

Introduction

► Roland Billen

- Professeur à l'Unité de Géomatique
- Recherche en raisonnement spatial et ontologies urbaines
- Cours de Topographie pour Géomètre-Expert - Ingénieurs Architectes
- Contact : rbillen@ulg.ac.be - 04 366 5751

► Pierre Hallot

- Maître de Conférence l'Unité de Géomatique
- Recherches en raisonnement spatiotemporel et information spatiale
- TP de Topographie -
- Contact : p.hallot@ulg.ac.be - 04 366 5751 - 0499 298768
- Ressources : <http://www.geo.ulg.ac.be/hallot>

Introduction

- ▶ Cours divisés en 4 séances
- ▶ 4 travaux pratiques à réaliser à domicile
 - Nécessitent un ordinateur et une connexion Internet
- ▶ Notes de cours au début des séances
 - Transparents imprimés
 - Références complémentaires
- ▶ Approche didactique par rappels théoriques et par problèmes
- ▶ Evaluation sur le dernier travail à domicile
- ▶ Interactivité souhaitée 😊 !
- ▶ Merci au Prof. J-P. Donnay pour les sources didactiques

Introduction - Enveloppe horaire

- ▶ Cours 1 : 4h TH
 - TP1 : 3h à domicile
- ▶ Cours 2 : 4h TH
 - TP2 : 3h à domicile
- ▶ Cours 3 : 4h TH
 - TP3 partim 1 : 4h à domicile
- ▶ Cours 4 : 4h TH
 - TP3 partim 2 : 6h à domicile
- ▶ Présentation finale et évaluation du TP3

Plan du cours

- ▶ Introduction
- ▶ Système d'Information Géographique (SIG)
- ▶ Architecture d'un système SIG
 - Pause
- ▶ Information géographique
- ▶ Mode de représentation vectoriel
- ▶ Exercice à domicile

Système d'information Géographiques (SIG)

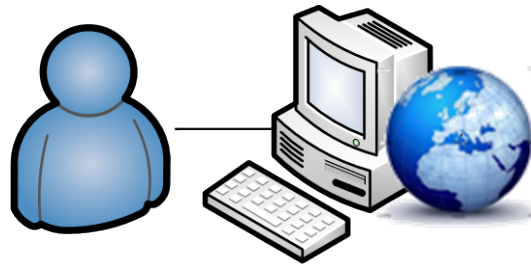
► Préjugés :

- Un SIG est un logiciel
- On peut acheter un SIG
- Un SIG coûte trop cher pour mon organisation

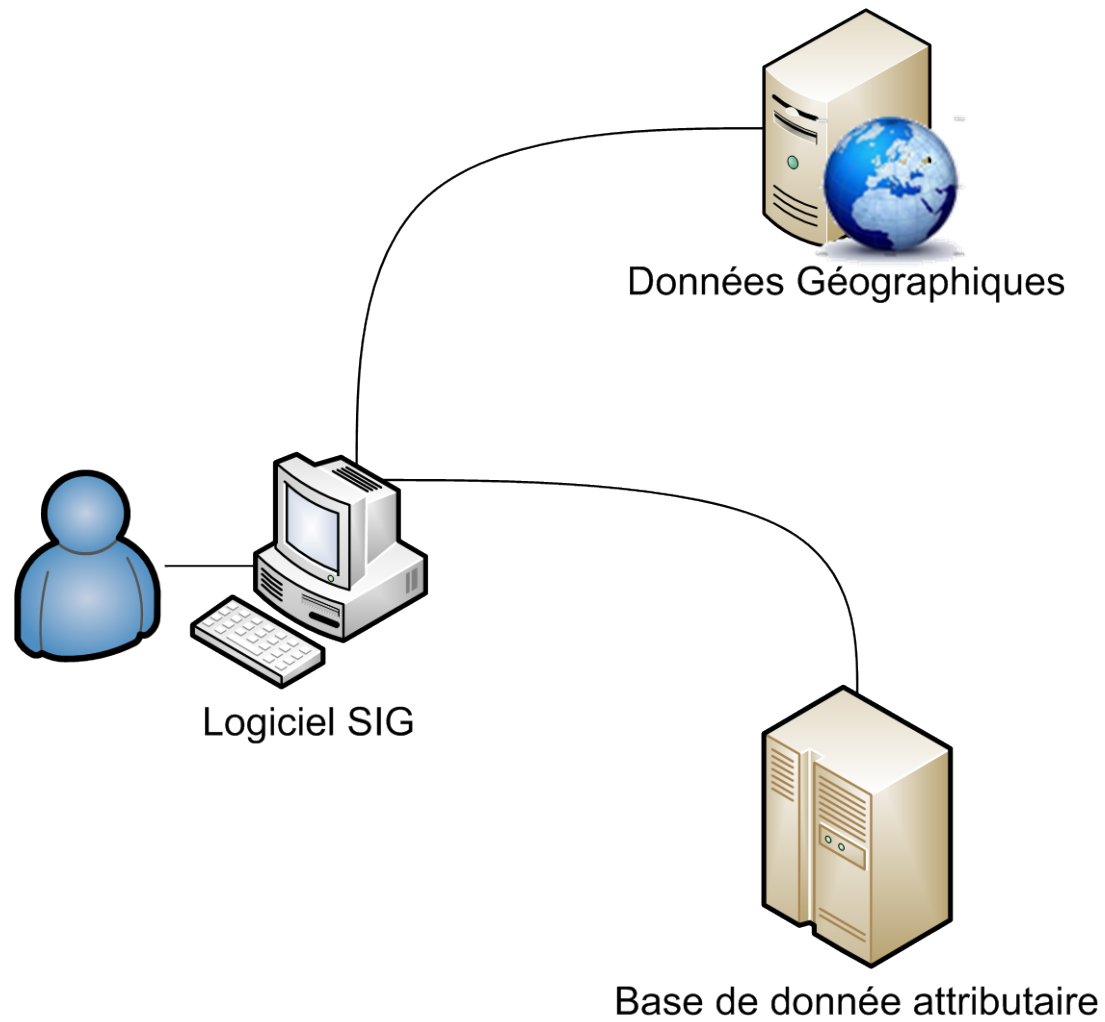
► Vérités :

- La mise en place d'un SIG passe par la réorganisation de l'information d'une organisation
- Un SIG se conçoit avec l'ensemble de l'organisation en plusieurs étapes
- Un SIG peut être construit avec des outils libres et gratuits

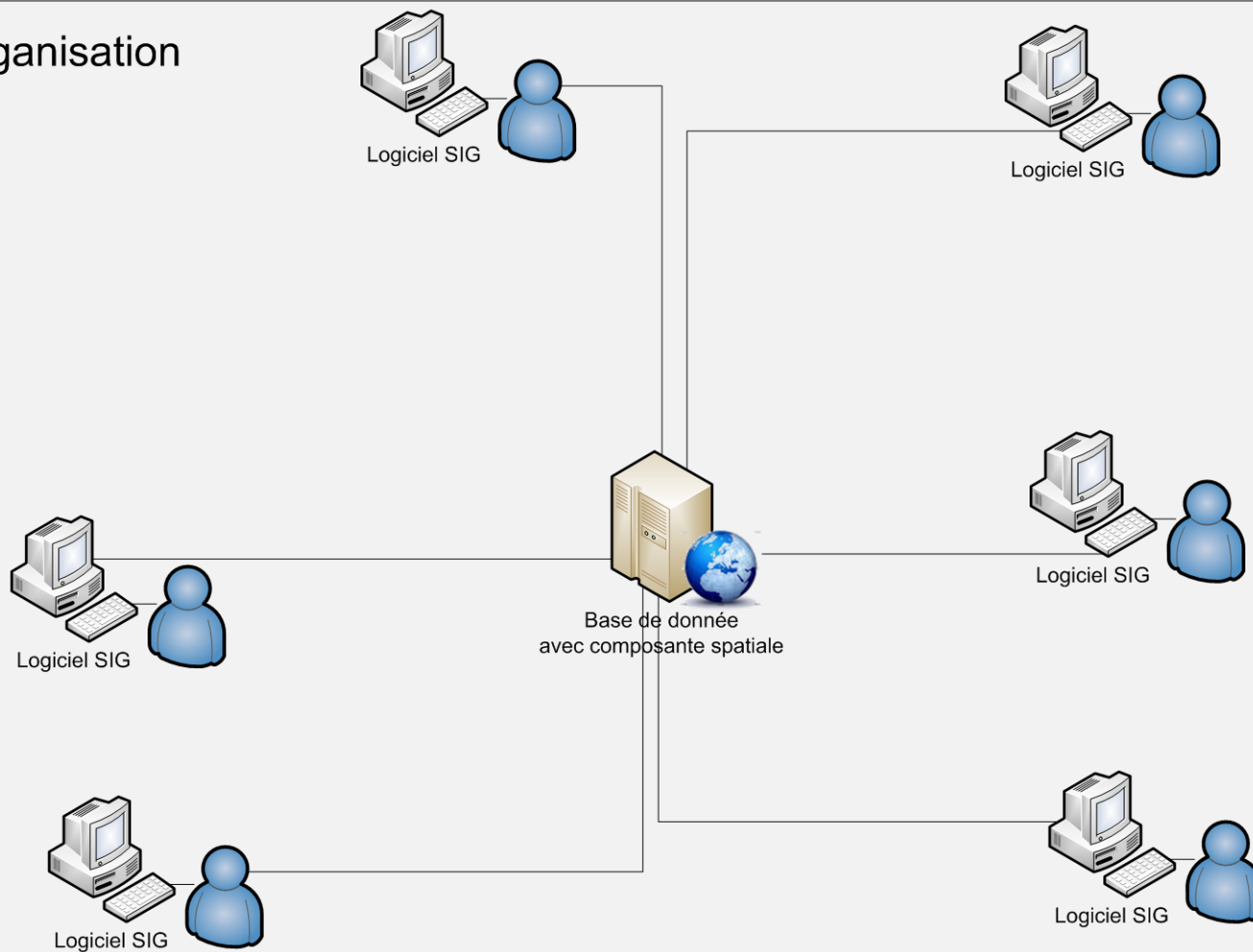
Systeme d'Information Géographique

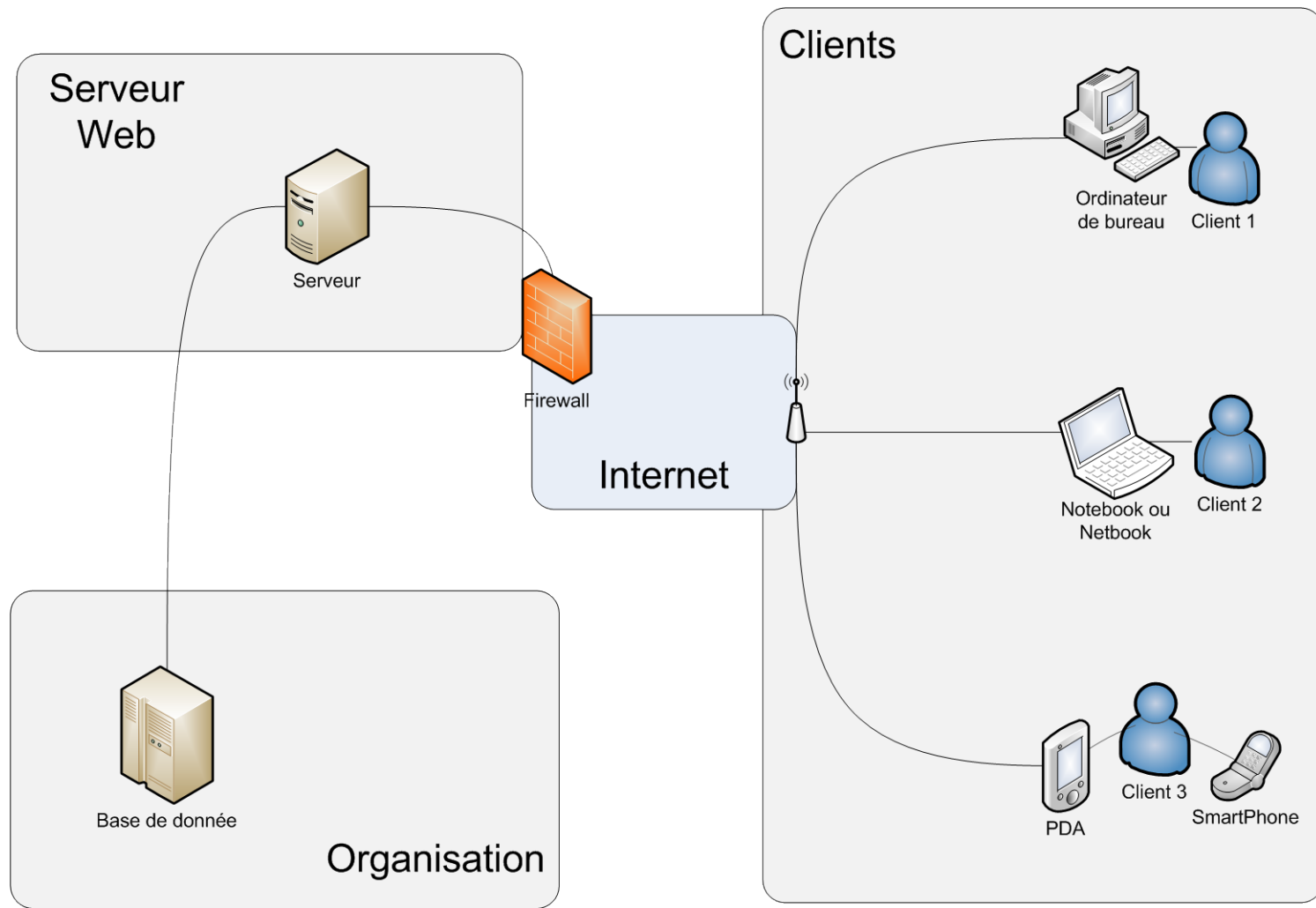


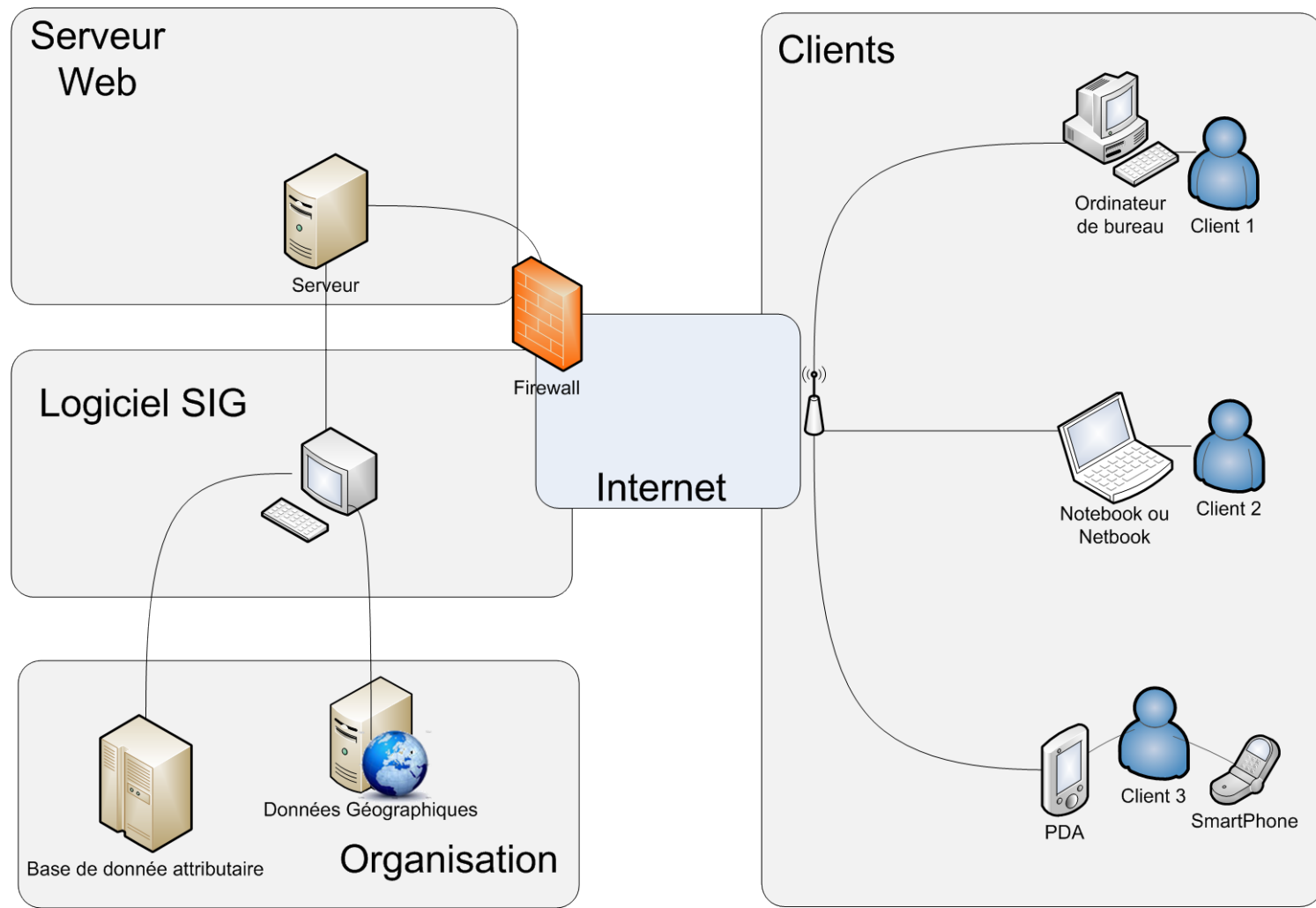
Logiciel SIG et
données stockées
sous forme de fichiers

