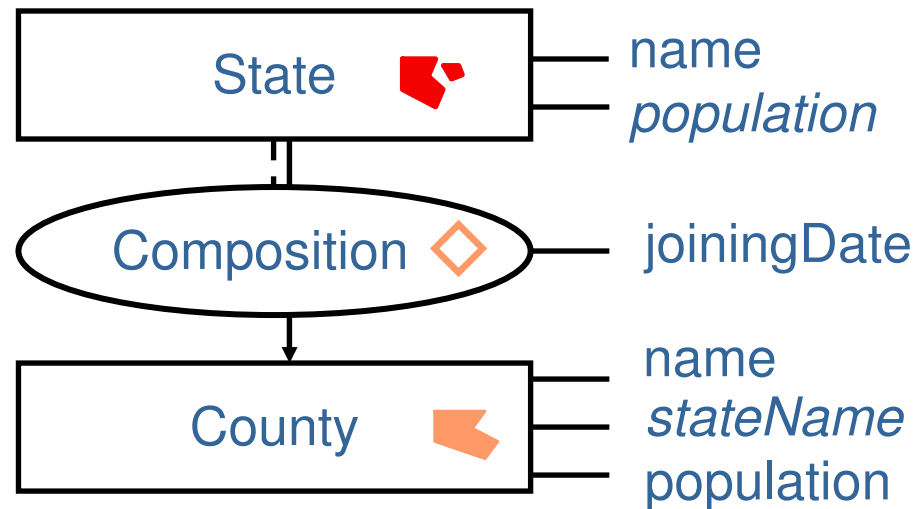
+

Exemple de relations spatiales



Agrégation spatiale

- Un cas particulier de relation valide pour les les types d'objets.





Attributs dérivés

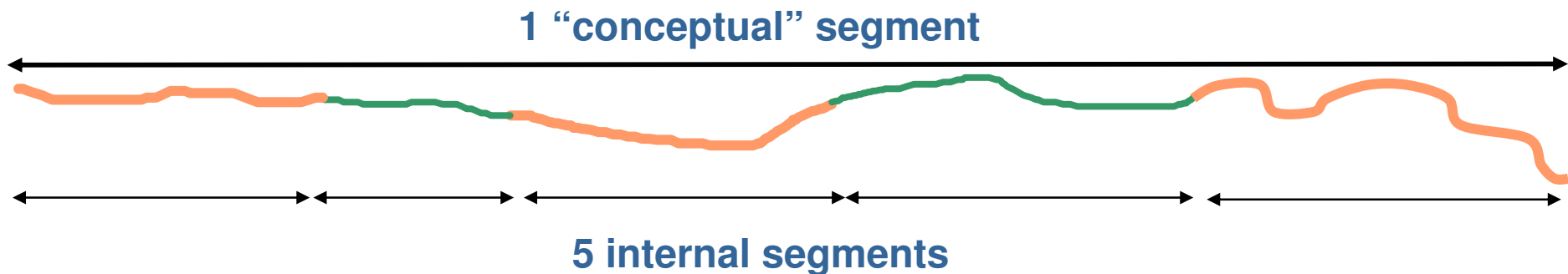
`State.geometry = GEOUNION (County.geometry)`

`State.population = SUM (County.population)`

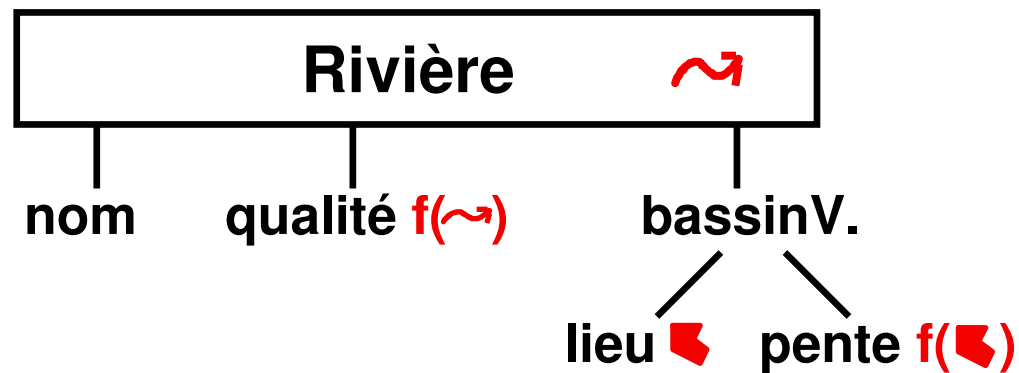
`County.stateName = State.name`

Attributs variant dans l'espace

- Vue continue:
 - Dans l'espace,
 - D'un objet de dimension non-nulle,
 - D'un attribut spatial de dimension non-nulle.
- Fonction : spatial domain \rightarrow value
- Exemple : une route avec un nombre fluctuant de voies
 - 2 lanes  3 lanes 



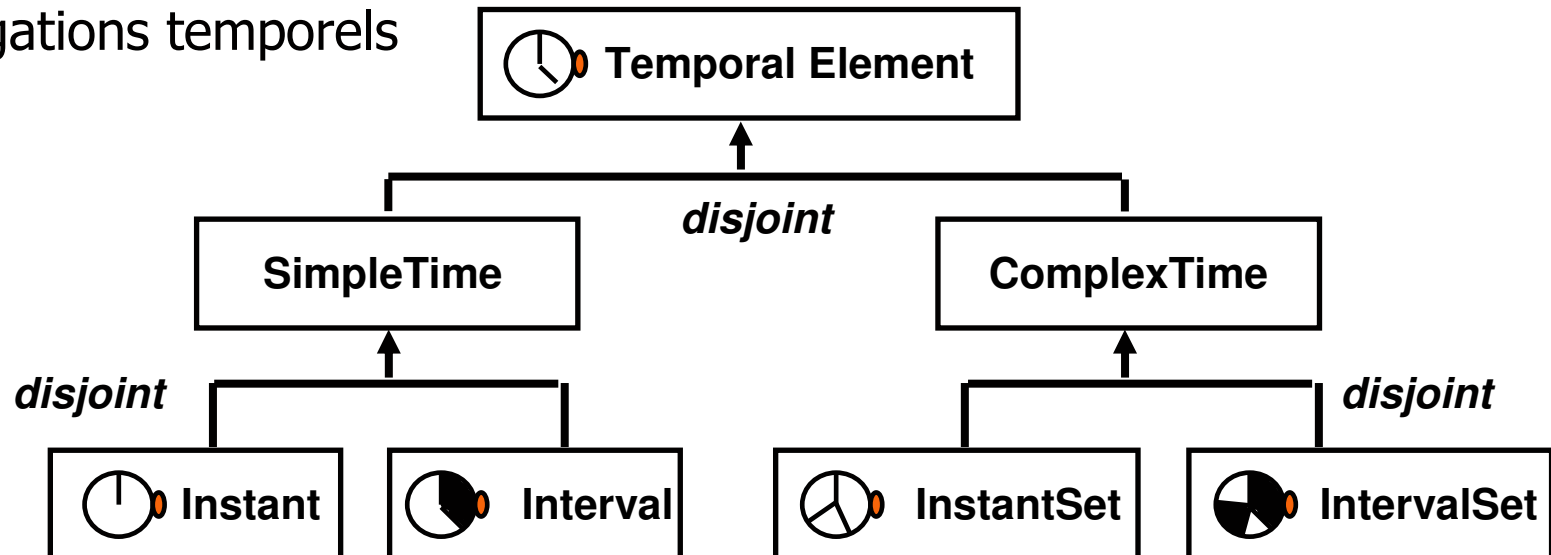
Exemple de variation continue dans l'espace.



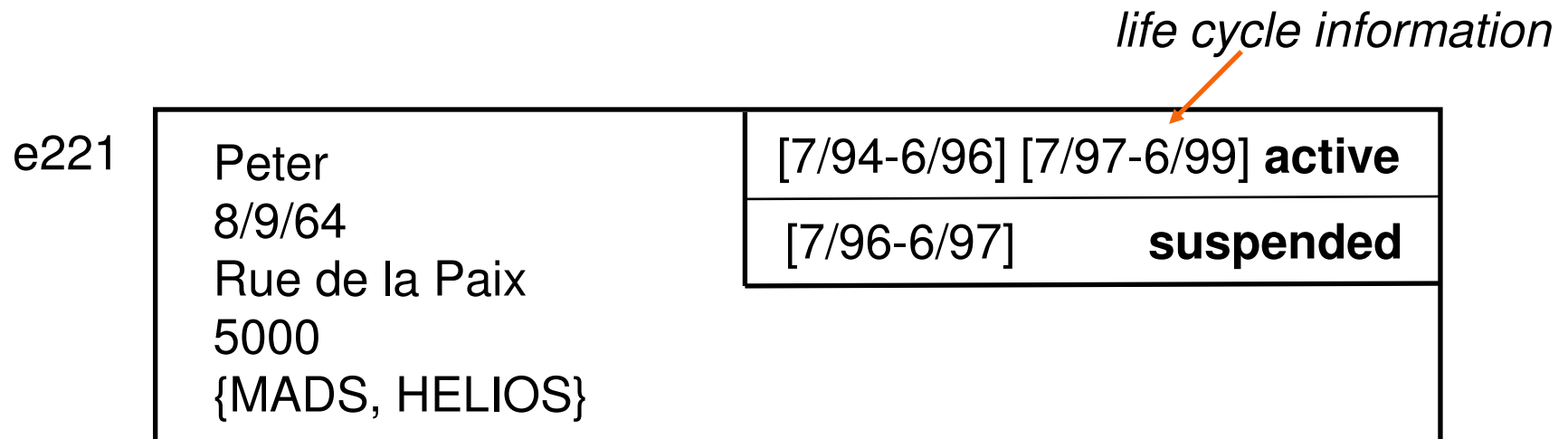
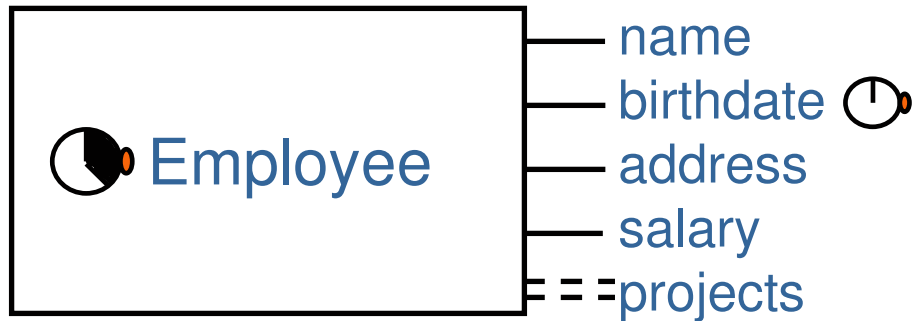
$f(\text{~~~~})$ $f(\text{~~~~})$: attributs variables selon l'emplacement