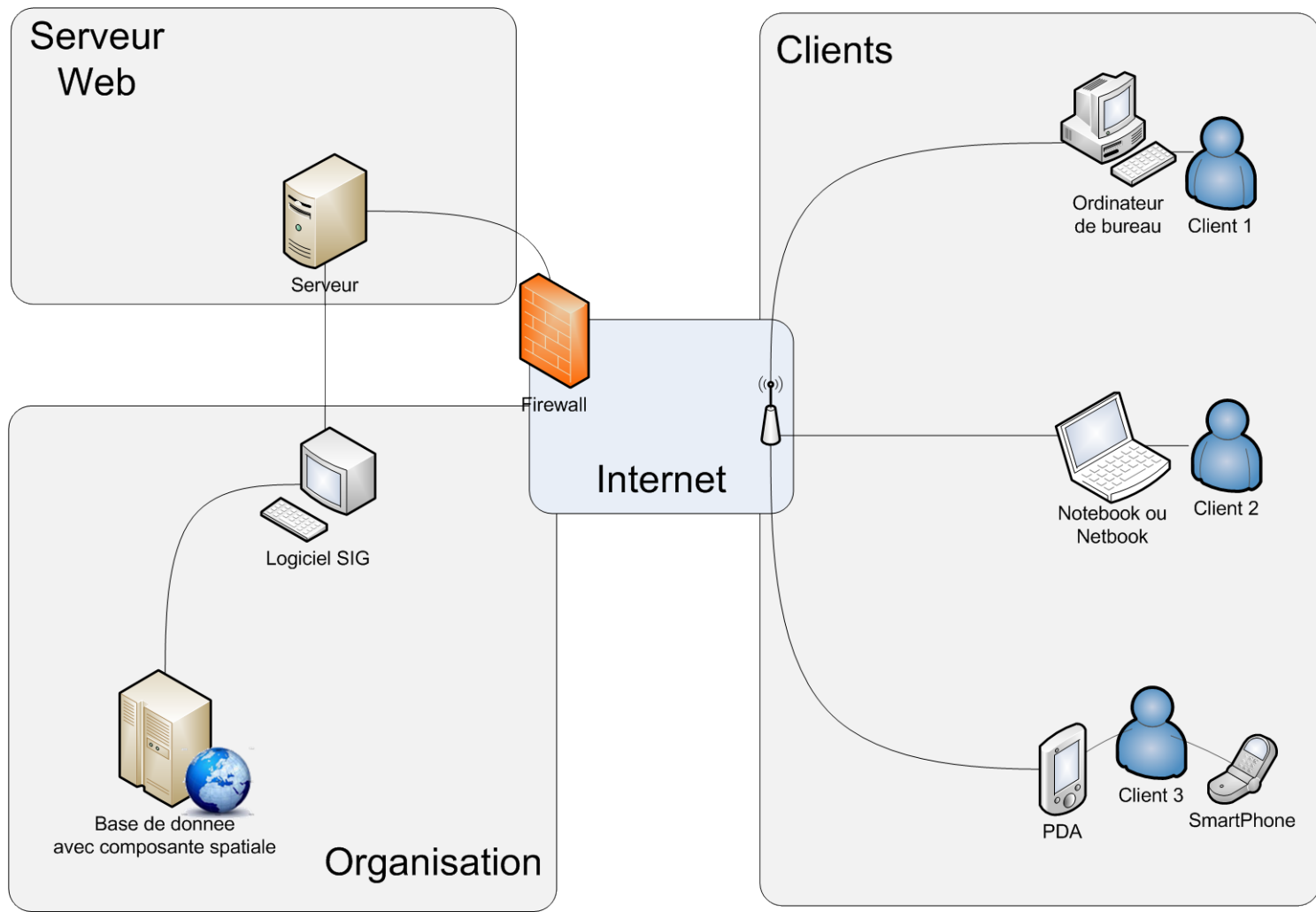


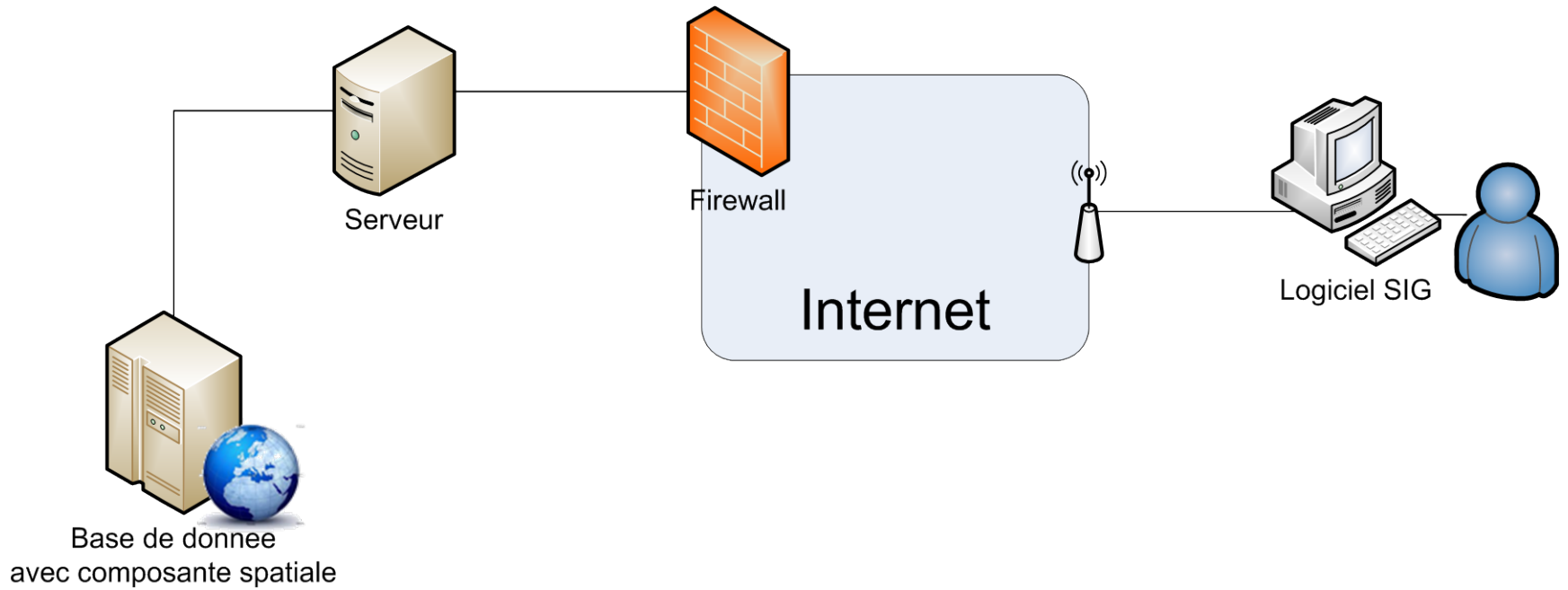
Organisation



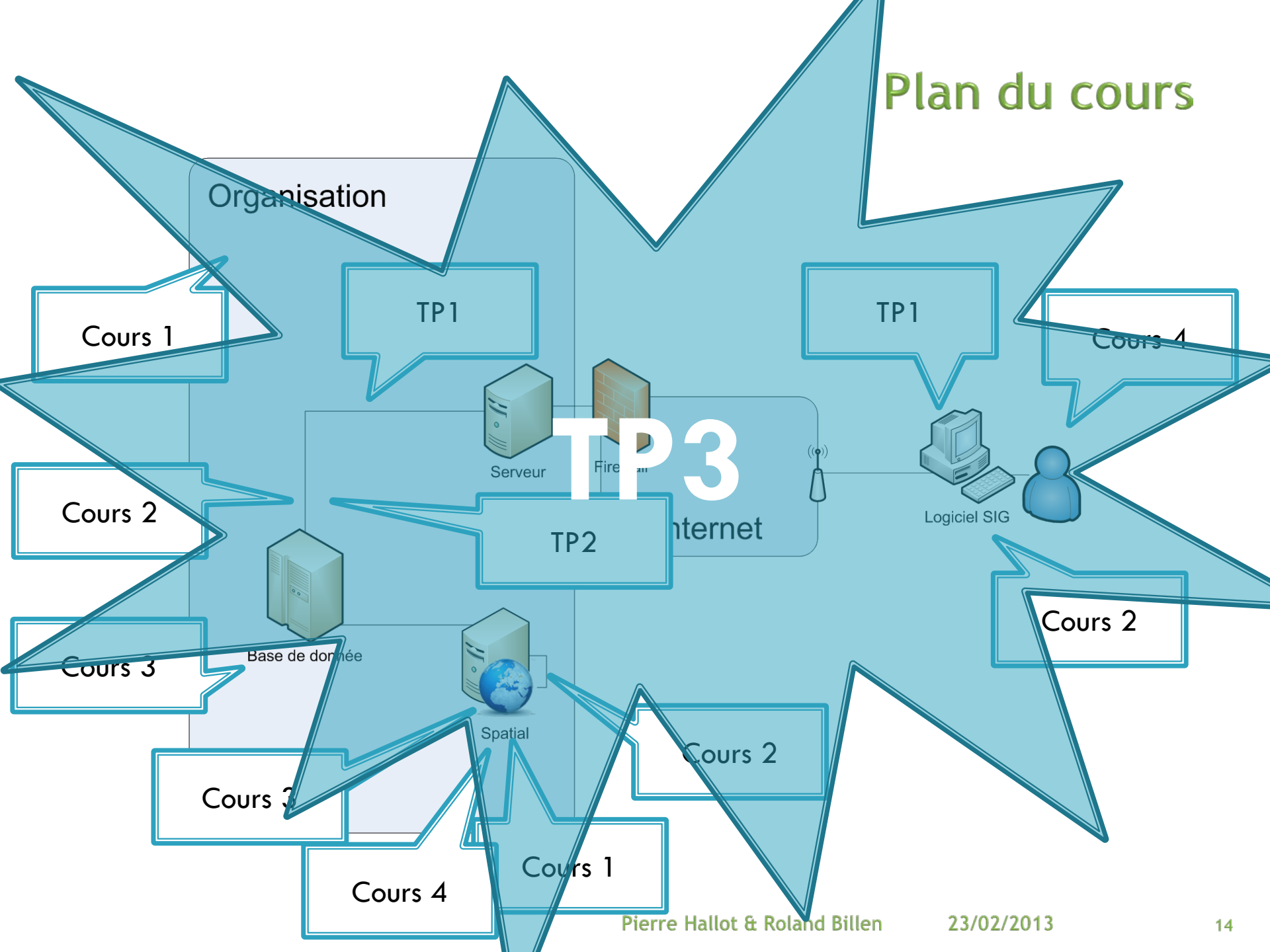




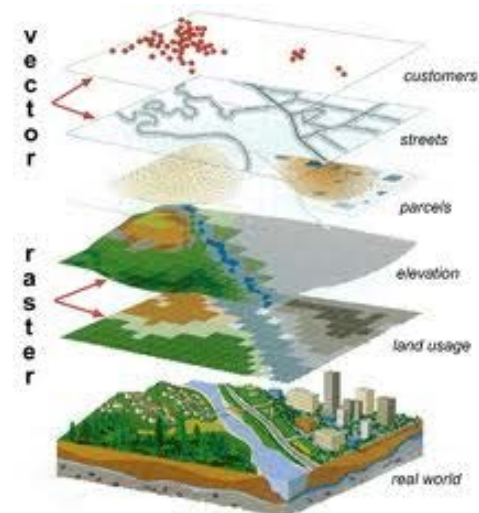
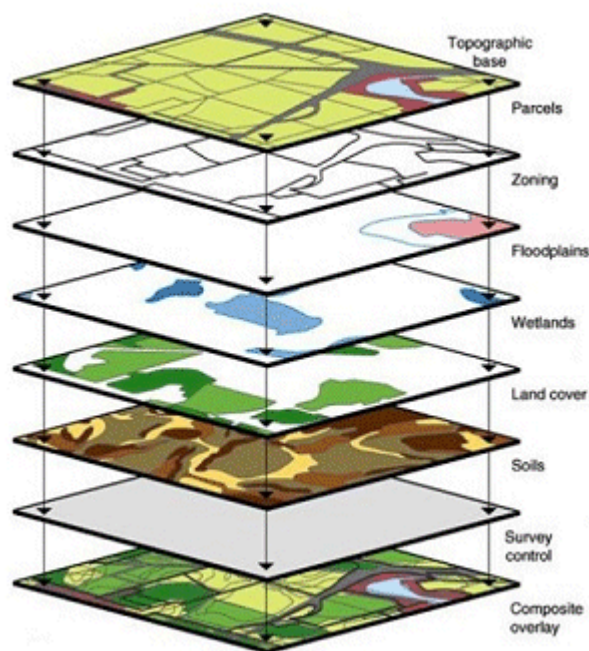




Plan du cours



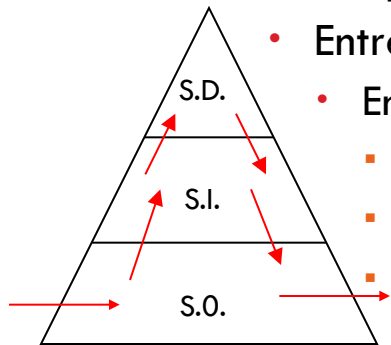
Système d'Information Géographique



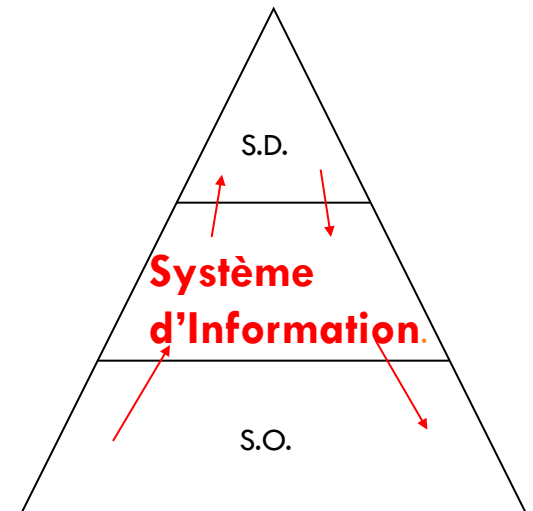
Système d'Information Géographique

► Système d'information

- Approche systémique de la modélisation des organisations.
 - L'organisation (entreprise, administration, service) est un système complexe, actif et organisé, qui dispose de tous les systèmes caractéristiques de son niveau de complexité:
 - Système opérant, système d'information et système de pilotage.
- L'organisation entretient toute une série de flux (flots) :
 - En son sein, entre les systèmes :
 - Information de représentation, depuis le système opérant, vers le système de décision.
 - Information de décision : depuis le système de décision vers le système opérant.
 - Entre elle et le monde extérieur :
 - Entre chacun de ses systèmes et le monde extérieur.
 - Exemples - au niveau du système opérant :
 - Matières premières vers le système opérant.
 - Produits ou services depuis le système opérant, etc.