Aspect temporel

- Cycle de vie des objets et des relations
- Validité de la valeur d'une information (timestamps)
- Relations temporels
 - migration / génération d'objects
 - Liens de synchronisation
 - Agrégations temporels



Cycle de vie d'un objet



The status of the object can be: active, suspended, disabled, not-yet-existing

Object's / Relationship's Life Cycle

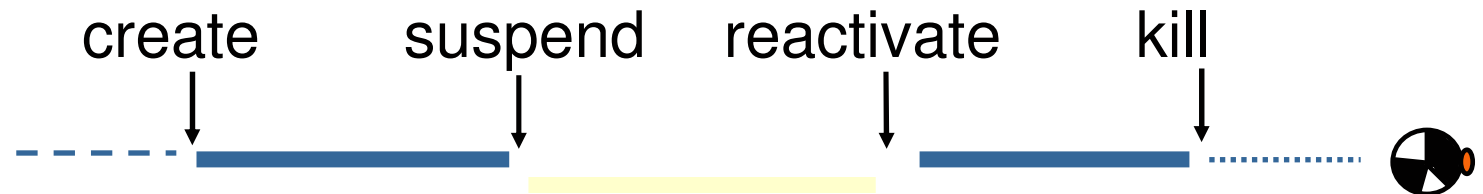
■ Simple

- interval
- instant

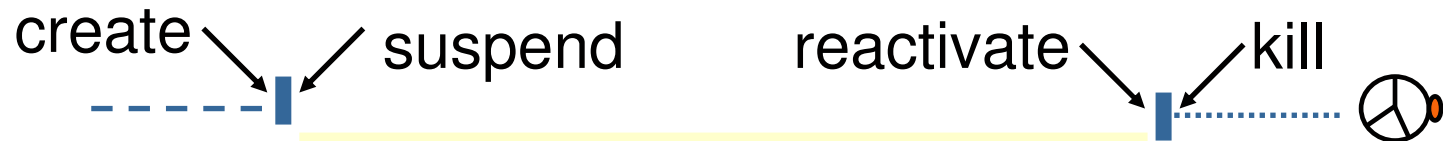


■ Discontinuous

- interval set

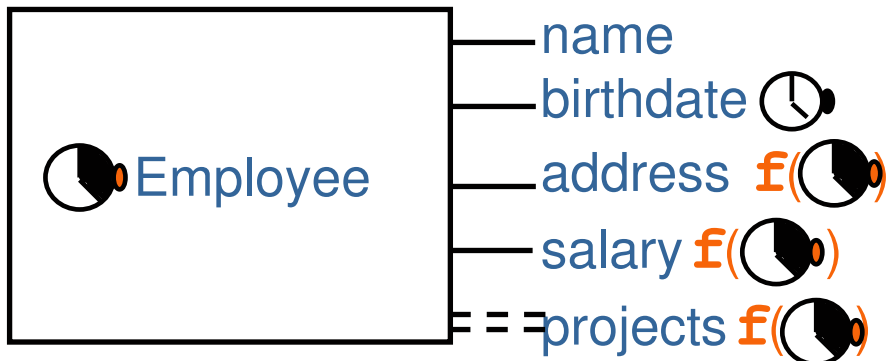


- instant set



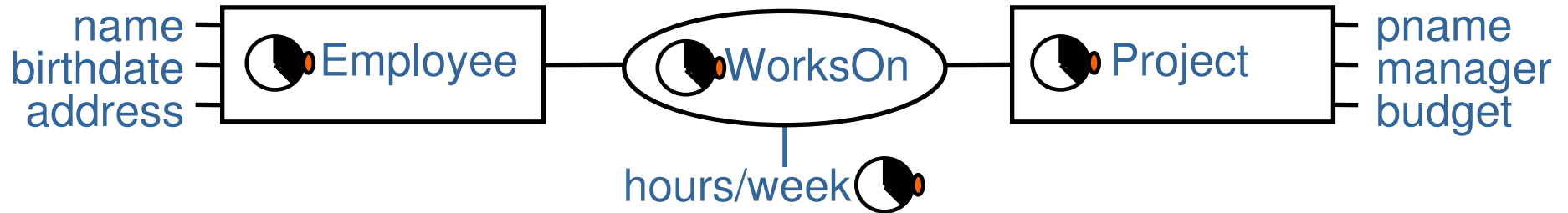
Timestamped Attributes

- un attribut variable dans le temps est un ensemble:
(value , time interval/instant)



Peter	[7/94-7/98]
8/9/64	
Bd St Germain	[1/85-12/87]
Bd St Michel	[1/88-12/94]
Rue de la Paix	[1/95-now]
4000	[7/94-7/95]
5000	[8/95-now]
{MADS}	[7/94-8/95]
{MADS, HELIOS}	[9/95-now]

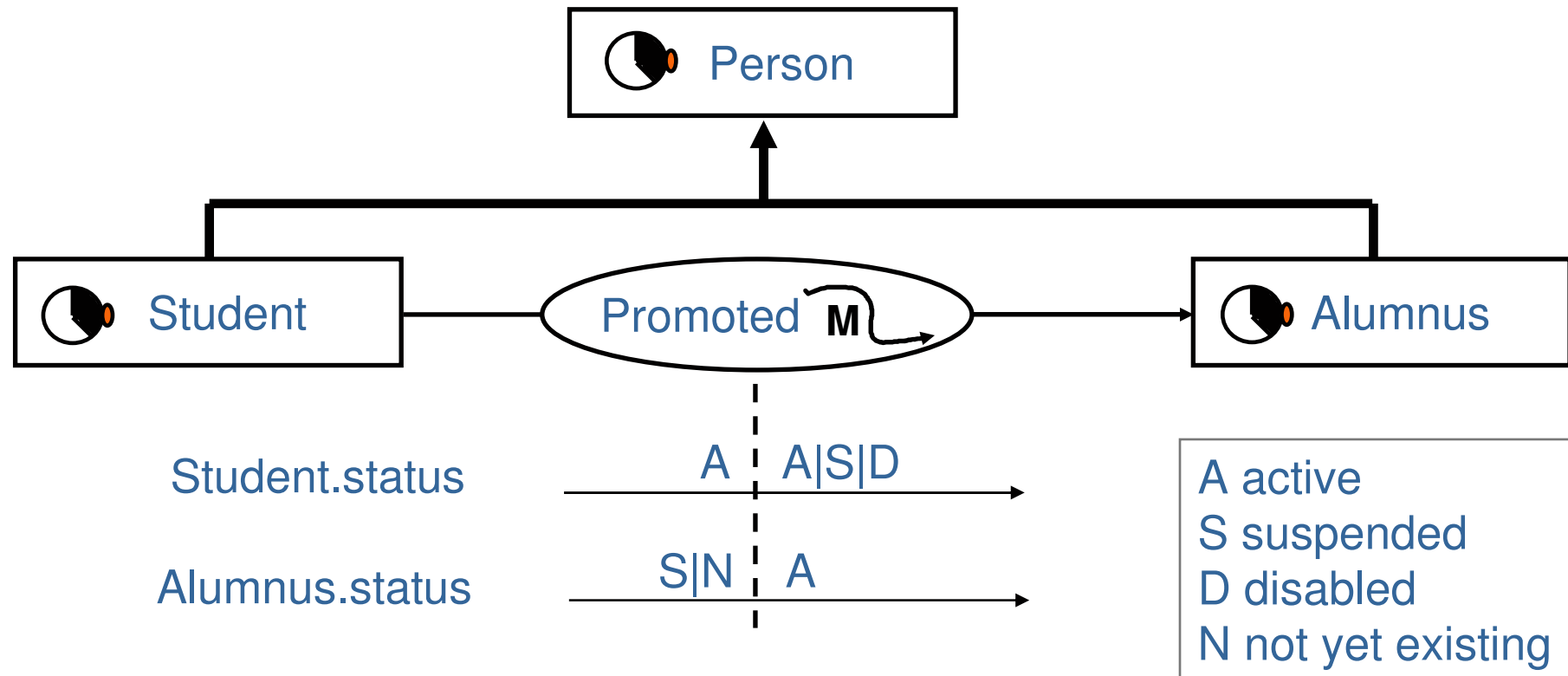
Timestamped Relationships



e1	John	[x/x/x - x/x/x]		[x/x/x - x/x/x]	MADS	[x/x/x - x/x/x]	p1	
	3/7/55		(e1, p2,	30		[x/x/x -- x/x/x]		Christine
e2	Peter	[x/x/x - x/x/x]		[x/x/x - x/x/x]	Mur2	[x/x/x - x/x/x]	p2	
	8/10/64		(e1, p1,	25		[x/x/x - x/x/x]		Yves
	Rue de la Paix		35	[x/x/x - x/x/x]		6000		
			(e2, p2,	25	[x/x/x - x/x/x]			
			35	[x/x/x - x/x/x]				

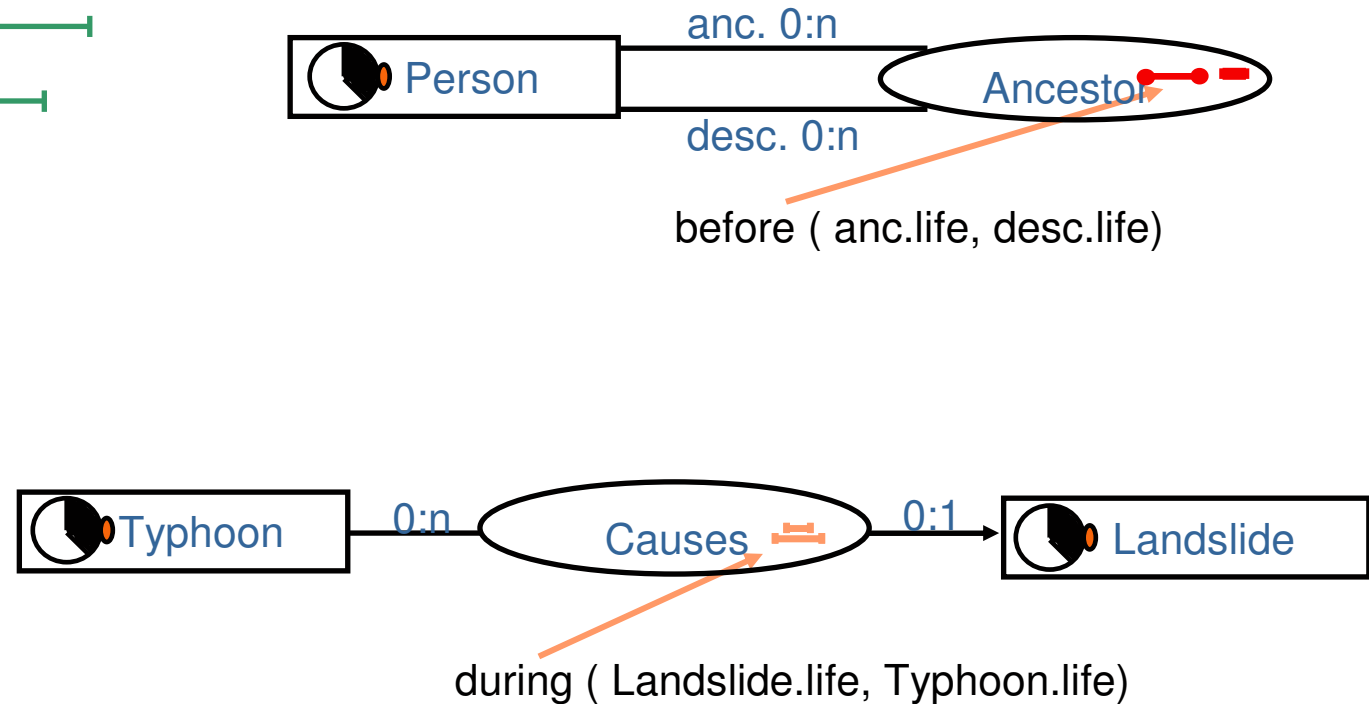
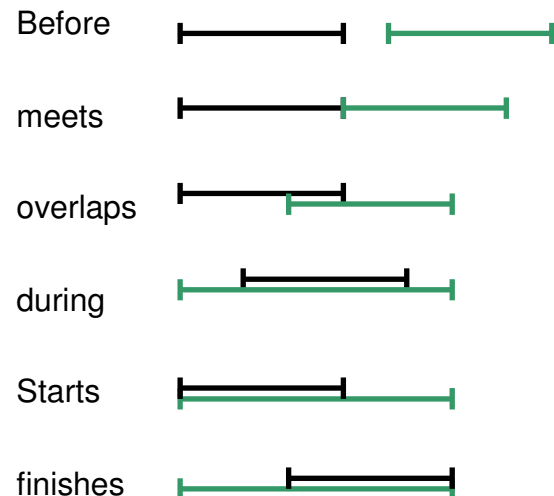
Migration Relationship

- Migration d'objets dans une hiérarchie d'héritage dynamique: "becomes a"



Synchronization Relationships

- Décrit des contraintes temporelles entre le cycle de vie de deux objets.
- Exprimée à l'aide des opérations d'Allen étendues aux éléments temporels.



Modélisation spatio-temporelle

■ Les propriétés spatiales décrivant des objets spatiaux varient souvent dans le temps:

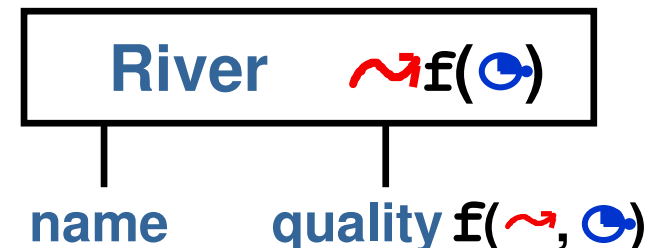
- Les objets spatiaux bougent (position)
voitures, oiseaux migrateurs ...
- La forme d'un objet spatial peut changer
Incendie de forêt, ouragan, court d'une rivière, limites d'un pays ...

geometry = function (time)

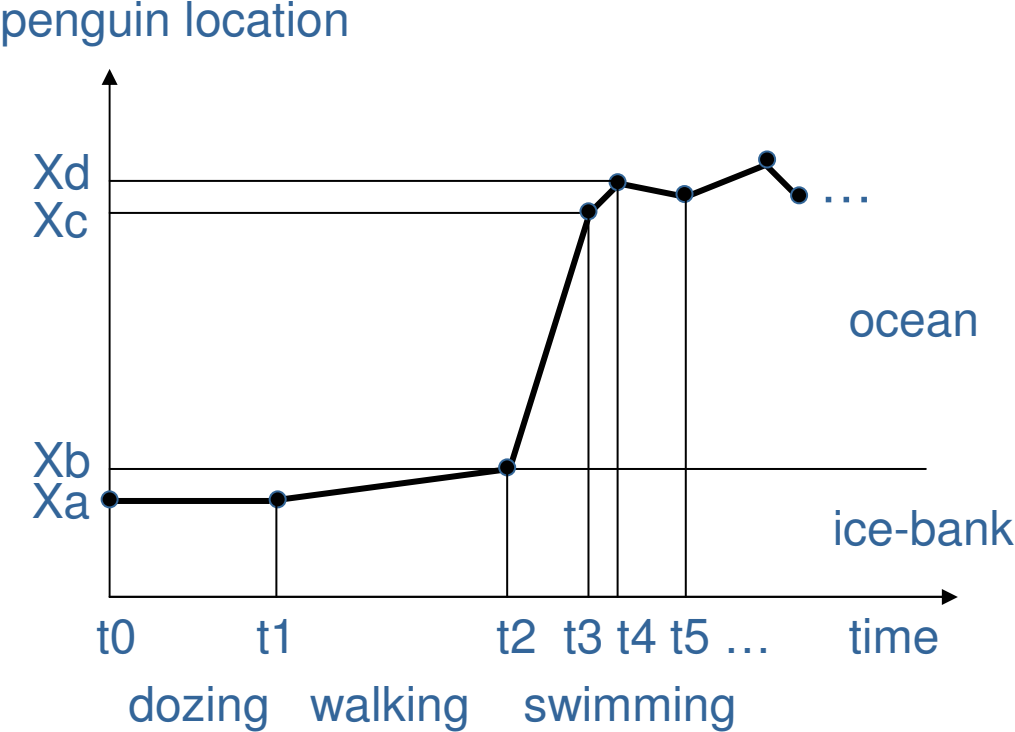


■ La température ... varie en fonction du temps et de l'espace

- Une fonction sur (Space \times Time)
temperature = f (location , time)