- Le système d'information apparaît comme un système de mémorisation dont le rôle principal est d'informer le système de pilotage.
 - Il assure la relation entre le SO et le SD.
 - Il mémorise l'information de / sur :
 - Toute l'activité du système opérant, tous les flux primaires, toutes les décisions prises...
 - Le SI n'est qu'une « représentation » de la réalité.
 - Ex. le SI ne mémorise pas les chèques mais les montants.
 - Le SI est souvent vu comme le « miroir du SO ».
- Les six fonctions de tout SI portent sur l'information :
 - Production / génération (de l'information)
 - Acquisition et mémorisation
 - Communication et diffusion
 - Mise à jour et maintenance
 - Gestion
 - Intégration



- Informatisation des systèmes d'information
 - SI informatisés et SI non informatisés ?
 - Toute organisation possède et a toujours possédé son SI.
 - L'informatisation n'est donc pas une condition à l'existence d'un SI.
 - L'informatisation d'un SI consiste à informatiser (automatiser) les informations et les opérations du SI.
 - L'informatisation du SI suppose l'existence préalable du SI (sauf lors de la création d'organisations).
 - L'informatisation du SI n'est pas toujours simultanée (pas toujours possible) pour toutes les opérations / informations
 - Coexistence de parties informatisées et non informatisées
- SI et bases de données
 - L'informatisation du SI est principalement réalisée par :
 - Le stockage des données et de leurs relations dans une ou plusieurs bases de données.
 - La prise en charge des opérations du SI par un système de gestion de base de données (SGBD).

- Le SIG est un SI dans une organisation
 - Conformément à la modélisation des organisations, le SIG constitue un système d'information au sein d'une organisation.
 - Comme tout SI, le SIG a deux composantes essentielles :
 - Les données ou informations
 - Les traitements
 - Le SIG est un SI dans une organisation qui manipule de l'information géographique et qui effectue des traitements sur des données géographiques.
 - À côté du SIG, on doit trouver dans l'organisation :
 - Les systèmes opérants (SO) et de décision (SD).
 - Au moins une partie des opérations réalisées par le SO et/ou le SD porte sur des données géographiques : présence d'un SO(G) / SD(G).
 - D'autres SI relatifs à d'autres types d'informations.
 - Exemples : personnel, fonctionnement, etc.

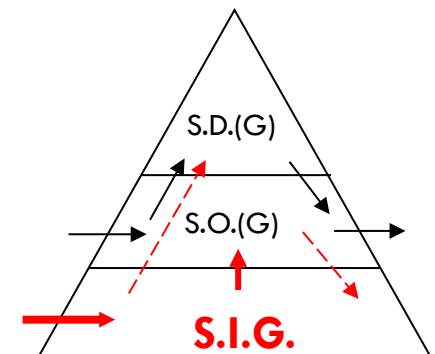
◦ Quelle organisation a recours à un SIG ?

- Toute organisation publique (de l'international au local) ou privée dont les activités relèvent d'un domaine tel que (non exhaustif) :
 - Activités militaires ;
 - Aménagement du territoire (urbanisme, environnement, développement économique) ;
 - Impétrants et gestionnaires de réseaux (énergie, télécom, eau) ;
 - Immobilier (cadastre, géomètres, agences immobilières, logements sociaux) ;
 - Transports (gestion de trafic, gestion de flottes, transports publics) ;
 - Gestion de risques (services d'urgence, observatoires des risques naturels) ;
 - Agriculture (Gestion des sols, gestion forestière) ;
 - Industrie extractive (carrières, exploration minière et pétrolière) ;
 - Commerce (géo-marketing, production de cartes, GPS) ;
 - Etc.



- Les différences entre un SIG et un SI

- Ces organisations n'ont pas vocation (et n'ont pas les moyens) de produire les données géographiques de référence !
 - Exemples : orographie, hydrographie, voirie, parcellaire, bâti, toponymie et adresses localisées, etc.
 - Elles achètent / louent les données géographiques de référence à des producteurs spécialisés, publics et privés.
 - La majorité des données géographiques alimentant le SIG n'appartient pas à l'organisation !
- Au sein de l'organisation, les données géographiques :
 - Constituent un pré-requis pour tous des traitements « métiers » réalisés par le SO (SD) de l'organisation.
 - Pas de géo-marketing, sans adresses postales localisées a priori.
 - Pas de gestion de flottes, sans voirie disponible a priori.
 - Sont partagées par tous les systèmes (ou « services »).
 - Une seule base cohérente de données géographiques pour l'organisation.
- Modification sensible du modèle d'une organisation exploitant l'information géographique !



◦ Les fonctions du SIG dans l'organisation

- Ce sont les 6 fonctions réclamées de n'importe quel SI, soit :
 - La génération / production de l'information (géographique) ;
 - Définition de référentiels, généralisation conceptuelle.
 - L'acquisition et la mémorisation de l'information (géographique) ;
 - Topographie, GNSS, photogrammétrie, télédétection, etc.
 - La communication / diffusion de l'information (géographique) ;
 - Cartographie !
 - La maintenance et la mise à jour de l'information (géographique) ;
 - Retour terrain, longue durée des changements...
 - La gestion de l'information (géographique) ;
 - Systèmes de gestion de bases de données spatialisées.
 - L'intégration de l'information (géographique).
 - Différents référentiels, spatialement discrète ou continue, en mode vectoriel ou maillé, etc.
- Le caractère géographique des données / informations fait que toutes ces tâches requièrent des compétences distinctes ou supplémentaires par rapport aux tâches analogues des SI classiques.

◦ L'informatisation du SIG

- Les caractéristiques spatiales (géométrie et topologie) devraient être gérées comme des attributs des entités géographiques.
 - Or, jusqu'à ces dernières années, il était difficile de stocker et gérer une information spatiale par un SGBD classique.
 - D'où, entre 1980 et 2000, la multiplication de solutions diverses, reposant sur des architectures hybrides :
 - Un système de gestion de fichiers (SGF) conservés sous des formats « propriétaires », dédié aux éléments géométriques.
 - Un SGBD dédié aux attributs.
- L'information est gérée par un « logiciel – SIG », soit un progiciel :
 - Agissant comme SGF, pour les caractéristiques spatiales, et dialoguant avec un SGBD, pour les autres attributs.
 - Informatisant tout ou partie des traitements « métiers » du SO et du SD de l'organisation.
 - Traitements utilisant l'information géographique que le logiciel – SIG est seul capable d'exploiter étant donné les formats propriétaires !
- Le logiciel – SIG est plus qu'un SGBD standard.
- Le logiciel – SIG utilise de nombreuses solutions propriétaires.

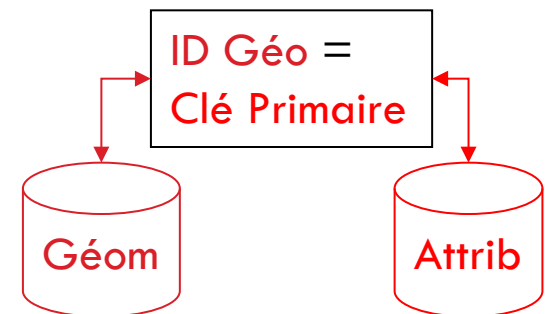
Architecture SIG



Architecture SIG

► Modèle de données hybride ou dual

- Très similaire aux solutions proposées par les logiciels de cartographie
 - Gestion séparée des attributs et des géométries
 - L'identifiant géographique devient la clé entre géométries et attributs
 - La géométrie est toujours gérée par un système de gestion de fichiers
- La principale différence vient de la gestion des attributs
 - Les attributs sont gérés par un SGBD (desktop : Access, Dbase...)
 - Une table principale (relation) où la clé primaire = ID géographique
 - Possibilité de joindre d'autres tables grâce à l'instruction SQL de jointure
 - Les transactions et les requêtes sur les attributs sont réalisées à travers une interface SQL :
 - Si le résultat de la clause SQL contient un ID géographique :
 - Les géométries correspondantes sont affichées sous la forme d'une carte



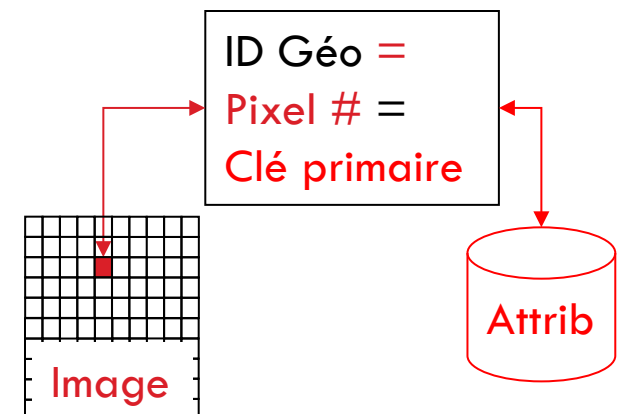
- Les géométries peuvent être en format vecteur ou maillé

- SIG vectoriel

- Les géométries sont gérées par un système de gestion de fichiers (SGF)
 - Soit format DAO et/ou ASCII
 - Soit, plus généralement, un format binaire propriétaire pour améliorer les performances
- Position : coordonnées géodésiques ou rectangulaires
- Relations logiques :
 - Composition admise
 - Pas de relations géométriques

- SIG maillé

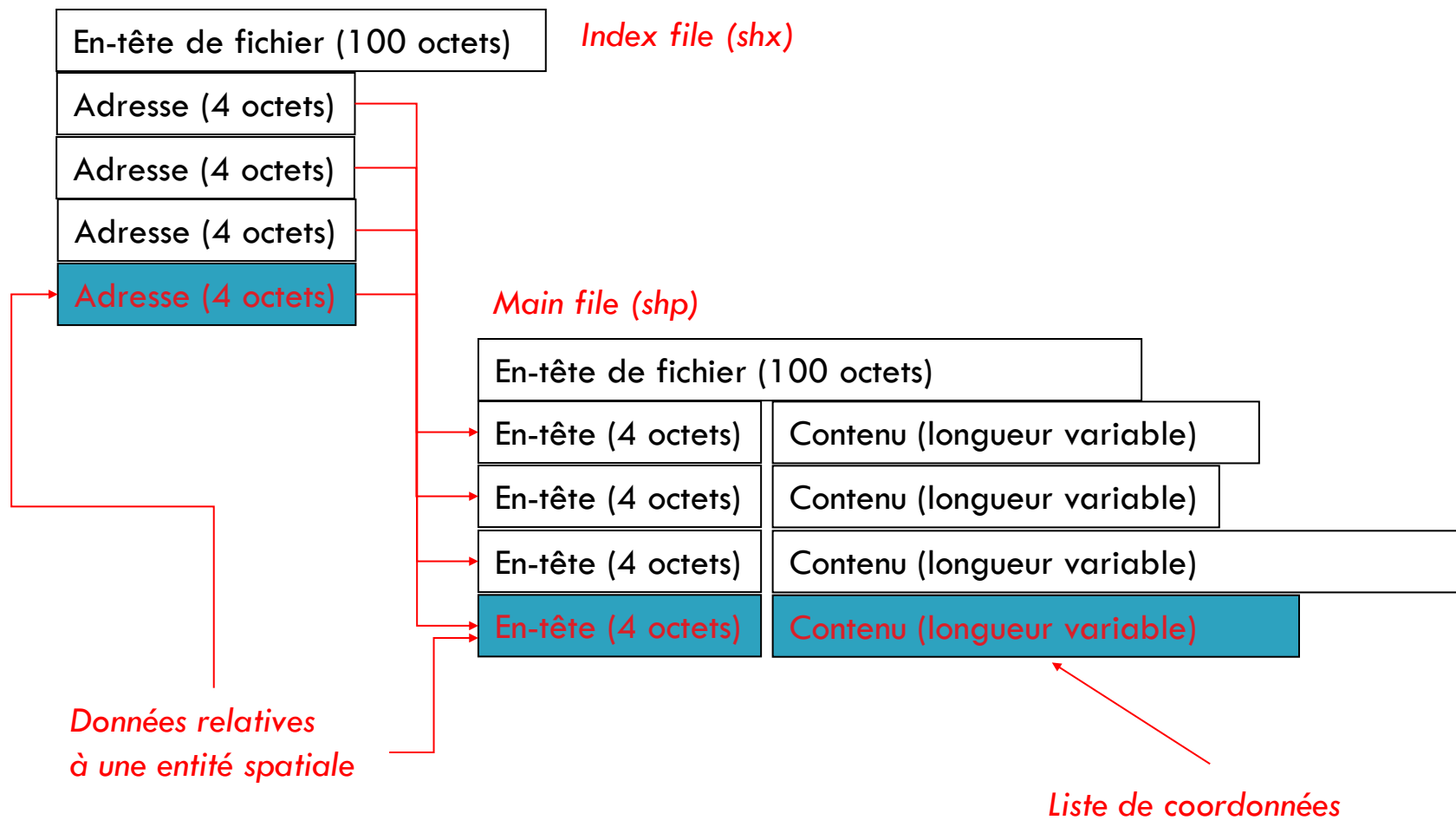
- L'information spatiale est enregistrée dans des fichiers images
 - Les requêtes spatiales sont réalisées par traitement d'images
- Gestion des attributs par un SGBD
 - Les requêtes attributaires sont réalisées par des instructions SQL



► Modèle du SIG-logiciel ArcView (ESRI)

- Se présente comme un SIG-logiciel léger (desktop GIS), modulaire et hybride
 - Les nombreux modules sont dédiés à des domaines d'application ou à des types de données géographiques particuliers : Street Analyst, Spatial Analyst, etc.
- Le format natif des données géographiques dans ArcView est le Shapefile
 - Il est constitué de 3 fichiers de même préfixe (choisi par l'utilisateur) mais de suffixes différents : 2 pour la géométrie et 1 pour les attributs
 - Main file (suffixe shp) :
 - Collection de coordonnées en 2 (x, y), 3 (x, y, z/m) ou 4-D (x, y, z, m)
 - Présentation séquentielle des entités géographiques
 - Un type seulement de géométrie / fichier (mais nombreux types disponibles)
 - Index file (suffixe shx) : adresses du début de chaque entité géographique dans le fichier principal (pointeurs pour accès direct)
 - dBase file (suffixe dbf) : table principale des valeurs d'attributs
 - Un tuple = une entité géographique
 - N° séquentiel = ID géographique
 - Transactions et requêtes : interfaces SQL interactives

23/02/2013



Formats des fichiers d'entités spatiales d'un Shapefile (ArcView)

- L'interface-utilisateur est constituée d'une vue dynamique (« View ») figurant sous forme cartographique les données spatiales et attributaires rassemblées par projets (« Projects »)
- Une vue définit les données géographiques (« Themes ») qui sont utilisées et la manière de les visualiser (« Layouts »), mais elle ne contient pas les données elles-mêmes (vue externe au sens des bases de données)
- Un thème correspond à une source de données spatiales : ArcView Shapefile, Arc/Info Coverage, image, fichier DXF...