An Antarctic's Penguin

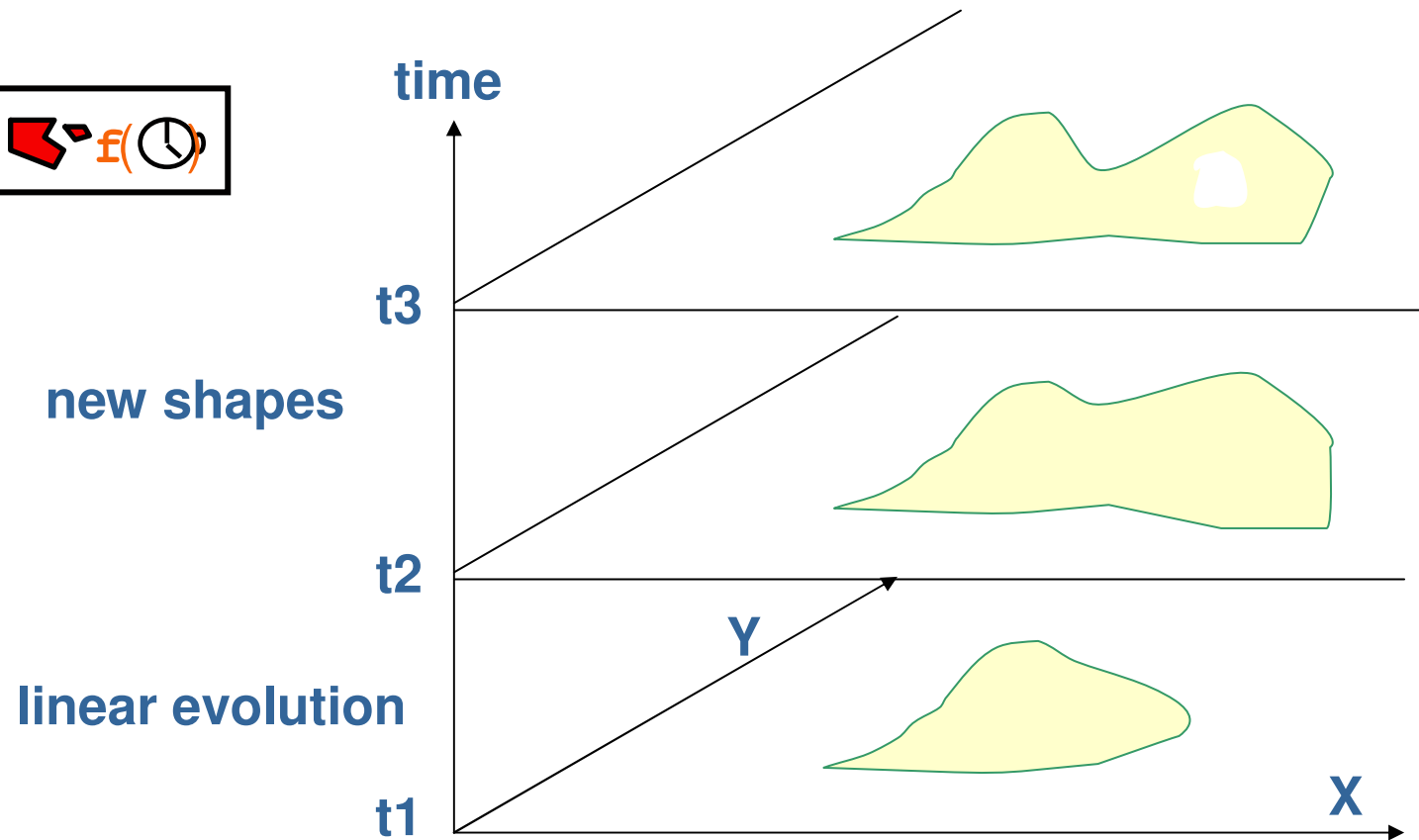


Penguin • $f(\text{Clock})$

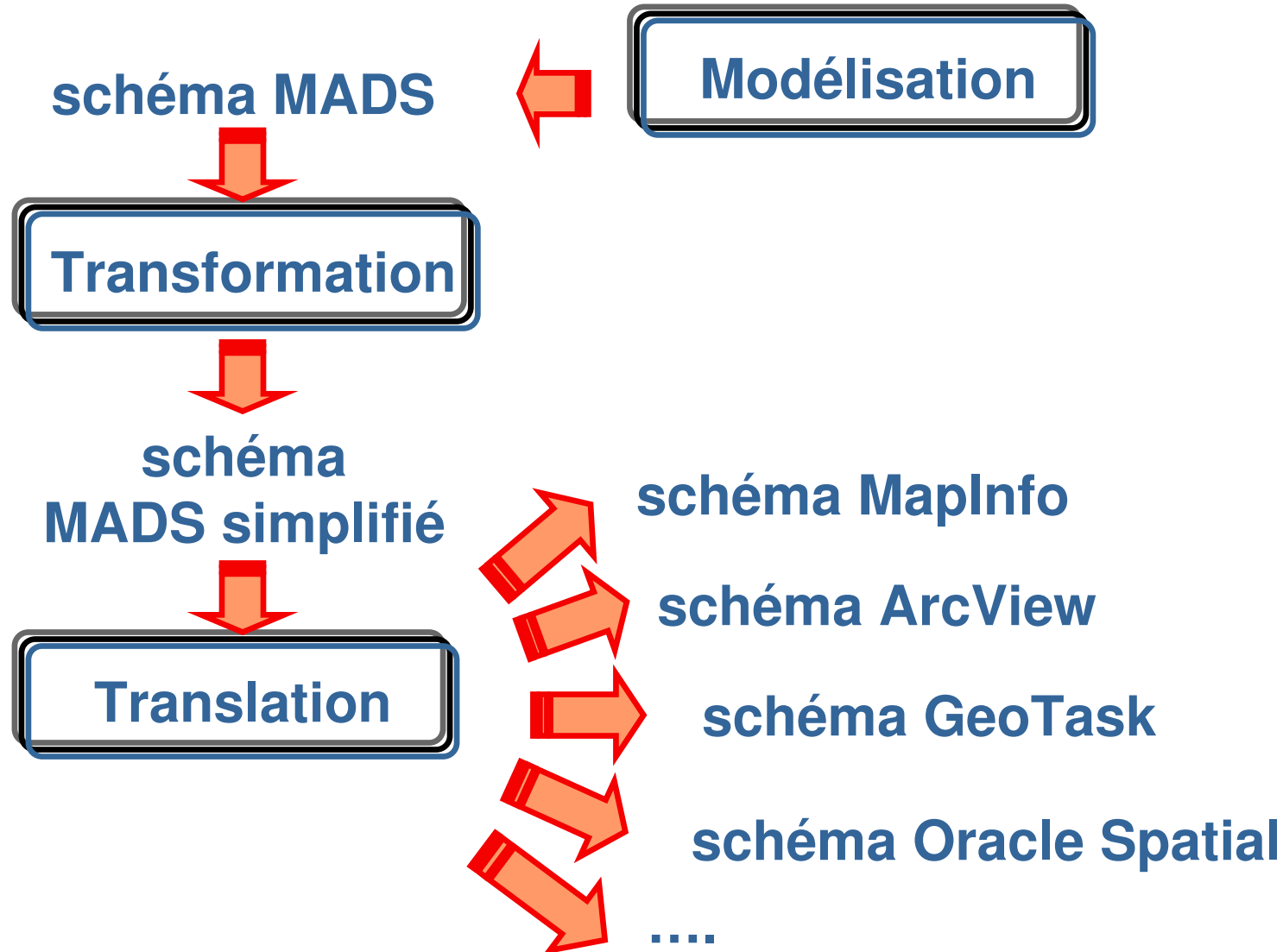
time	location	function
t0:t1	Xa	constant
t1:t2	Xa:Xb	linear
t2:t3	Xb:Xc	linear
t3:t4	Xc:Xd	linear
....		