The screenshot displays the ArcView software interface. At the top, a menu bar includes 'New', 'Open', and 'Views'. Below the menu, a 'Views' panel shows a list of views: 'Atlanta', 'United States', and 'World'. A red text overlay 'Gestion. de projets' is positioned over this panel. To the right, a legend for 'Projected population in 2000' is visible, with color-coded categories ranging from 0.2 M to 1304.5 M. The main map area shows a world map with countries colored according to the population legend. A red text overlay 'Vue active' is placed over the map. Below the map, a table window titled 'country.dbf' displays a list of countries with their population and area data. A red text overlay 'Table principale (dbf) du Shapefile courant' is placed over this table. To the right of the table, a query interface window titled 'country.dbf' shows a list of fields and a query editor. A red text overlay 'Interface de requête' is placed over this window.

Table principale (dbf) du Shapefile courant

Sovereign	Pop_centry	Sqkm_centry
Belgium	10032460	30479.609
Bahamas, The	272209	12867.780
Bangladesh	120732200	138507.203
Belize	207586	22174.820
Bosnia and Herzegovina	2656240	51403.379
Bolivia	7648315	1090353.000
Myanmar (Burma)	43099620	669820.875

Interface de requête

Fields: [Fips_centry], [Gmi_centry], [Centry_name], [Sovereign], [Pop_centry], [Sqkm_centry], [Sqmi_centry]

Values: "Belgium", "Belize", "Benin", "Bermuda", "Bhutan", "Bolivia"

[Centry_name] = "Belgium"

Buttons: New Set, Add To Set, Select From Set

► Modèle géo-relationnel

◦ Limites du modèle hybride standard

- L'enregistrement de la géométrie est limité aux positions (coordonnées) et aux relations de composition
 - Réduction sensible des possibilités de requêtes spatiales

◦ La prise en compte de la topologie

- Les requêtes spatiales complexes doivent pouvoir exploiter les relations topologiques
 - Création et enregistrement de la topologie avec les autres caractéristiques géométriques

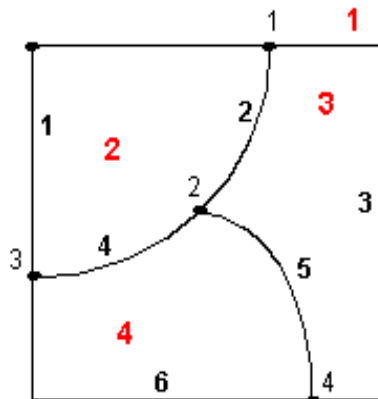
◦ Maintien d'une architecture hybride

- La géométrie (y compris topologie) est stockée dans un format binaire propriétaire et gérée par un SGF
- Les attributs et les principales relations topologiques sont stockées dans des tables accessibles à l'utilisateur, gérées par un SGBD

- ▶ **Modèle du SIG logiciel Arc Info (jusqu'à la version 7)**
 - SIG d'entreprise géo-relationnel utilisant les relations topologiques, construit selon une architecture hybride
 - Arc : SGF responsable de la gestion de la géométrie
 - Info : SGBD responsable des tables conservant les attributs et les principales relations topologiques
 - Construction des géométries
 - Primitives topologiques : arcs, points, nœuds isolés et polygones
 - Créées et identifiées par le système
 - Entités géographiques : créées et identifiées par l'utilisateur, formées sur base des primitives topologiques : points, polygones, réseaux...
 - Les attributs sont attachés aux entités géographiques
 - « Coverages » : partie de l'espace définie par l'utilisateur rassemblant toutes les primitives géométriques relatives à un thème
 - Toutes les informations relatives aux géométries sont stockées sous forme binaire (format propriétaire) et gérées par le logiciel (partie « Arc »)

- Gestion des attributs

- À chaque type d'entité géographique est associé une table créée par le logiciel, reprenant :
 - L'identifiant de l'utilisateur (+ un identifiant interne)
 - Des attributs géométriques créés automatiquement par le système (longueurs, superficies...)
 - Des attributs topologiques lorsque l'entité est du type « arc »
- Ces attributs sont gérés par le SGBD « Info » et accessibles à l'utilisateur



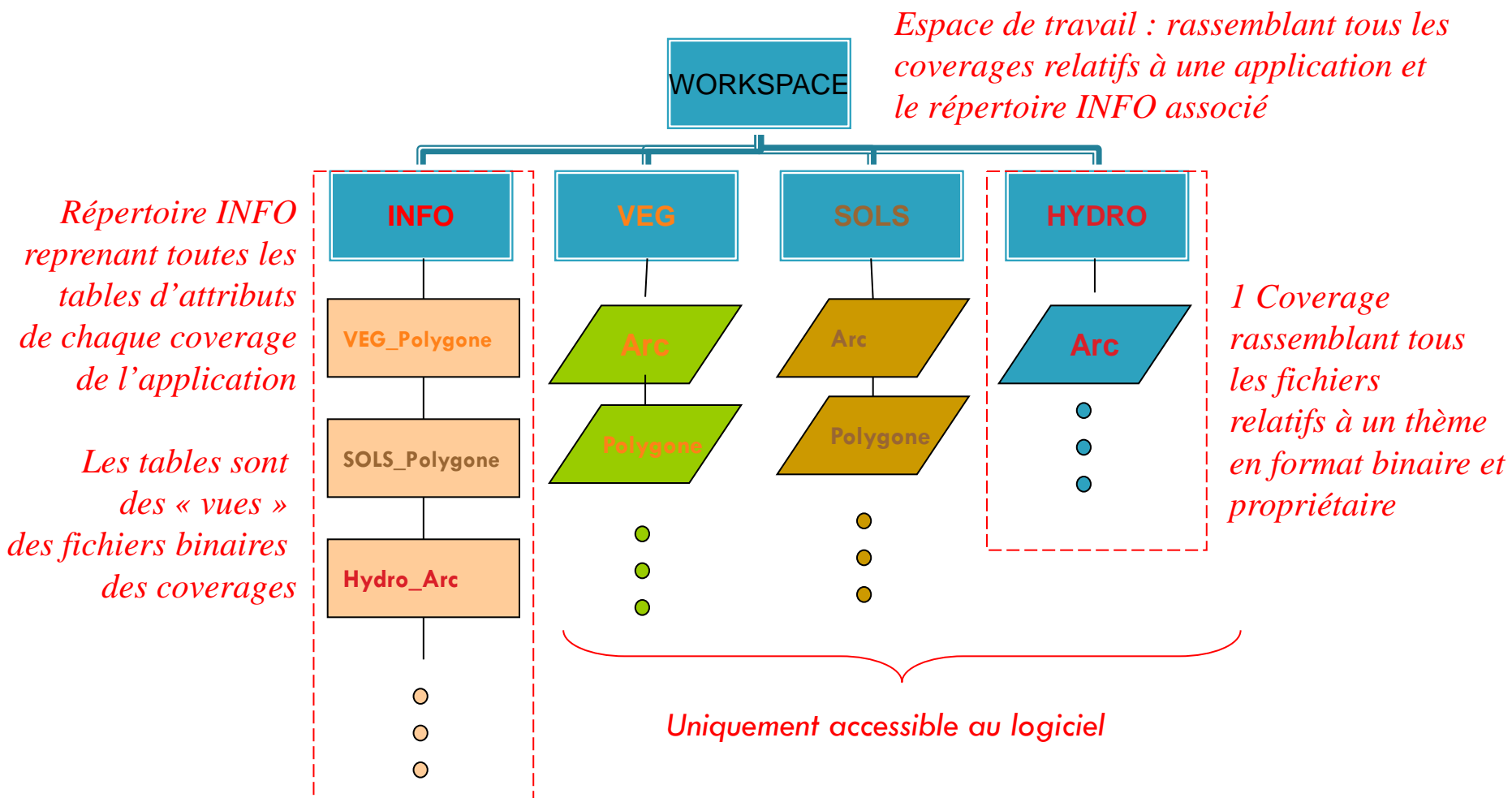
Coverage : VEG

- Node
- 2 Node Internal Number
- 2 Arc Internal Number
- 2 Polygon Internal Number

Table associée aux arcs du coverage VEG disponible dans « Info »

Tous les attributs mentionnés sont générés par le système

FNODE	TNODE	LPOLY	RPOLY	LENGTH	VEG#	VEG-ID
1	3	2	1	5.0	1	1
1	2	3	2	2.0	2	2
1	4	1	3	10.0	3	3
2	3	4	2	1.9	4	4
4	2	4	3	3.9	5	5
3	4	4	1	5.1	6	6



Accessible à l'utilisateur
à travers le SGBD

► Mode intégré : spatialisation de tables relationnelles

◦ Souhait des entreprises d'un système unique et transparent

- Les entreprises « n'aiment pas » le modèle hybride :
 - SGF = format propriétaire = boîte noire = dépendance vis-à-vis d'un fournisseur ;
 - SGF : ne garantit pas toutes les fonctions attendues d'un SI.
 - Un SGBD est souvent déjà présent dans les grandes entreprises pour gérer les autres SI.
- Rassembler toute l'information dans des tables gérées par un SGBD classique :
- Table spatiale = Identifiant + attributs + géométrie (+ topologie : récent)

◦ Conditions

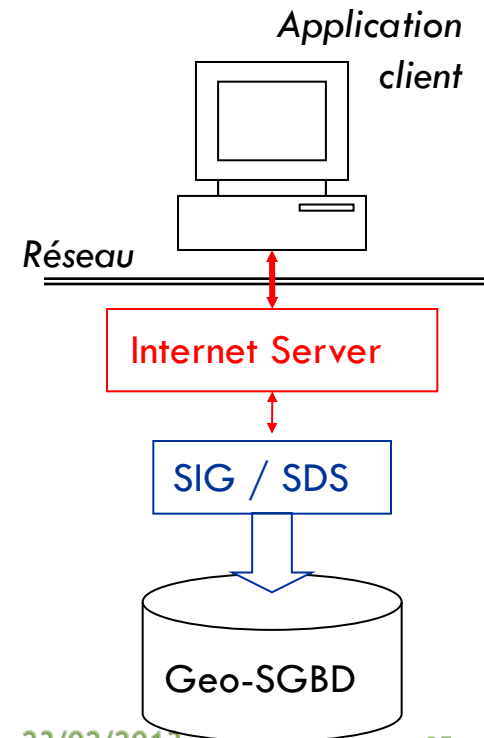
- Dépassement du simple modèle relationnel :
 - Champ binaire (« BLOB ») pour stocker la géométrie.
 - Passage au modèle objet-relationnel : nouvelles structures de données (types abstraits), limitation des jointures, etc.
 - Extension des capacités du langage de requête : SQL 3, SQL MM.
- Normalisation des entités géométriques :
 - Propositions de standards de l'OGC (Open Geospatial Consortium) et de l'ISO.

- Rôle du logiciel SIG dans une architecture intégrée

- Insertion dans une architecture à (2 ou) 3 strates :
 - SGBD + SIG + serveur de réseau.
- Définition du catalogue, du MCD et des métadonnées :
 - En mode objet : proche des préoccupations de l'utilisateur.
 - Reprenant : les classes d'objets, leurs relations, les traitements, la documentation sur ces éléments (métadonnées).
- Chargement de données :
 - Récupération de l'existant, contrôle de validité, etc.
- Applications géographiques spécialisées :
 - Analyse spatiale, cartographie, etc.
- Serveur de données spatiales (SDS) et interface du SGBD :
 - Spatialisation de tables si nécessaire.

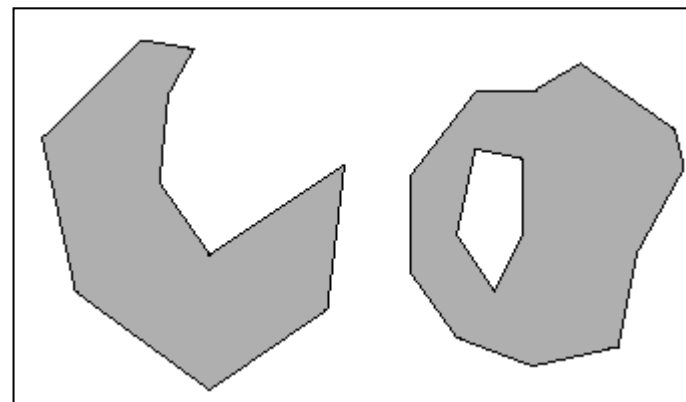
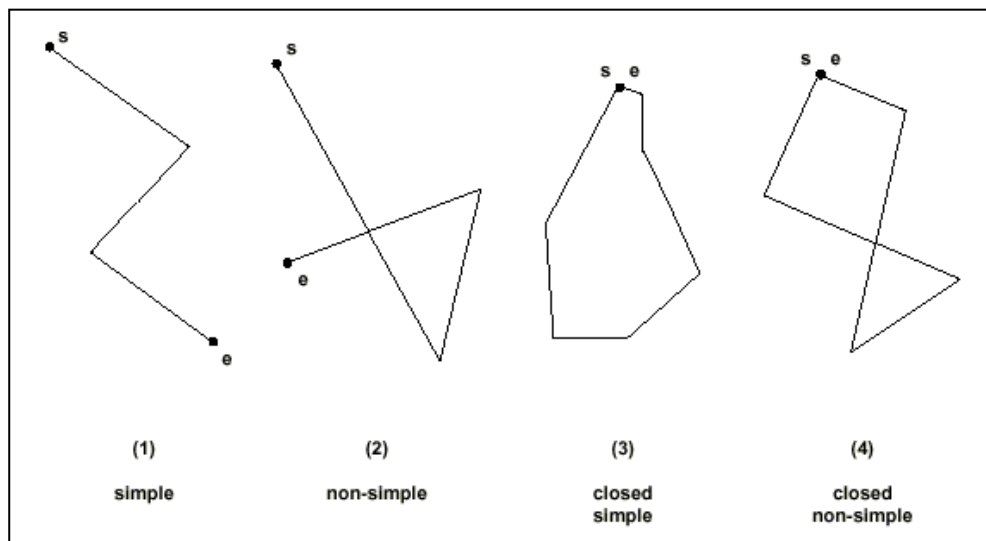
- Rôle du SGBD

- Stockage, gestion de toutes les données.
- Extension spatiale pour la spatialisation de tables.
- Extension du langage SQL pour les requêtes spatiales simples (90% des applications...).

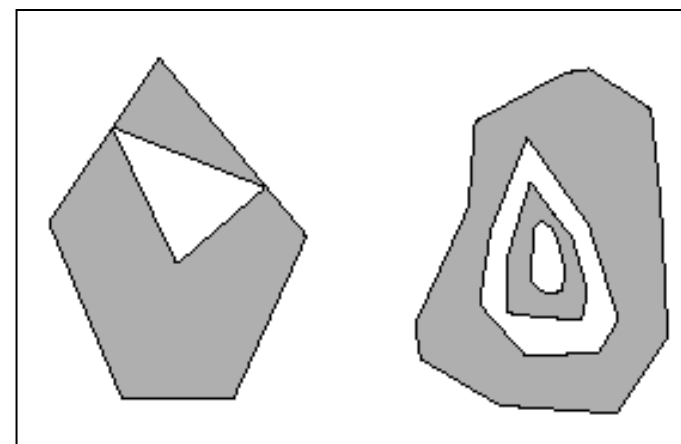
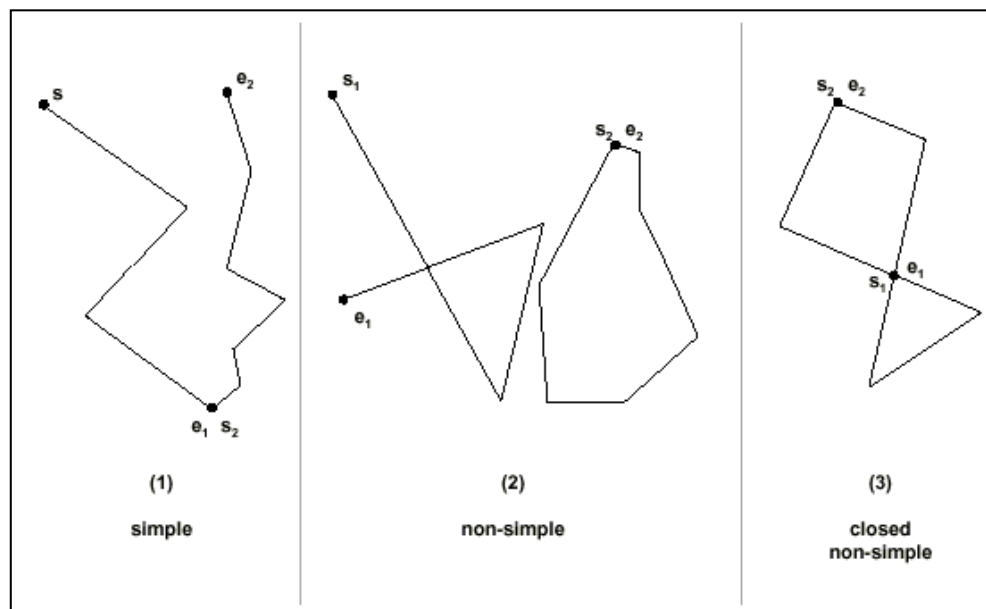


- **Modèle du SGBD avec cartouche spatial PostGIS**

- PostGIS est une implémentation du schéma spatial standardisé de l'OGC (OGC Simple Features for SQL Specification) pour l'enregistrement de données géographiques au sein du SGBD relationnel « PostgreSQL ».
 - Projet Open Source développé par Refrations Research (Canada).
- Il est développé comme un jeu de fonctions et de types de données permettant de spatialiser les tables du SGBD relationnel PostgreSQL.
 - Les types de géométries reconnus correspondent aux Simple Features de l'OGC, plus les collections hétérogènes, étendus aux dimensions 3D et 4D :
 - Point, LineString, Polygon
 - MultiPoint, MultiString, MultiPolygon
 - GeometryCollection
 - Geometry (collection hétérogène)
 - Les fonctions spatiales comportent des fonctions topologiques, géométriques et d'interrogation des caractéristiques spatiales des entités, ainsi que des fonctions d'indexation spatiale.
 - La définition et les changements de référentiels sont également standardisés.



Exemples de polygones à 1 et 2 rings



Exemples de multi-polygones

Nom de la table spatialisée

Autres attributs non spatiaux		Nom de la colonne spatiale
...	...	Coordonnées des géométries

Geometry_Column



Table_Geometry_Column

F_Table_Catalog	F_Table_Schema	F_Table_Name	F_Geometry_Column	Coord_Dimension	SRID	Type
Varchar(256)	Varchar(256)	Varchar(256)	Varchar(256)	Integer	Integer	Varchar(30)

Non utilisé par PostGIS dans PostGIS spatialisée Par défaut Nom de la table Nom de la colonne spatiale Dimensions: 2, 3 ou 4 N° du SRID Type de géométrie

Table_Ref_Sys	SRID	Auth_Name	Auth_SRID	SRTText	Proj4Text
	Integer	Varchar(256)	Integer	Varchar(2048)	Varchar(2048)

Pour plus de détails, voir :
Manuel PostGIS 1.4.0
<http://www.postgis.fr/node/156>

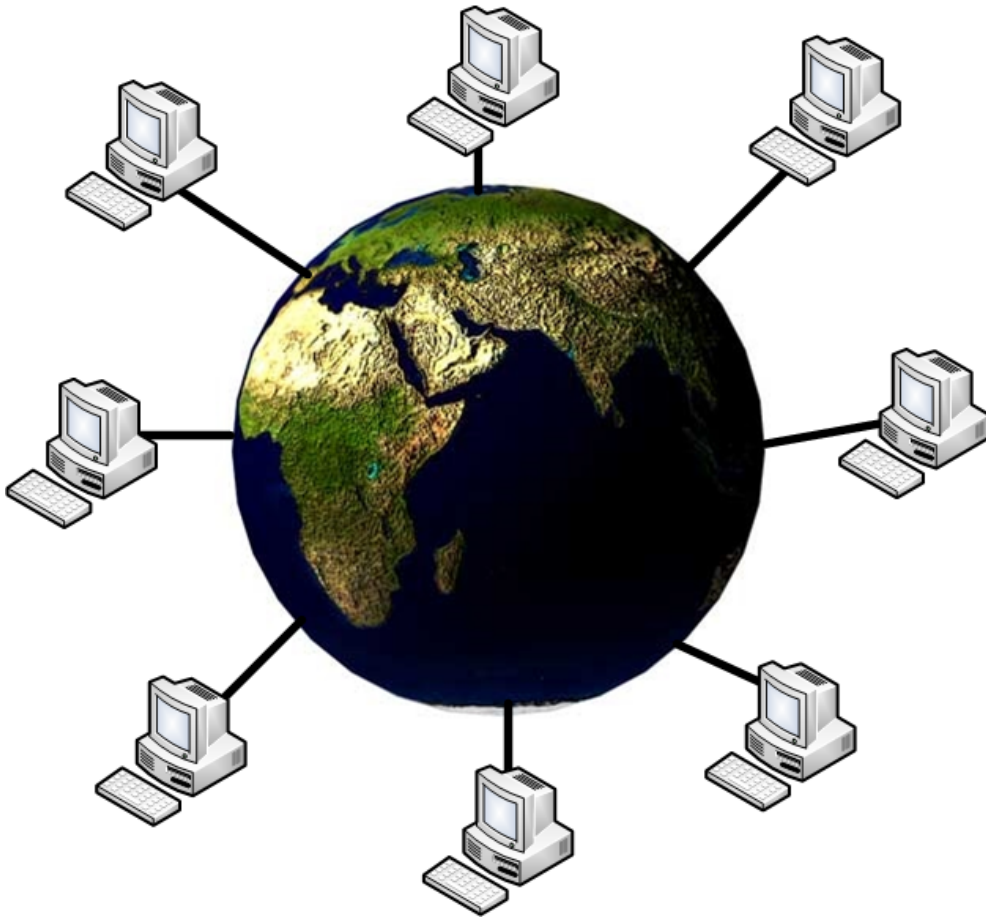
Organisme ayant défini le SR N° du SR donné par l'organisme Définition du SR en format WKT Possibilité de changement de coordonnées



Pause

La machine à café est prête...

Données Géographiques



Données géographiques

► Caractéristiques des données géographiques

- Localisées (aspect géométrique)
 - Surface de référence et système de coordonnées.
 - Définition de l'implantation spatiale de la donnée.
- Identifiées
 - Identifiant (ou identificateur) alphanumérique.
 - Univoque.
- Caractérisées (aspect attributaire)
 - Modalité(s) sur un ou plusieurs attributs (ou caractères ou variables).
 - Spécifications graphiques (ou "attributs graphiques", optionnels).
- Mémorisées
 - Numérisation :
 - Mode graphique vecteur ou image.
 - Stockage (structures, compression).

États membres	Date d'entrée	Sièges au <u>Parlement</u>	Sièges au <u>Parlement</u> % du total	Voix au <u>Conseil</u>	Voix au <u>Conseil</u> % du total
<u>Union européenne</u>	N/A	732	100.0%	321	100.0%
<u>Roumanie</u>	<u>2007</u>	-	-	-	-
<u>Bulgarie</u>	<u>2007</u>	-	-	-	-
<u>Autriche</u>	<u>1995</u>	18	2.5%	10	3.1%
<u>Belgique</u>	<u>1957</u>	24	3.3%	12	3.7%
<u>Chypre</u>	<u>2004</u>	6	0.8%	4	1.2%
<u>République tchèque</u>	<u>2004</u>	24	3.3%	12	3.7%
<u>Danemark</u>	<u>1973</u>	14	2.0%	7	2.1%
<u>Estonie</u>	<u>2004</u>	6	0.8%	4	1.2%
<u>Finlande</u>	<u>1995</u>	14	2.0%	7	2.1%
<u>France</u>	<u>1957</u>	78	10.7%	29	9.0%
<u>Allemagne</u>	<u>1957</u>	99	13.5%	29	9.0%



Composante géométrique

► Définition géométrique des objets géographiques

- Tout objet concret possède une superficie :
 - Objets visibles, naturels et anthropiques.
 - Occupent une portion finie de l'espace (discrets).
- Sélection d'un mode d'implantation :
 - Sélection arbitraire parmi 3 modes d'implantation :
 - Zonal ex. projection des contours
 - Linéaire ex. axe de l'objet
 - Ponctuel ex. centre de l'objet
 - Opération de généralisation conceptuelle et structurelle effectuée au moment de la saisie de l'aspect géométrique des données.
 - Conditionne l'échelle d'utilisation, la précision des informations géographiques, les types de traitement et de visualisation supportés par les objets.
- Un objet abstrait :
 - Par définition : peut être ponctuel, linéaire ou zonal.

► Composition des objets géographiques

◦ Objets géographiques simples

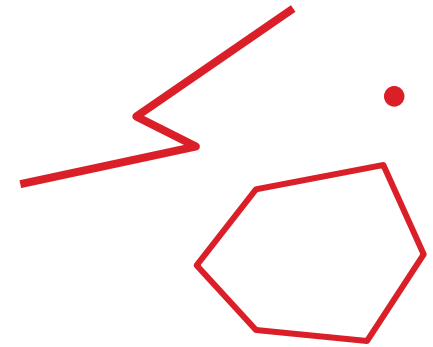
- Objet géographique dont la définition géométrique correspond à l'une des 3 primitives graphiques :
- ex. point - ligne (polyligne) - polygone (polyligne fermée)

◦ Objets géographiques composés

- Objets géographiques dont la définition géométrique est formée par plusieurs objets simples de même type :
- ex. nuage de points - réseau de lignes – « archipel » de polygones

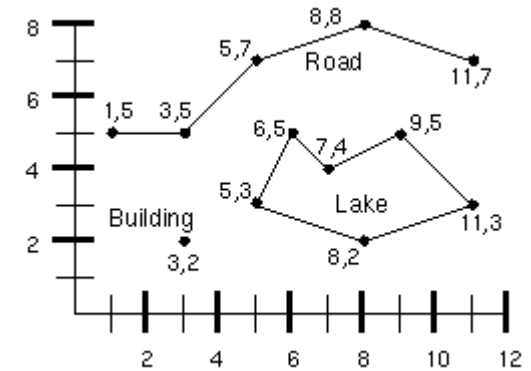
◦ Objets géographiques complexes

- Objet géographique dont la définition géométrique est formée de plusieurs objets simples ou composés de types différents :
- ex. réseau ferroviaire = voies (réseau de lignes)
+ gares (polygones)



► Mode graphique vectoriel

- Définit l'aspect géométrique des données spatialement discrètes.
- Système de coordonnées :
 - Rectangulaires (2 D, possibilité 3 D).
 - En nombres réels (précision indépendante du mode graphique).
- Primitives graphiques (objets graphiques)
 - Point : défini par un couple (ou triplet) de coordonnées (ex. x, y).
 - [Segment : défini par ses extrémités, soit 2 couples de coordonnées]
 - Polyligne : succession de segments
= succession de couples de coordonnées.
 - Polygone : défini par son contour
= polyligne fermée (rien sur la surface !).
 - Polyligne et polygone : généralisation implicite à la saisie !
- Identifiant géométrique :
 - Chaque primitive graphique est identifiée par un code (alpha-)numérique univoque dès sa saisie (ex. numérotation automatique).



Composante attributaire

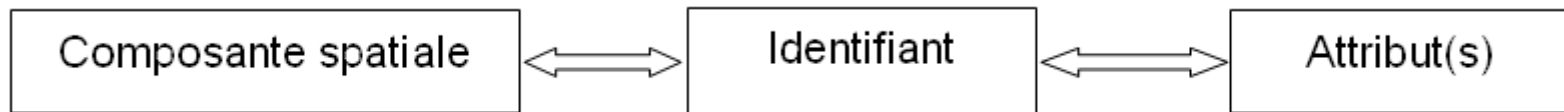
► Attributs

- Caractères (variables) dont sont porteurs les objets géographiques.
 - La valeur d'un attribut est homogène sur un objet géographique discret !
- Échelle de mesure des attributs
 - Qualitative :
 - Nominale : binaire, N-aires
 - Ordonnée : complète, faible
 - Quantitative :
 - D'intervalle (0 arbitraire)
 - De rapport
- Codification des attributs
 - Échelle qualitative : ensemble de modalités ou de rangs
 - Codification numérique : simple ou disjonctive
 - Échelle quantitative : toujours numérique
 - Entiers positifs ou nuls (comptage)
 - Réels (mesures)

Codage d'un caractère qualitatif							
Modalités		numérique simple			disjonctif		
Individu	<i>C</i>		<i>C</i>		<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>
<i>i₁</i>	<i>C2</i>		2		0	1	0
<i>i₂</i>	<i>C1</i>		1		1	0	0
...
<i>i_n</i>	<i>C3</i>		3		0	0	1