Shape Deformation

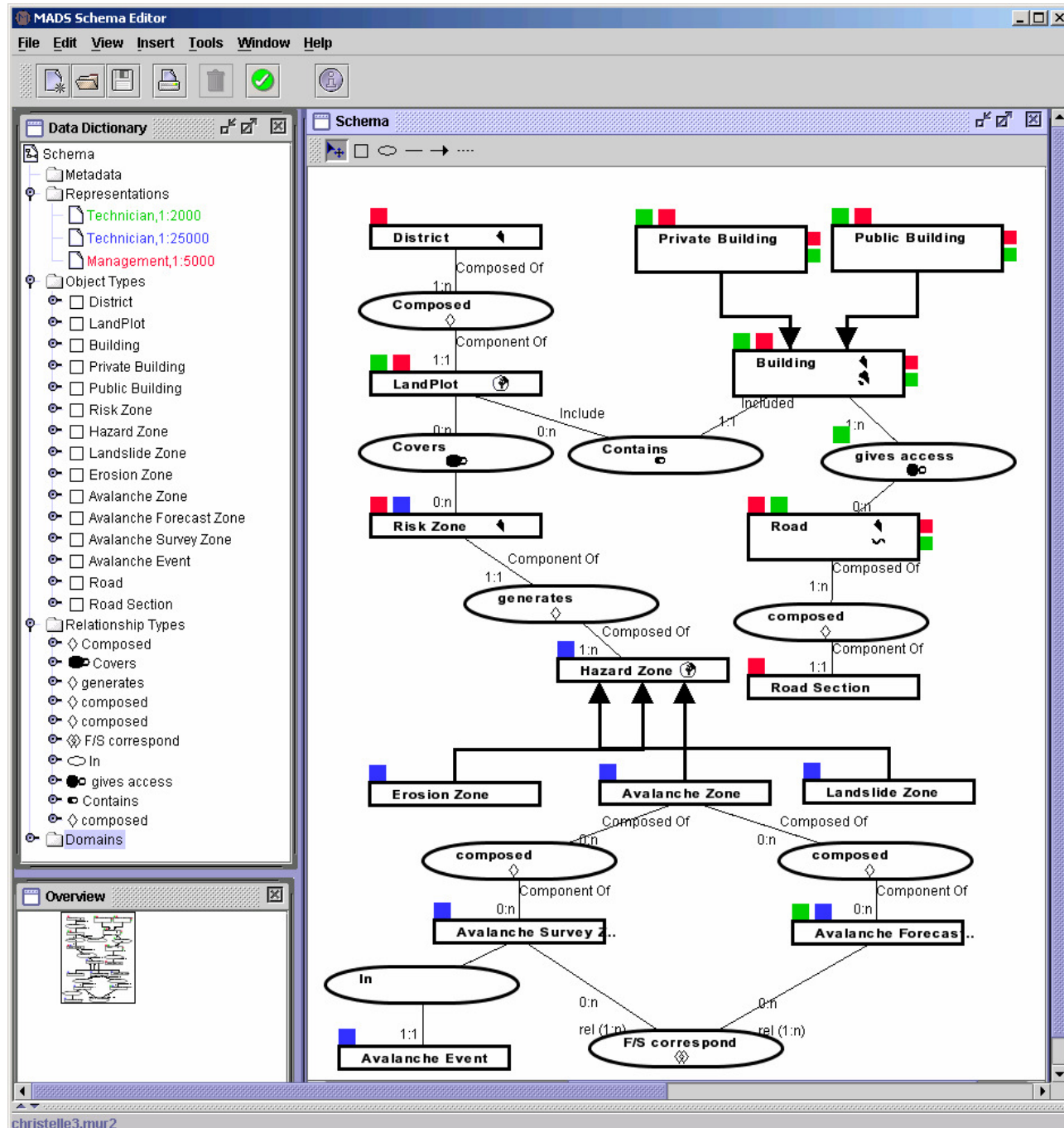
Lake  $f(t)$ 



Mads: outils de modélisation, de traductions et d'interrogation !



Mads Schema Editor



Mads Query Editor

The screenshot displays the Mads Query Editor interface, which is divided into several panels:

- Database schema:** Shows a hierarchical view of the database schema. It includes entities like **District**, **Private Building**, **Public Building**, **Building**, and **LandPlot**. Relationships are shown as ovals: **Composed Of** (1:n), **Composed** (1:n), **Composed101** (1:1), **Covers** (n:n), **Contains** (1:n), and **gives access** (1:n).
- Query Schema:** Shows the query schema for the current query. It includes the **Building** entity with attributes: **number** (1:1), **usage** (0:1), **entrance point** (1:1), **owner** (1:1), **height** (0:1), **construction date** (1:1), and **ID (number)**. It also shows relationships: **Contains** (1:1), **Include** (0:n), **Component Of** (1:1), and **Composed Of** (1:n).
- Selection Predicate:** Shows the selection predicate for the query. The **Left Term** is **District.name** and the **Result Expression** is **composed.District.name = "Lausanne"**. The **Quantifier** is set to **Quantifier** and the **VarName** is empty.
- Algebra expression is:** Shows the algebraic expression for the query: `projection [Geometry[Technician,1:2000], number, usage, entrance point, owner, height, construction date[Management,1:5000]] selection [(Contains.LandPlot.Composed.District.name = "Lausanne")] Building`

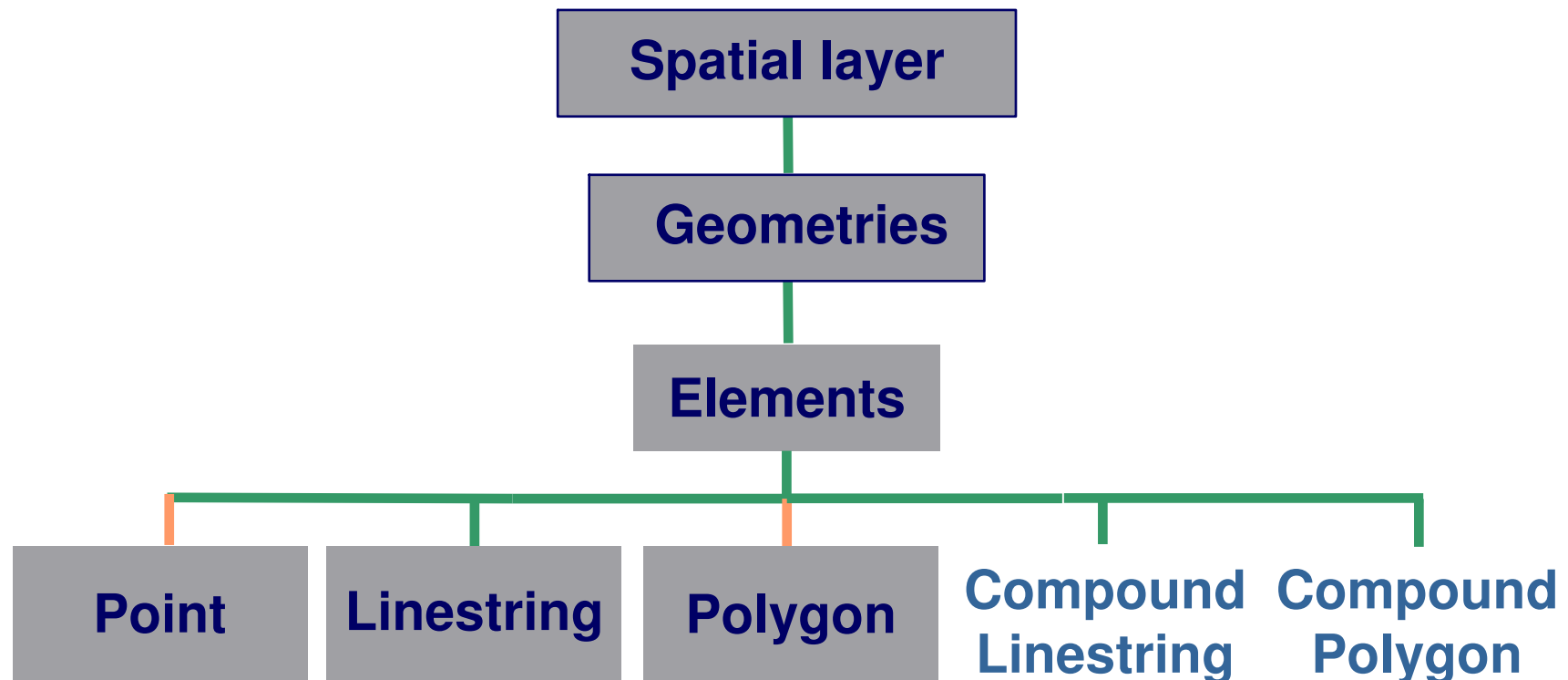
Extension spatiale Oracle

- Pour les SIG (systèmes d'information géographiques) : location dans l'espace (coordonnées), géométrie des objets, des caractéristiques textuelles et le temps.
- Pour la conception assistée par ordinateur (automobile,...)
- Pour la fabrication assistée par ordinateur (circuits intégrés, ...)

Différence d'échelle de travail mais problèmes similaires

Modèle de Données

- Le modèle de données de la cartouche spatiale est organisé en une structure hiérarchique.
 - Une couche (layer) spatiale est composée de géométries.
 - Une géométrie est elle-même composée d'éléments.
 - Un élément est une des primitives géométriques.

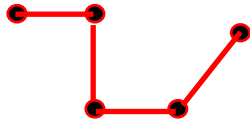


Primitives géométriques

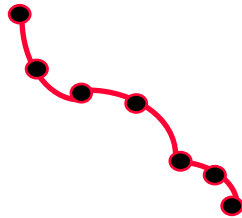
Point



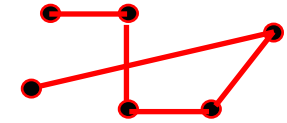
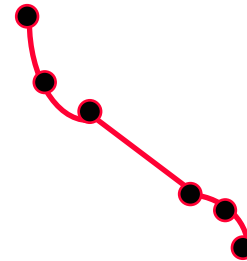
Line string