► Types d'attributs

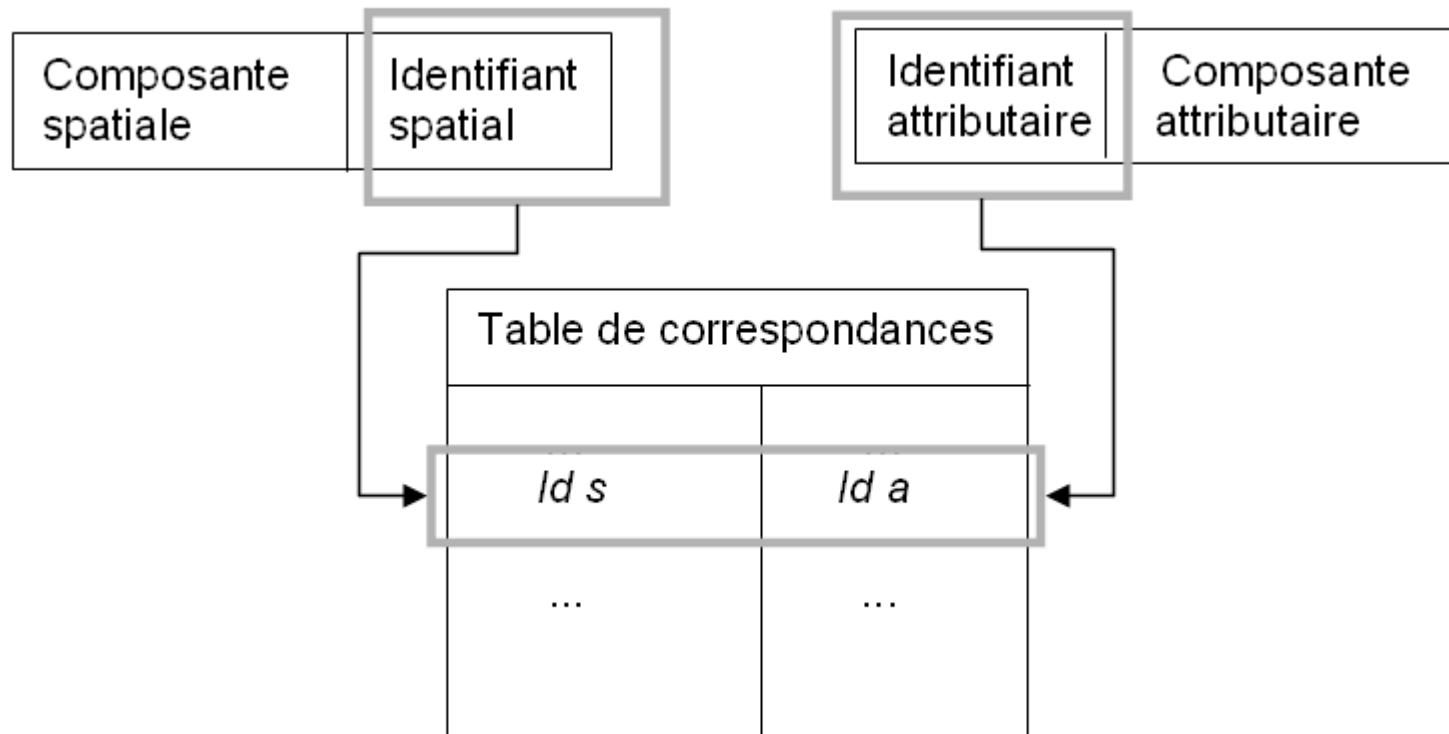
- Thématique : variable décrivant un thème particulier dont est porteur l'objet.
 - Ex. densité de population, sexe-ratio, etc. décrivant la démographie.
- Géométrique : paramètre quantitatif décrivant la géométrie de l'objet.
 - Issu, ou non, d'un traitement de la composante géométrique de l'objet.
 - Ex. superficie, longueur, etc.
- Graphique : variable graphique associée à la représentation de l'objet.
 - Change selon l'échelle et la généralisation de la représentation.
- Identifiant : valeur alphanumérique univoque désignant l'objet sans ambiguïté parmi les autres.
 - Identifiant géographique : associé à la collection d'attributs.
 - Variable indispensable et unique parmi la liste des attributs.
 - Censé faire la liaison entre la composante spatiale et la composante attributaire de l'objet.



- ▶ Liaison de la composante géométrique et de la composante attributaire
 - Objectif du géocodage ou géo-codification
 - Association d'une définition géométrique à un objet géographique et à son ou ses attributs.
 - Géocodage direct
 - L'identifiant géométrique correspond à un identifiant géographique.
 - Recherche des identifiants identiques.
 - Sinon, association d'un ou plusieurs identifiants géométriques à un identifiant géographique via une table de correspondances.
 - Géocodage indirect
 - Par adresse postale :
 - Chaque adresse correspond à une définition géométrique (parcelle).
 - Sinon, une définition géométrique ponctuelle est calculée par interpolation (ex. entre les extrémités des tronçons de rue).
 - Par appartenance : ex. quadrillage (UTM ou autre), zonage, etc.
 - Relocalisation de données géographiques déjà géocodées.



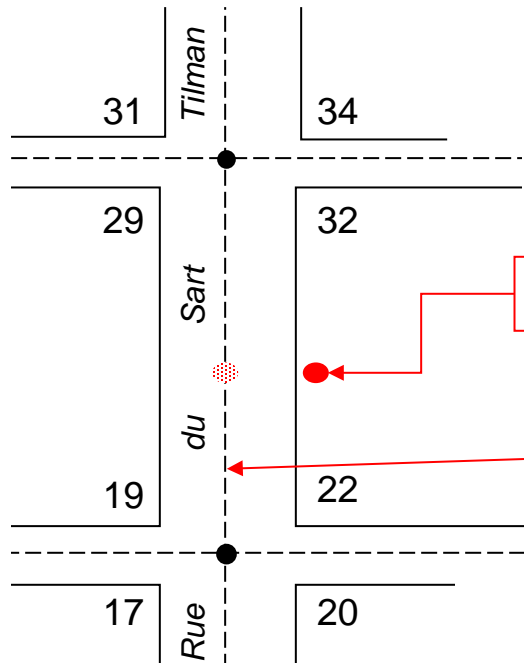
Principe du géo-codage direct par égalité d'identifiant



Principe du géo-codage direct par table de correspondances entre identifiants

Principe du géo-codage indirect par adresse postale

Table d'attributs (y compris l'adresse postale)
d'un type d'objet quelconque



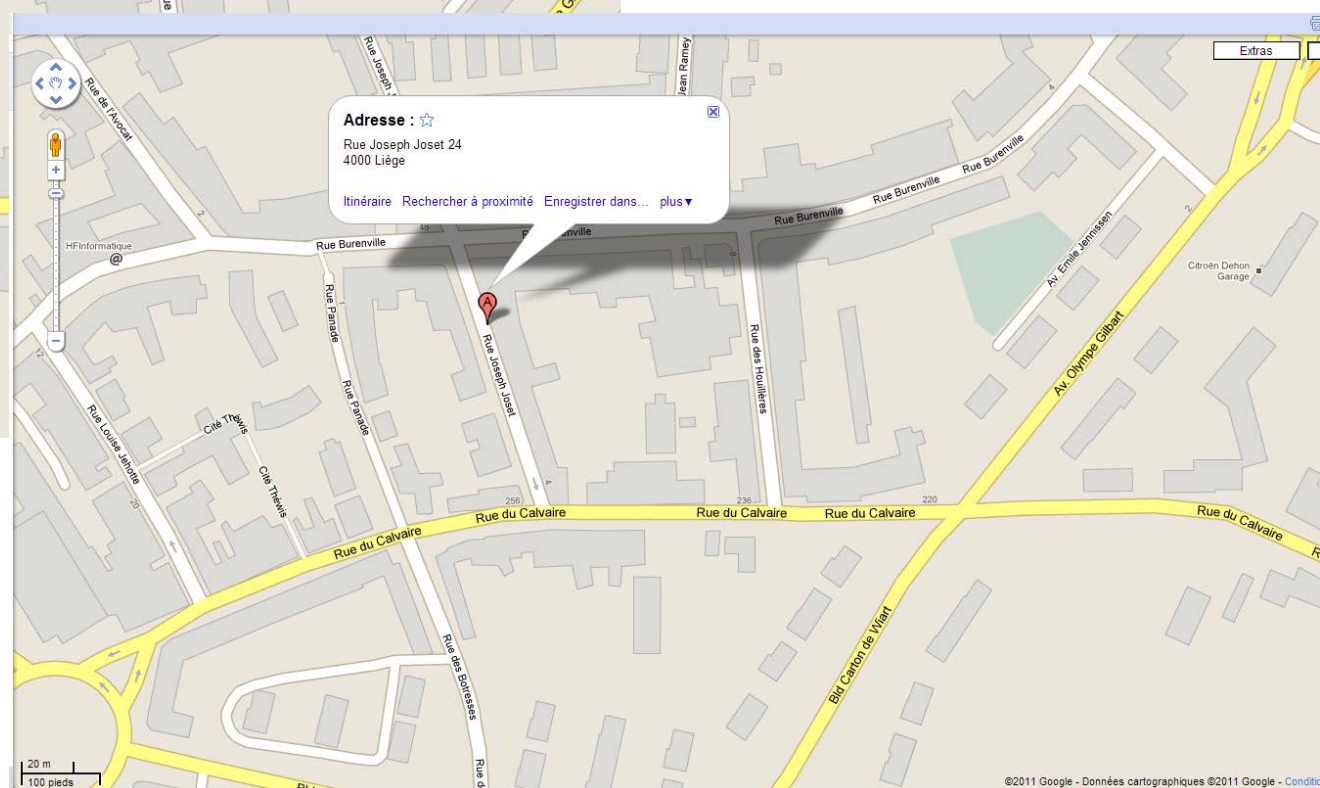
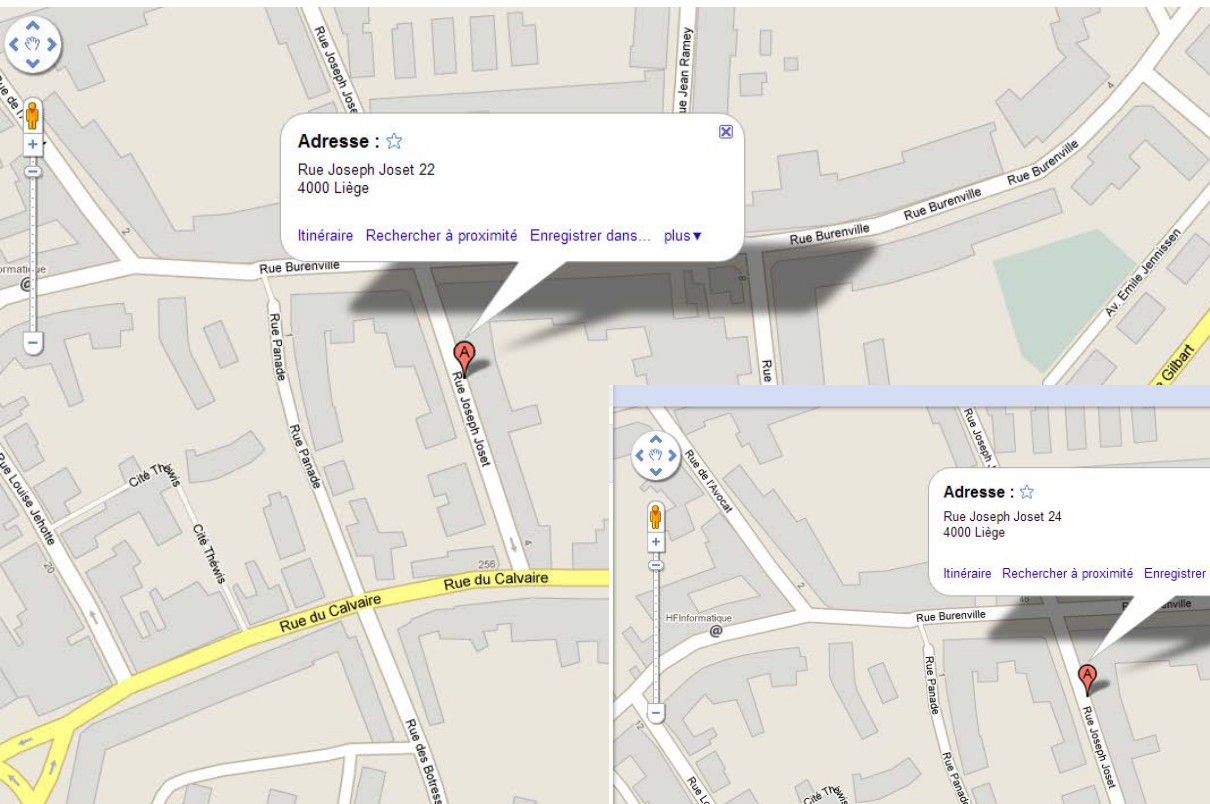
Obj_ID	N°	Rue	CP	Commune	...
...					
723	26	Sart Tilman (du)	4020	Liège	
...					

Objets géographiques présents
dans la base de données géographiques

Rue Id	Nom	CP
...		
427	Sart Tilman (du)	4020
...		

Segment Id	Nœud 1 Id	Nœud 2 Id	Rue Id	Bloc G Id	N° Début G	N° Fin G	Bloc D Id	N° Début D	N° Fin D
...									
1748	7694	8123	427	318	19	29	701	22	32
...									

Nœud Id	X	Y
...		
7694	150238	72614
...		
8123	150240	72693
...		



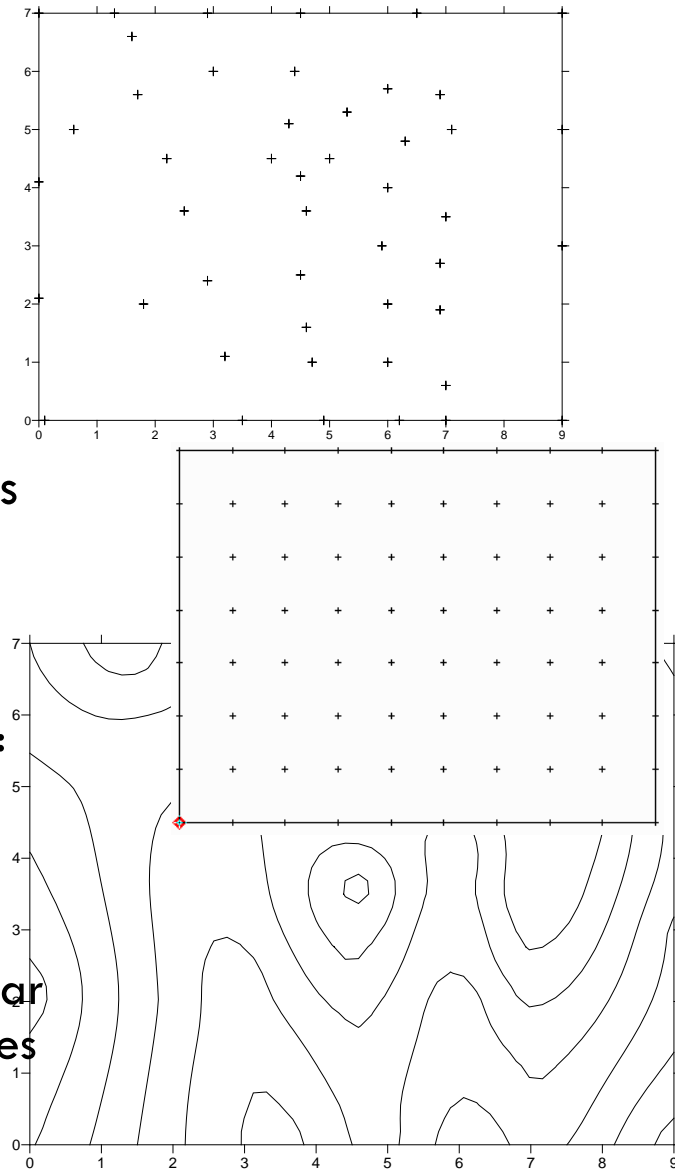
```
$address = $row["NOM_DE_RUE"]." ".$row["NUMERO"]." ".$row["CODE_POSTAL"];  
$id = $row["id"];  
$request_url = $base_url . "&q=" . urlencode($address);  
$xml = simplexml_load_file($request_url) or die("url not loading");  
  
$status = $xml->Response->Status->code;  
if (strcmp($status, "200") == 0) {  
    // Successful geocode  
    $geocode_pending = false;  
    $coordinates = $xml->Response->Placemark->Point->coordinates;  
    $coordinatesSplit = split(",", $coordinates);  
    // Format: Longitude, Latitude, Altitude  
    $lat = $coordinatesSplit[1];  
    $lng = $coordinatesSplit[0];
```

Données spatialement continues

► Données géographiques spatialement continues

◦ Composante spatiale

- La phénomène s'étend sur tout l'espace (possibilité d'absence locale).
- Saisie et représentation exhaustives impossibles en mode vecteur
 - Le phénomène n'est localisé qu'en certains points de l'espace seulement.
 - Sondage spatial dictant la disposition des points:
 - Systématique : en grille (ou treillis).
 - Transects : le long de coupes.
 - Irrégulier : aléatoire, triangulation, etc.
 - Courbes de niveau (isarithmes) : lignes passant par des points de même cote, filées (terrain), restituées (photogrammétrie) ou interpolées (calcul).