Arc line string

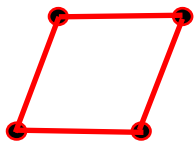


Compound line string

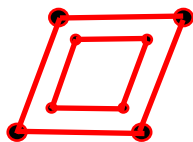


Valid

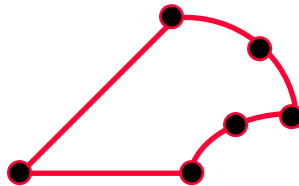
Polygon



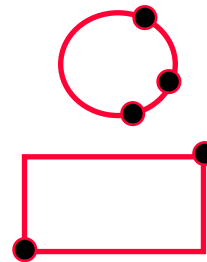
Polygon with hole



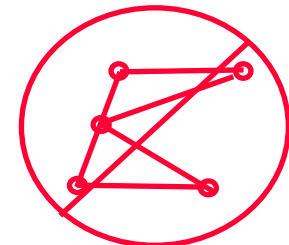
Compound polygon



Optimized polygons

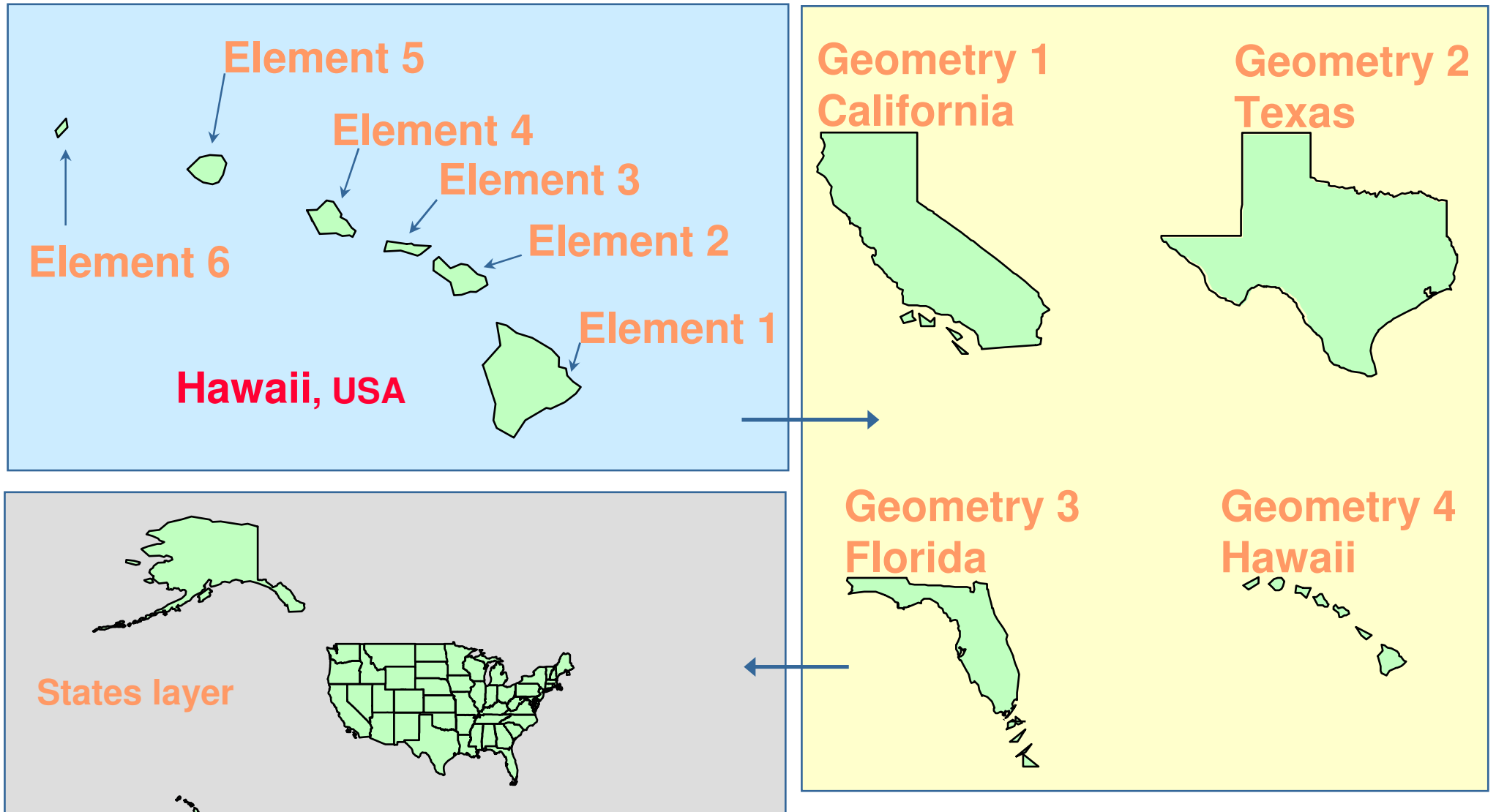


Self-crossing polygons



Not valid

Modèle de données



Cartouche spatiale (1/6)

- Oracle 8i (cartouche spatiale) utilise 4 tables :
 - SDO_LAYER, SDO_DIM, SDO_GEOM et SDO_INDEX pour stocker et indexer les données spatiales.
 - Ces 4 tables sont globalement référencées comme une couche.

- L'Objet SDO_GEOMETRY comporte 5 attributs :
 - Le type de la géométrie (code entier, SDO_GTYPE),
 - Un identificateur (entier, SDO_SRID (spatial référence ID)),
 - Puis selon le type de la géométrie, on considère
 - Soit un point (SDO_POINT),
 - Soit un tableau d'éléments (SDO_ELEM_INFO – tableau d'entiers) et un tableau de coordonnées (SDO_ORDINATES – tableau d'entiers)

Cartouche spatiale (2/6)

■ L'objet SDO_GEOMETRY :

SDO_GTYPE	NUMBER
SDO_SRID	NUMBER
SDO_POINT	SDO_POINT_TYPE
SDO_ELEM_INFO	SDO_ELEM_INFO_ARRAY
SDO_ORDINATES	SDO_ORDINATE_ARRAY

Exemple de création d'une table avec une géométrie

```
SQL> CREATE TABLE states (  
2     state          VARCHAR2 (30) ,  
3     totpop        NUMBER (9) ,  
4     geom           MDSYS.SDO_GEOMETRY) ;
```

Cartouche spatiale (3/6)

- **SDO_GTYPE** précise le type de la géométrie (entier)

<u>GTYPE</u>	<u>Explication</u>
0 UNKNOWN_GEOMETRY	géométrie ignorée
1 POINT	un point
2 LINESTRING	une ligne
3 POLYGON	un polygone
4 HETEROGENEOUS COLLECTION	un ensemble d'éléments de types différents : points, lignes, polygones
5 MULTIPOINT	un ensemble de points
6 MULTILINESTRING	un ensemble de lignes
7 MULTIPOLYGON	un ensemble de polygones

- **SDO_SRID** est un ID (identificateur) du système de référence spatial.

Cartouche spatiale (4/6)

- SDO_POINT est de type SDO_POINT_TYPE
X NUMBER
Y NUMBER
Z NUMBER

Cet attribut n'est rempli que si la géométrie est un point, et que les deux derniers champs de SDO_GEOMETRY sont Null.

Exemple de géométrie avec un point

```
SQL> INSERT INTO ...  
2>     VALUES (attribute_1, ... attribute_n,  
3>             MDSYS.SDO_GEOMETRY (  
4>                 3001, null,  
5>                 MDSYS.SDO_POINT_TYPE (-75.2, 43.7, 200),  
6>                 null, null)  
7>             );
```

3001 = point 3D

Cartouche spatiale (5/6)

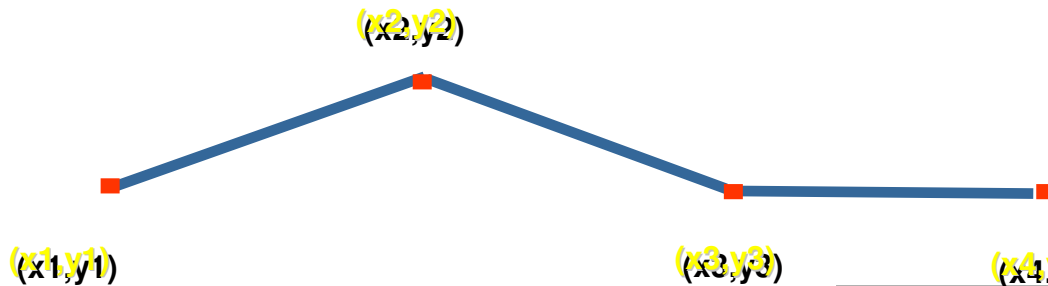
- SDO_ELEM_INFO et SDO_ORDINATES sont deux tableaux qui décrivent les éléments de la géométrie et leurs coordonnées. Ce sont deux tableaux d'entiers.
- SDO_ELEM_INFO comporte un ensemble de triplets.
- Chaque triplet décrit : la position du 1er élément dans SDO_ORDINATES (valeur de départ 1), le type de l'élément et son interprétation : ligne droite, arc de cercle, ...

<u>Number</u>	<u>Type de l'élément</u>	<u>Interpretation</u>
0	UNKNOWN_ELEMENT	
1	POINT	nombre de points
2	LINestring	1 – Ligne droite 2 – Arc de cercle
3	POLYGON	1 – Ligne droite
1003	(Outer)	2 – Arc de cercles
2003	(Inner)	3 – Rectangle optimisé 4 - Cercle
4	COMPOUND LINestring	nombre d'éléments de type 2
5	COMPOUND POLYGON	nombre d'éléments de type 2
1005	(Outer)	
2005	(Inner)	

Cartouche spatiale (6/6)

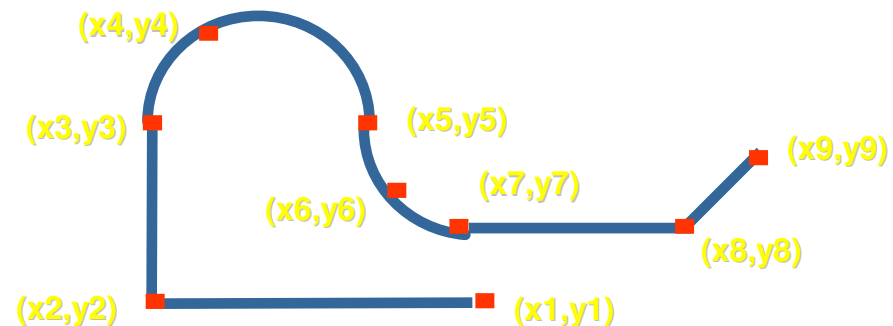
■ Exemple : stockage d'une ligne (2=ligne, 1=droite)

Ordinate offset	Element type	Interpretation
1	2	1



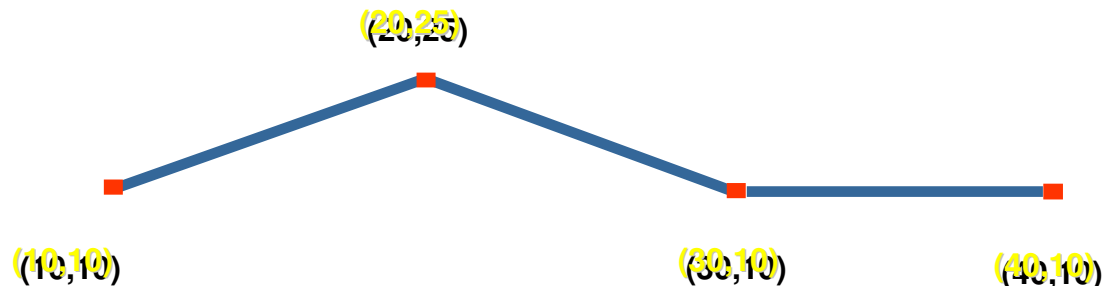
■ Exemple : stockage d'une ligne composée (de 3 lignes: droite, courbe, droite).

Ordinate Offset	Element Type	Interpretation
1	4	3
1	2	1
5	2	2
13	2	1



Construction d'une géométrie

```
SQL> INSERT INTO ... VALUES (  
2>     attribute_1, ... attribute_n,  
3>     MDSYS.SDO_GEOMETRY (  
4>         2002, null, null,  
5>         MDSYS.SDO_ELEM_INFO_ARRAY (1,2,1),  
6>         MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY (  
7>             10,10, 20,25, 30,10, 40,10))  
8>     );
```



Méta-données spatiales (1/2)

- Les routines spatiales nécessitent le remplissage d'une vue appelée USER_SDO_GEOM_METADATA.
- Cette vue est créée lors de l'installation d'Oracle et contient des méta-données sur les colonnes de SDO_GEOMETRY

```
SQL> DESCRIBE USER_SDO_GEOM_METADATA
```

Name	Null?	Type
-----	-----	-----
TABLE_NAME	NOT NULL	VARCHAR2(32)
COLUMN_NAME	NOT NULL	VARCHAR2(32)
DIMINFO		MDSYS.SDO_DIM_ARRAY
SRID		NUMBER

- Pour chaque colonne de type SDO_GEOMETRY (dans les différentes tables), une ligne doit être insérée dans les méta-données pour préciser les bornes et la précision des valeurs et le système de coordonnées.

Méta-données spatiales (2/2)

■ Exemple :

```
SQL> INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA
2>   (TABLE_NAME, COLUMN_NAME, DIMINFO, SRID)
3>   VALUES (
4>     'ROADS',
5>     'GEOMETRY',
6>     MDSYS.SDO_DIM_ARRAY (
7>       MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Long', -180, 180, .005),
8>       MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Lat', -90, 90, .005)),
9>     8307);
```

Insertion de données

- Insertion de données par la commande SQL : insert
- L'index spatial est automatiquement mis à jour

– *Description d'une ligne*

```
SQL> INSERT INTO LINES VALUES (  
2>     attribute_1, ... attribute_n,  
3>     MDSYS.SDO_GEOMETRY (  
4>         2002, null, null,  
5>         MDSYS.SDO_ELEM_INFO_ARRAY (1,2,1),  
6>         MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY (  
7>             10,10, 20,25, 30,10, 40,10))  
8>     );
```

Indexation des données spatiales

- 2 méthodes d'indexation sont utilisées :
 - Indexation à l'aide Quadtree
 - Découpage successif de l'espace en carrés (pavage, tessellation)
 - Indexation à l'aide de R-Tree
 - Utilisation des rectangles minimum englobants

Requêtes (1/4)

■ Opérateurs spatiaux

- Utilisent les index,
- Nécessitent la définition d'un index sur la première géométrie utilisée dans l'index,
- Uniquement dans les clause where

■ Fonctions spatiales

- N'utilisent pas les index
- Peuvent être utilisées sur des petites tables non indexées
- Peuvent être utilisées dans une liste select ou une clause where

Requêtes (2/4)

■ SDO_FILTER

- Réalise premier filtre

■ SDO_RELATE

- Réalise premier ou deuxième filtre

■ SDO_WITHIN_DISTANCE

- Génère un tampon autour de la géométrie et réalise un premier ou deuxième filtre

■ SDO_NN

- Retourne les plus proches voisins

■ SDO_GEOM.RELATE

- Détermine la relation entre 2 géométrie
- Réalise une requête spatiale sans utiliser (i.e. sur une petite table)

■ SDO_GEOM.WITHIN_DISTANCE

- Génère un tampon autour de la géométrie et réalise un premier ou deuxième filtre

Requêtes (3/4)

■ Exemple de requête (1)

- Trouver toutes les villes situées dans une zone d'intérêt rectangulaire

```
select c.city, c.pop90
  from cities c
 where mdsys.sdo_filter (
        c.location,
        mdsys.sdo_geometry (2003, null, null,
        mdsys.sdo_elem_info_array (1,1003,3),
        mdsys.sdo_ordinate_array (-109,37,-102,40)),
        'querytype=WINDOW layer_gtype=POINT') = 'TRUE';
```

Requêtes (4/4)

■ Exemple de requête (2)

- Trouver toutes les comtés situées autour du New Jersey

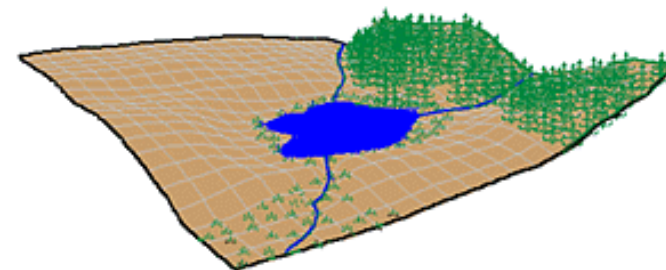
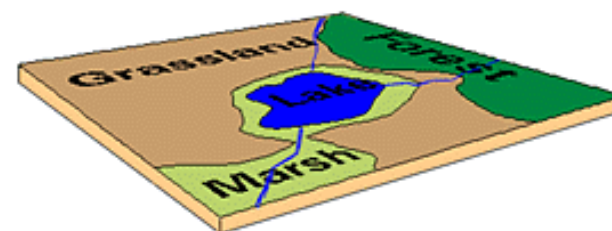
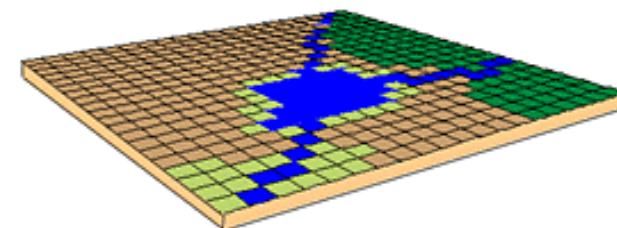
```
select c.county, c.state
  from states s, counties c
 where s.state = 'New Jersey'
    and mdsys.sdo_geom.relate
      (s.geom,
       'touch',
       c.geom, 0.00000005) = 'TOUCH';
```

SIG - Définition

- Les SIG permettent de modéliser l'espace en:
 - 2 D (le plus souvent)
 - 2.5 D
 - Chaque point a une altitude et un seule (pas de surplomb, ni de falaise ...)
 - 3D (rarement)
- Composants:
 - Acquisition des données
 - Capture et traitements des images
 - Numérisation de cartes papier
 - Analyse et archivage des données
 - Stockage
 - Analyse statistique (-> rapports statistiques)
 - Analyse spatiale, modélisation, simulation
 - Affichage des résultats
 - Résultats "classiques"
 - Résultats statistiques
 - Cartes et plans schématiques