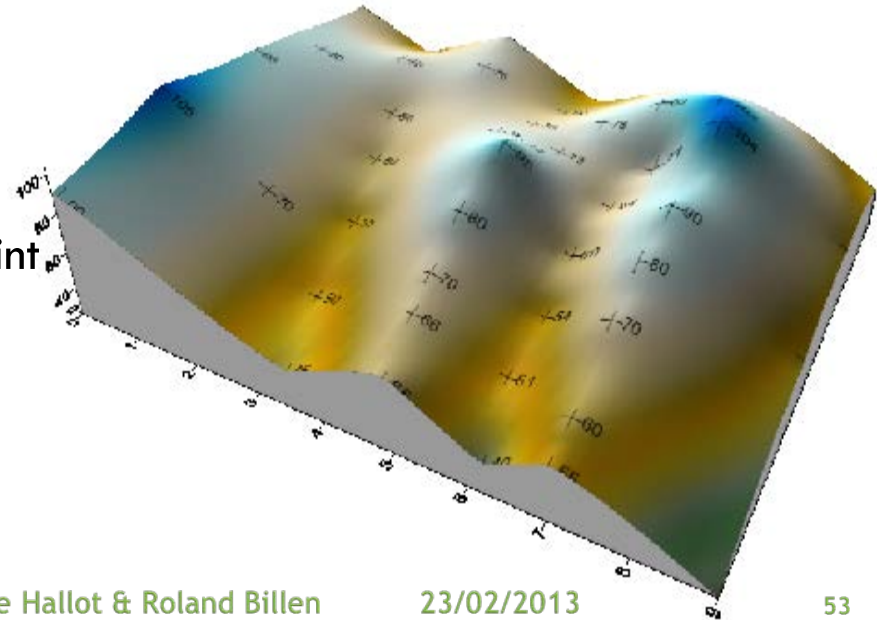
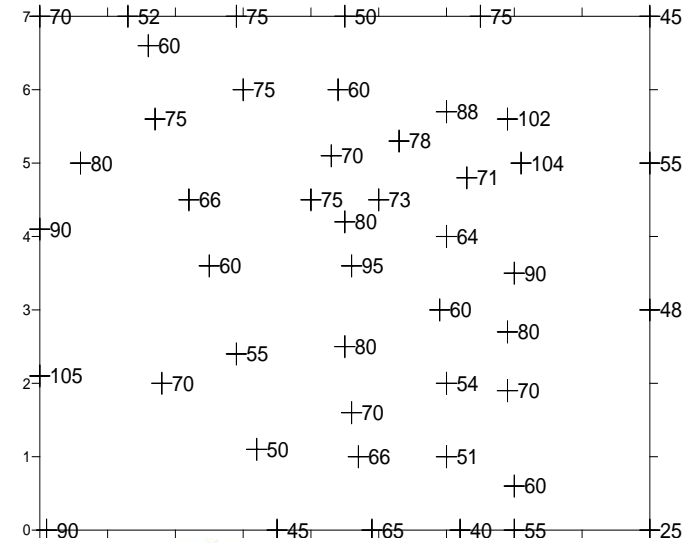


- Composante attributaire

- Attributs exclusivement quantitatifs.
- Chaque point de l'espace présente une valeur distincte de l'attribut.
- Valeurs de l'attribut déterminées aux seuls points localisés.
- Recours au processus d'interpolation pour déterminer la valeur de l'attribut en n'importe quel point de l'espace.

- Géocodage

- Géocodage direct des seuls points de valeurs connues.
- Opération généralement implicite, la valeur v du phénomène en un point étant associée à ses coordonnées : (x, y, v) ou (x, y, z, v) .



Sources de données géographiques en mode vectoriel



Levé de terrain

► Source directe : données géographiques primaires

◦ Stations totales

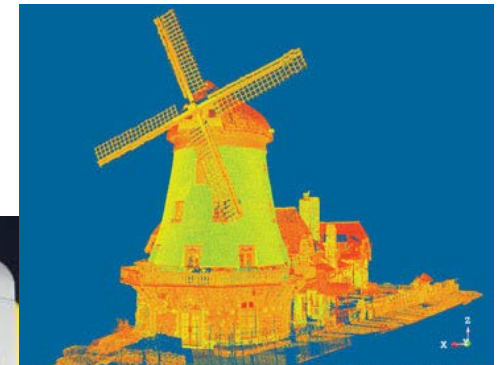
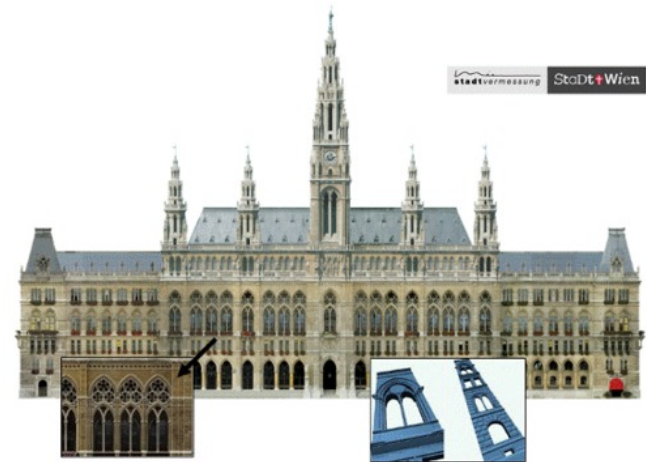
- Saisie et enregistrement
 - Le carnet de terrain électronique associé à ces instruments permet stocker les données brutes (angles et distances) et peut être interfacé avec un ordinateur (portable, connexion GSM, etc.).
 - Les données sont transférées sur la mémoire de masse de l'ordinateur dans un format simple, de type ASCII.
 - Les données brutes sont traitées sur l'ordinateur par des logiciels de traitements topographiques (COGO : COordinate GeOmetry).
- Caractéristiques
 - Précision : du matériel, erreurs de mesure.
 - Coordonnées : 2-3 D, rectangulaires (géodésiques, astronomiques).
- Implantation spatiale
 - Sélection arbitraire du mode d'implantation des objets visibles (point, axe, périmètre) au moment de l'opération de levé.



Levé de terrain

◦ LaserScan

- Enregistrement automatique d'un grand nombre de points ($>10^6$) tridimensionnels sur une zone définie.
- Information de couleur et de réflectance associée à chaque point.
- Traitements à posteriori pour reconstruire la géométrie des objets.
- Caractéristiques :
 - Précision du matériel
 - Type d'information enregistrée -> change la vitesse de mesure.
- Acquisition de photographies orthorectifiées
 - Voir Mode Image



Levé de terrain

- Système de positionnement par satellite (GNSS)
 - Saisie et enregistrement
 - Principe identique à celui du matériel précédent.
 - Caractéristiques
 - Précision : variable selon mode de saisie (DGPS codes, DGPS phases, etc.)
 - Coordonnées : 3 D rectangulaires vis-à-vis du datum WGS84.
 - Conversion en coordonnées rectangulaires planes (locales) réalisée immédiatement ou en différé.
 - Implantation spatiale
 - Sélection du mode d'implantation des objets visibles lors du levé.



- ▶ **Source indirecte : données géographiques primaires**
 - **Restitution photogrammétrique analytique**
 - **Principe**
 - Les clichés sont argentiques. Le dispositif d'observation et de pointé stéréoscopiques sont analogiques. Toutes les autres fonctions sont assurées par un ordinateur.
 - Celui-ci calcule instantanément les coordonnées spatiales des points restitués, commande les déplacements continus des plateaux porte-clichés et stocke les coordonnées et identifiants des objets restitués sur support magnétique.
 - **Caractéristiques**
 - Précision : grain des photos.
 - Coordonnées : 2-3 D, rectangulaires locales.
 - **Implantation spatiale**
 - Sélection du mode d'implantation des objets visibles sur les photos lors de la restitution.



Restitution

◦ Restitution numérique

• Principe

- Basé sur l'analyse de deux images stéréo numériques.
 - ex. photos scannées, images satellite.
- Tous les traitements sont réalisés ou assistés par ordinateur.

• Données numériques extraites

- Mode image : orthophotos, MNT.
- Mode vectoriel : restitution de points, lignes, périm

• Caractéristiques

- Précision : résolution (taille des pixels) de l'image
- Coordonnées : 2 D en restitution monoscopique, 3 stéréoscopique, rectangulaires locales.

• Implantation spatiale

- Sélection du mode d'implantation des objets visibles la restitution.
- Un point a la précision d'un pixel (= surface !)



Numérisation Manuelle

► Source indirecte : données géographiques secondaires

◦ Numérisation manuelle ou semi-automatique

- Principe
 - Usage d'un numériseur (table à numériser) interfacé à un ordinateur.
 - Le document (plan, carte) est fixé sur le numériseur et les coordonnées (machine) des points sélectionnés par l'utilisateur sont transmises à l'ordinateur.
 - Elles sont converties par logiciel dans le système de coordonnées de l'utilisateur et stockées sur support magnétique.
- Caractéristiques
 - Saisie de la représentation d'objets concrets et abstraits, déjà généralisés et symbolisés.
 - Précision : qualité du document d'origine, généralisation à la saisie.
 - Coordonnées : 2 D, rectangulaires locales.
- Implantation prédéfinie par la représentation.

Numérisation automatique

- Scannage et vectorisation

- Principe

- Usage d'un scanner interfacé à un ordinateur.
- Le document (plan, carte) est scanné et son image est transférée sur la mémoire de masse de l'ordinateur.
- L'image doit être géo-référencée avant d'être exploitée.
- Les objets planimétriques vectoriels sont extraits de l'image :
 - Soit par numérisation manuelle sur écran (procédé similaire mais moins précis que la restitution monoscopique).
 - Soit par vectorisation (semi-)automatique (l'opération implique plusieurs pré- et post-traitements pour être efficace).
- Les coordonnées des objets sont stockées sur support magnétique.

- Caractéristiques

- Précision, qualité du document original, résolution du scanner, généralisation lors de la numérisation manuelle.
- Autres caractéristiques et implantation : comme numérisation manuelle (objets déjà généralisés et symbolisés).

Fichiers et Bases de données

► Source numérique existante : données géographiques primaires

◦ Fonds de plans numériques de précision

- Données :
 - Coordonnées rectangulaires 2-3 D d'une sélection d'objets restitués par photogrammétrie et complétés sur le terrain.
 - Symbolisation et généralisation faibles (plan).
 - Types d'objets :
 - Concrets : éléments du réseau de voirie, façades ou emprises complètes des bâtiments, mobilier urbain, etc.
 - Abstraits : parcellaire cadastral, limites administratives.
 - Découpage administratif (provinces, communes...) ou système de découpage cartographique.
 - Précision planimétrique : ~ 10 cm pour les données concrètes.
 - Variable pour les données abstraites (données secondaires).
- Exemples :
 - Projets régionaux : PICC (MET), URBIS.
 - Projets d'associations d'impétrants : BICARD-CARDIB (origine).

Fichiers et Bases de données

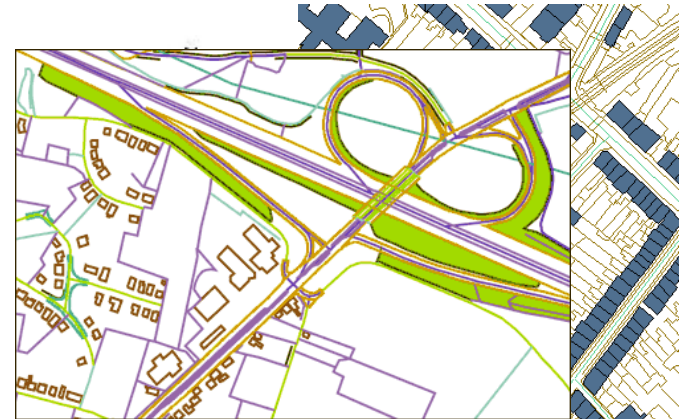
Extrait du levé topographique

Urbis

PICC

2,47€ - 8,9€/HA
(37500€ pour Liège)

Urban Information System
CAPITALE



Façade arrière bâtiments

TOP10V-GIS
(30€/KM²)

Mitoyen



TeleAtlas

StreetNet



Fichiers et Bases de données

- Cartes de base numériques

- Carte de base 1 / 10 000 de l'IGN
- Coordonnées rectangulaires 2 D des objets restitués par photogrammétrie et complétés sur le terrain.
- Types d'objets : dictionnaire de données de la carte de base.
- Symbolisation et généralisation sensibles (carte).
- Découpage cartographique.
- Précision planimétrique :
~ 1-2 m



Fichiers et Bases de données

► Source numérique existante : données géographiques secondaires

◦ Fonds de plans numériques

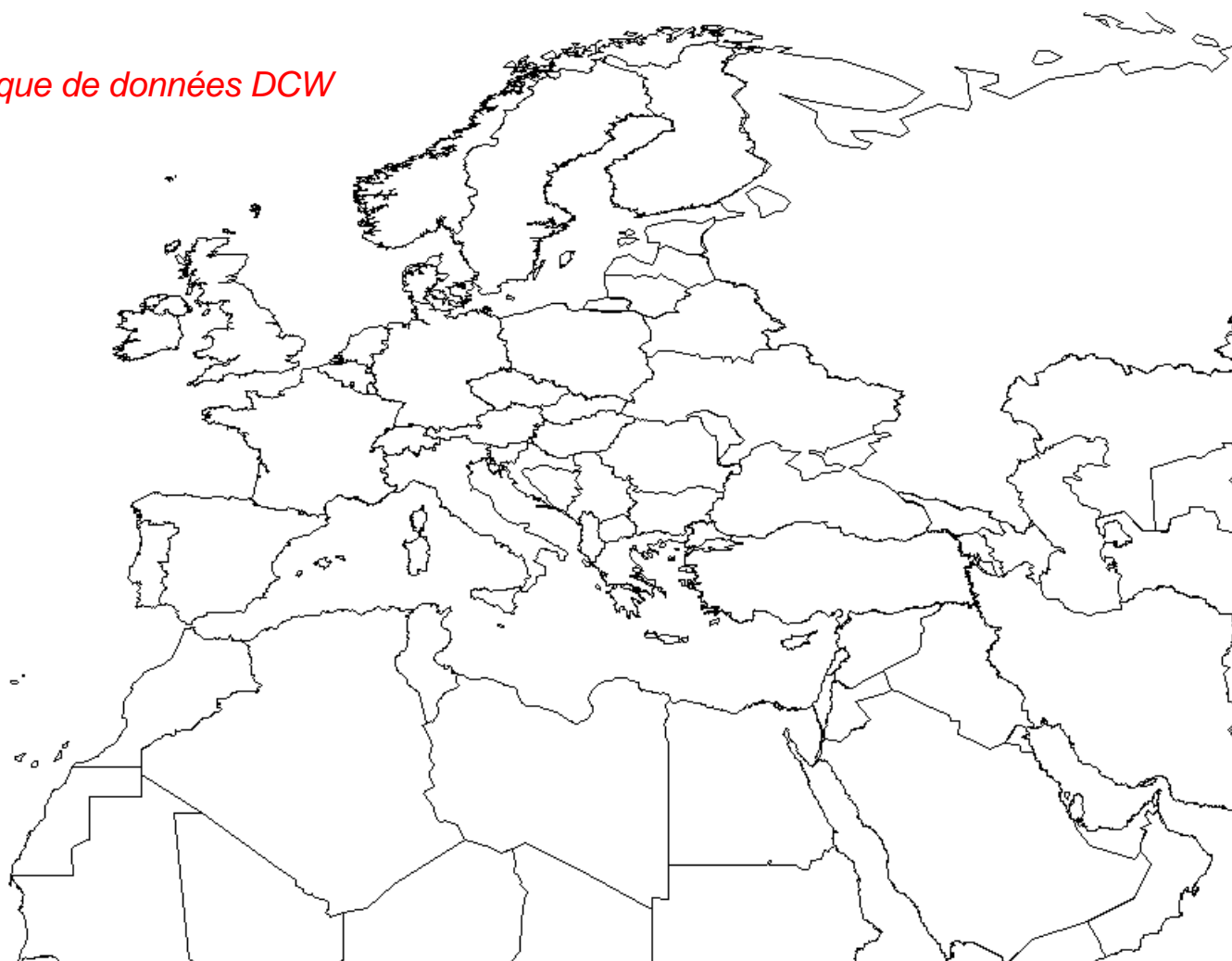
- Sources variables : exploitation de la carte de base, généralisation de fonds de plans de précision, plans scannés et rectifiés, complètement de terrain, etc.
- Données : coordonnées 2 D d'une sélection d'objets enrichis d'informations auxiliaires compilées ou levées sur le terrain.
- Précision planimétrique variable : ~5-20 m
- Types de données : axes de voirie et limites d'îlots, avec information sur les adresses postales, limites parcellaires, etc.
 - ex. PLI (DGATLP + Cadastre), fichiers distribués par Tele-Atlas.