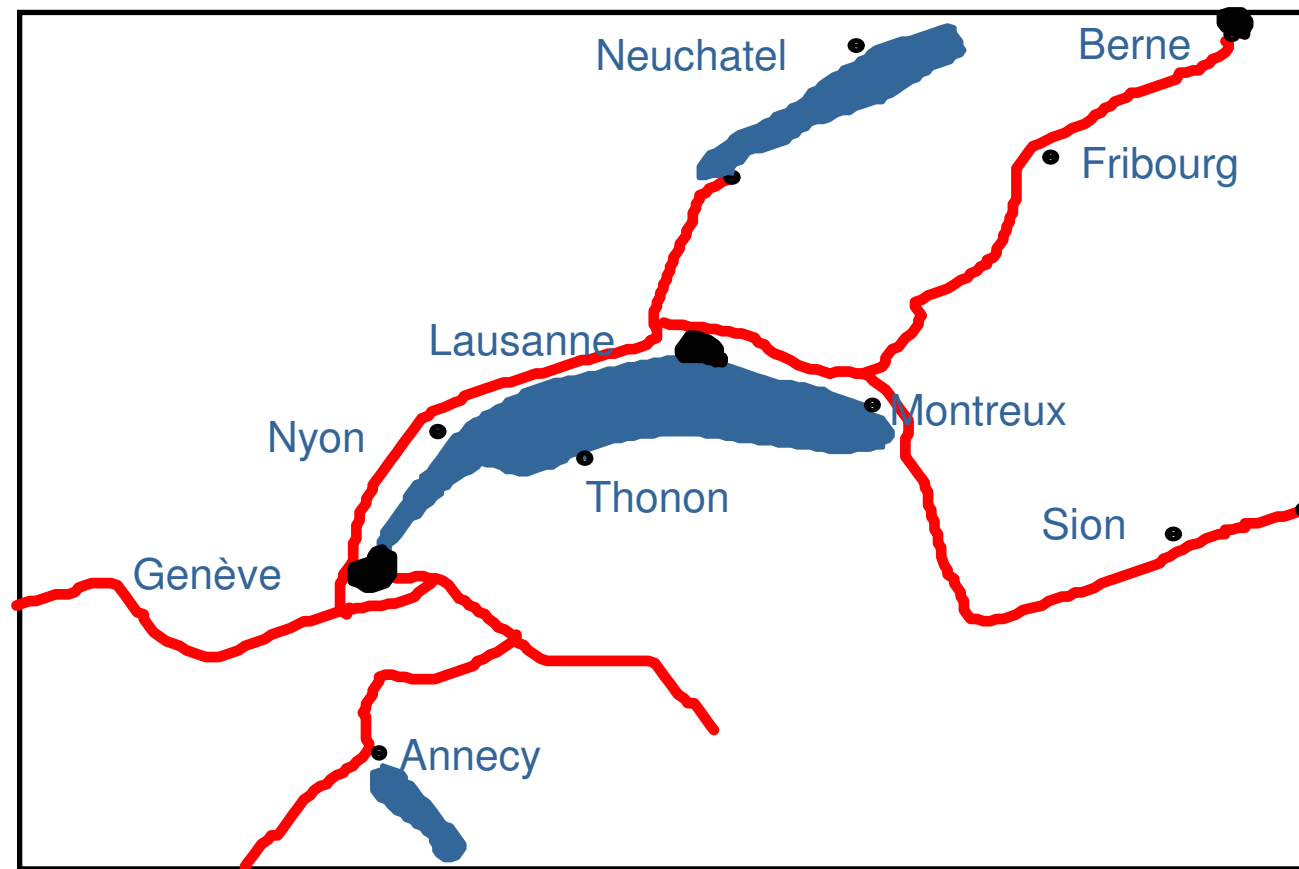
Types de SIG

- SIG matriciel (raster GIS)
 - gère des grilles régulières
 - SIG vectoriel (vector GIS)
 - gère des objets spatiaux de type point, ligne, surface ...
 - SIG mixte: vecteur et raster avec des fonctions de traduction :
 - vecteur -> raster
 - raster -> vecteur
- Mais :
- 2 modules indépendants
 - 2 interfaces indépendants
 - les requêtes mixtes doivent être traitées par l'un des 2 modes
- => traductions

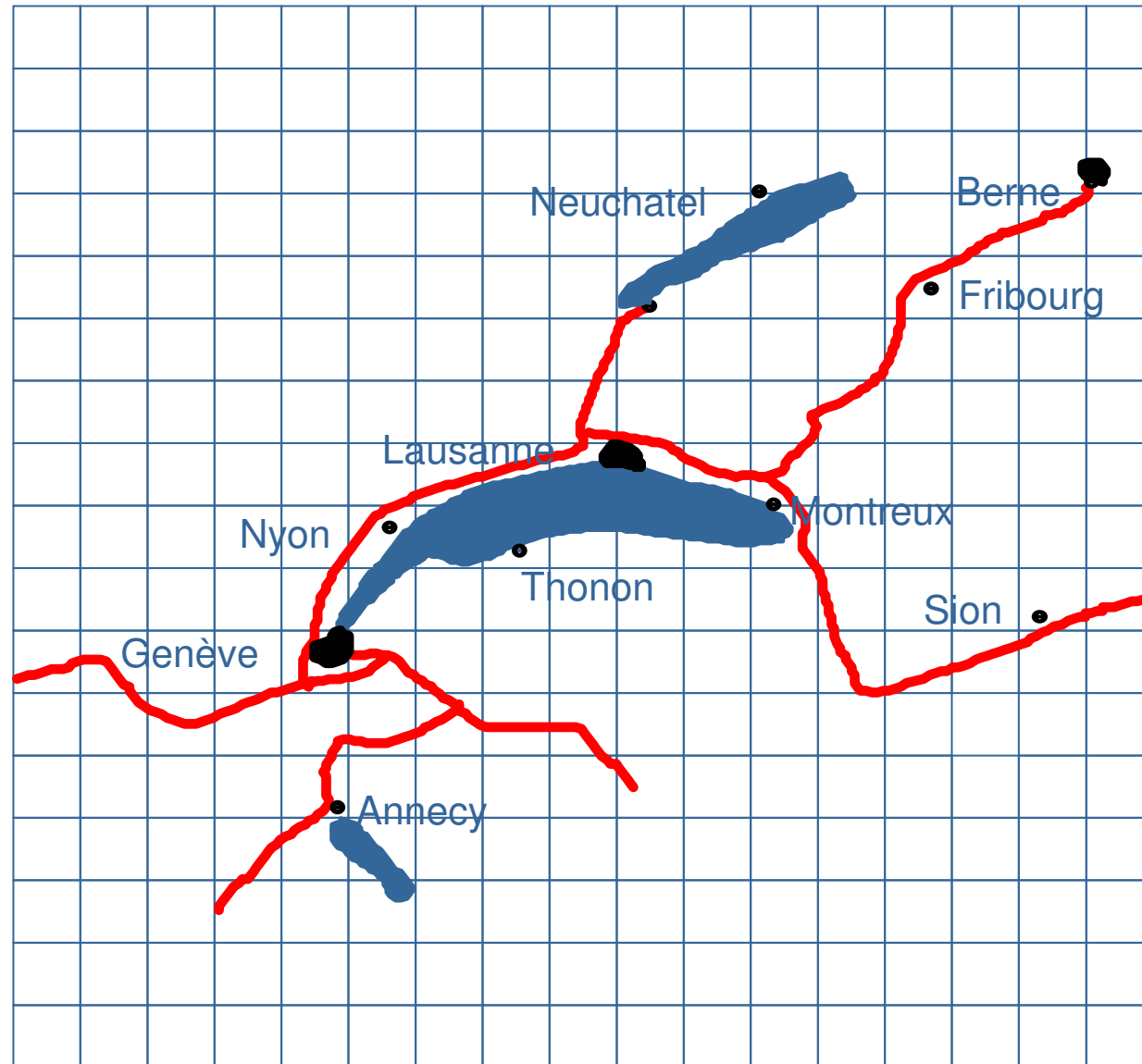


Rasterisation (1/3)

- Passage d'une représentation vecteur à une représentation raster



Rasterisation (2/3)



SIG vectoriels

■ Le type de système le plus courant est composé :

- système de gestion de la spatialité (SGS)
- SGBD (souvent relationnel)

Arc/Info, Argis , Vision , MapInfo, ArcView, Oracle ...

■ SGS :

- localisation des objets
 - forme (point, ligne, surface)
 - coordonnées
 - fonctions spatiales: topologiques , métriques , d'orientation , d'analyse 3D du terrain (bassins versants...) , d'analyse spatiale (Voronoi...) ...
- acquisition des données spatiales
- visualisation (cartes, plans)

SIG vectoriels (suite)

- SGBD : gestion des données non spatiales:
 - attributs non spatiaux des objets spatiaux
Parcelle : numéro, type, ref_propriétaire ...
 - objets non spatiaux
Propriétaire: nom, prénom, adresse...
- Lien entre les deux systèmes (SGS et SGBD) par un identifiant interne d'objet spatial

SGS : Parcelle (*Pid* , <liste de points>)

SGBD : Parcelle (*Pid* , N°Parcelle, type, N°Propriétaire)

Propriétaire (N°Propriétaire, nom, prénom, adresse)

- Deux interfaces : une pour le SGBD (SQL)
une pour le SGS (propriétaire)

Organisation interne des SIG vectoriels

- **Organisation en spaghetti** : les coordonnées de chaque objet sont enregistrées. Pas de différence entre un point isolé, un point d'une ligne...

- Point = (x,y)
- Arc = $\{(x,y)\}$
- Polygone = $\{(x,y)\}$

😊 : établissement de cartes, mise à jour

😞 : requêtes sur les relations spatiales

Quels pays traverse telle rivière?

Quels sont les pays frontaliers de la France? ...

Organisation interne des SIG vectoriels

- **Organisation en réseau** : description des nœuds (points) et des arcs (ensemble de nœuds). Permet de décrire la topologie d'un réseau
 - Nœud = $(x,y, \{\text{arc}\})$
 - Arc = $(\text{noeudDebut}, \text{noeudFin}, \{(x,y)\})$
 - Polygone $\{(x,y)$
- 😊 permet de réaliser facilement les requêtes sur les réseaux, e.g. recherche de plus court chemin, connectivité de deux lignes
- ☹ Encore pauvre pour les polygones.

- **Organisation topologique** : description riche de la topologie: toutes les intersections entre lignes sont décrites (graphe planaire).
 - Nœud= $(x,y,\{\text{Arc}\},\{\text{Polygone}\})$
 - Arc= $(\text{NoeudDebut}, \text{NoeudFin}, \text{PolyG}, \text{PolyD}, \{x,y\})$
 - Polygone= $\{\text{Arc}\}$
- 😊 : requêtes sur les relations topologiques
- ☹ : contraignant lors de l'insertion des données

SIG aujourd'hui

■ SIG ouverts :

- couplage avec n'importe quel SGBD relationnel
- accès possible à d'autres SIG (OpenGIS)
- proposition de normes (OpenGIS, SQL3)

■ Nouveau type de SGBD relationnel-objet

- SIG = SGBD RO + bibliothèque spatiale
- domaines spatiaux (point, ligne, surface ...) avec méthodes associées

=> interface unifiée pour les données spatiales et non-spatiales

=> entité réelle = un objet (non éclaté)

(SQL3, Oracle ...)