◦ Fonds de cartes aux moyennes et petites échelles

- Coordonnées géographiques (latitude, longitude) ou rectangulaires locales ou universelles (UTM).
- Types d'objets : limites administratives (pays, régions), réseau hydrographique principal, infrastructures de transport, etc.
- Découpage géographique (par continents...) ou en tuiles.
 - Ex. Digital Chart of the World (DCW); ~ 1/1 000 000

Fichiers et Bases de données

Extrait de la banque de données DCW





Publication d'Informations Géographiques sur le WEB



Publication d'informations géographiques sur le Web

► Affichage d'images statiques

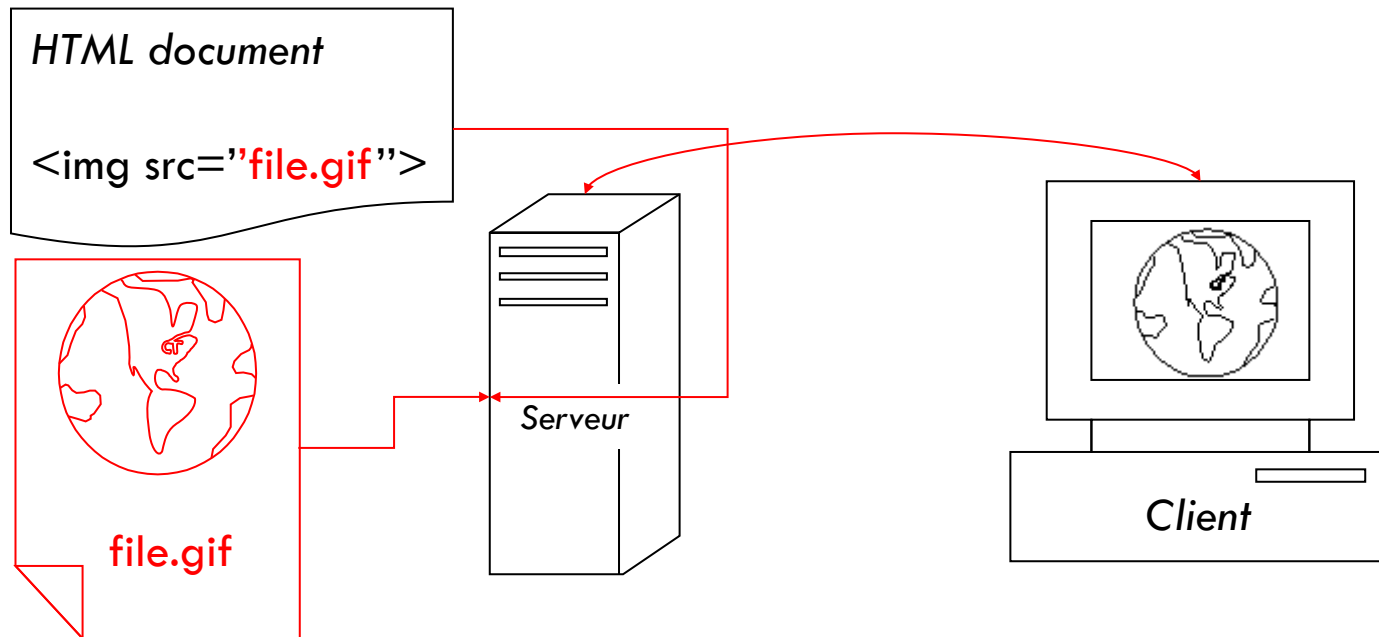
◦ Principe

- Lorsque le code HTML d'une page lue par le navigateur comporte une balise ``, une requête est transmise au serveur pour obtenir le fichier image spécifié par le tag sous le paramètre "SRC="
- Lorsque l'image est obtenue, elle est affichée par le navigateur qui continue ensuite l'interprétation du code HTML de la page

◦ Formats d'images

- GIF (Graphic Interchange Format) : format d'échange développé par CompuServe réalisant une compression de données sans perte, selon un principe proche du « Run Length Code »
- JPEG (Joint Photographic Experts Group) : méthode de compression des images 24 bits, conservant bien les couleurs (teinte et saturation) mais comprimant de façon irréversible les intensités – la perte dépend du niveau de compression choisi
- L'en-tête d'un fichier JPEG est important et la méthode ne convient pas pour les petites images

- Publication Web standard :
image statique (ici au format GIF)
dans une page HTML



<http://www.mamud.be/Research/Research-wp1.html>

► Utilisation d'un « plugin » client

- Le « plugin » est un programme capable de travailler avec le navigateur afin de conférer au client des fonctionnalités supplémentaires

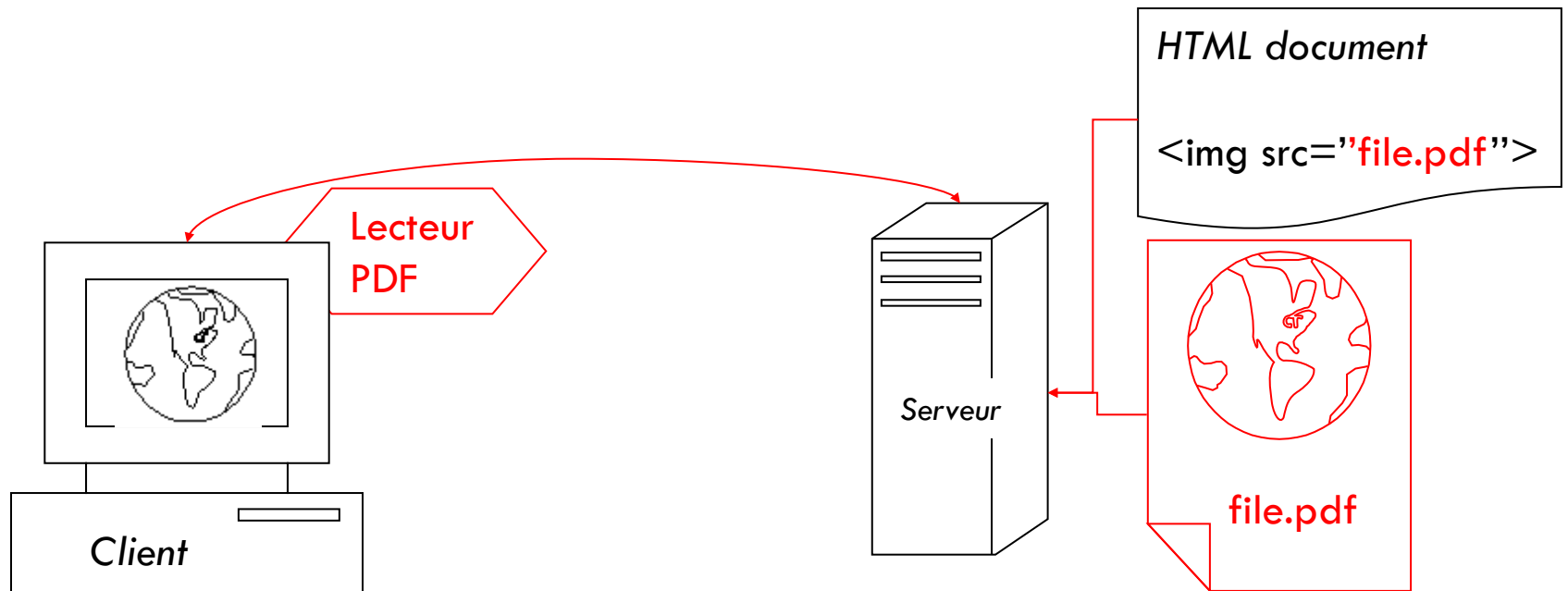
◦ Principe

- Lorsque, après une balise , le navigateur trouve un paramètre " SCR= " ne correspondant pas à un format reconnu d'images (GIF ou JPEG) il invoque le plugin approprié
- Le plugin prend le contrôle et offre ses fonctionnalités propres – ex. zoom, impression, affichage de vecteurs, requêtes, etc.
- Des centaines de plugins ont été développés pour la plupart des formats graphiques et sont distribués par les propriétaires des formats (ex. PDF)

◦ Désavantages

- Pour profiter des fonctionnalités, il faut télécharger et installer le plugin sur le client
- Les changements de versions sont fréquents et réclament des installations nouvelles
- Certains plugins sont développés pour un système d'exploitation, voire pour un type de navigateur seulement

- Publication Web
d'une carte dynamique
avec un « plugin »
(ici PDF Reader)



http://patrimoine.met.wallonie.be/cartotheque/_private/framecartes/Frame2CartX.asp?LG=fr&IG=42_2&FE=14&CH=38&LO=Liège&RE=wal

► Utilisation d'une machine virtuelle JAVA sur le client

- Java est un langage de programmation OO, développé par Sun Soft, indépendant de la plate-forme et permettant d'augmenter considérablement les fonctionnalités du client
- La plupart des navigateurs incorporent des exécuteurs ou interpréteurs Java (intitulés machines virtuelles Java)

◦ Principe

- Des petites applications pré-compilées en Java (« Java Class ») sont conservées sur le serveur
- Si, après une balise <APPLET> , le paramètre " SCR= " est une Java Class, le navigateur charge l'application correspondante depuis le serveur et lance son exécution par la machine virtuelle

◦ Avantages

- Augmentation des fonctionnalités client
- Mises à jour des applications sur le serveur
- L'essentiel de l'application est réalisée sur le client (libère le réseau)

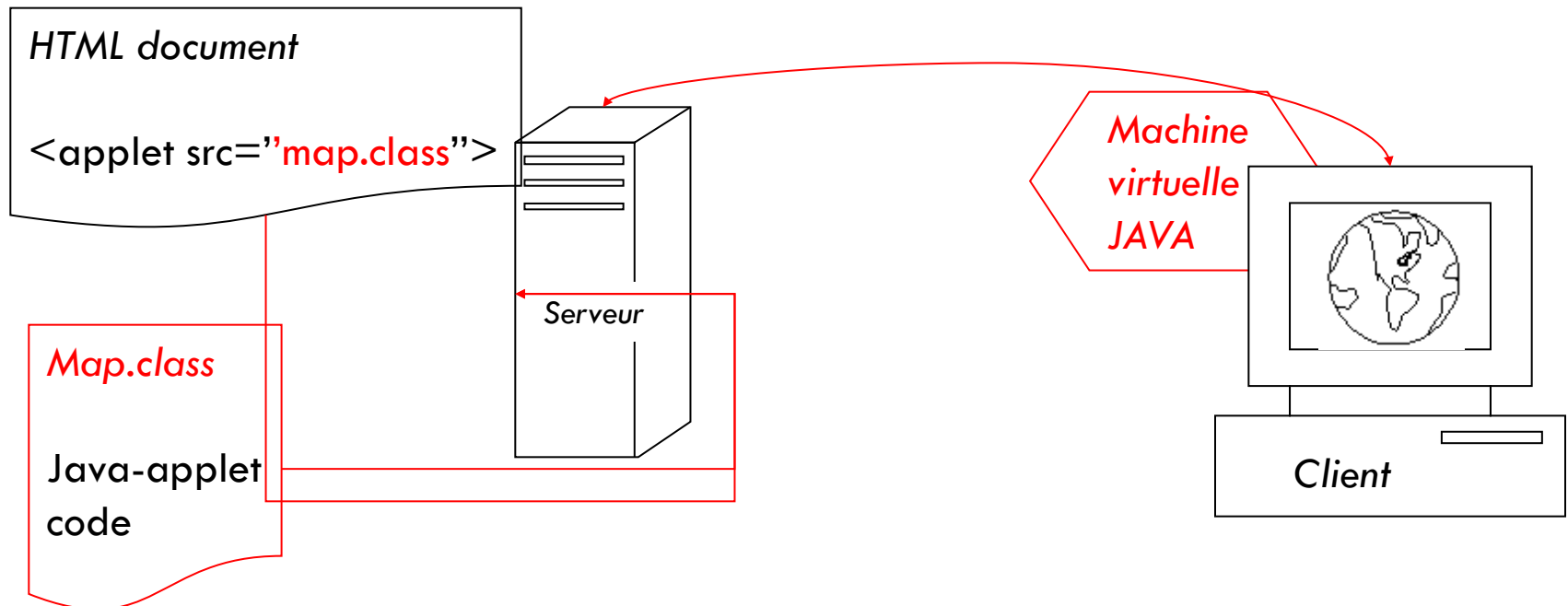
◦ Désavantage

- Le temps de chargement de l'applet sur le client

► Solution en JavaScript

- Langage interprété offrant la plupart des fonctionnalités de Java et quelques objets prédéfinis propres à l'utilisation dans un navigateur
- Le code écrit en JavaScript est directement incorporé dans la page HTML et est donc transmis au navigateur en même temps que la page Web
- Le code est interprété par le navigateur au moment de la lecture
 - L'interprétation des instructions au fur et à mesure de la lecture de la page Web par le navigateur rend l'exécution sensiblement plus lente que celle d'une applet Java pré-compilée
- Les instructions JavaScript offrent des fonctionnalités d'interactivité au client – ex. réponse à un événement (souris), contrôle du remplissage d'un formulaire sans passer par le serveur, etc.

- Publication Web
d'une carte dynamique
avec une « applet »
JAVA



<http://worldwind.arc.nasa.gov/java/demos/>
<http://openmap.bbn.com/demo/>

► Utilisation de l'interface CGI du serveur

◦ Protocole Common Gateway Interface (CGI)

- Définit les spécifications de communication entre le logiciel serveur et une application compatible CGI située sur le serveur
- Définit le moyen de communiquer avec l'application CGI, à travers le serveur Web, depuis le navigateur
 - Ajout de commandes (?) et de paramètres (&) dans l'URL :
`http://www.geo.ulg.ac.be?FaireCela&Paramètre1&Paramètre2`

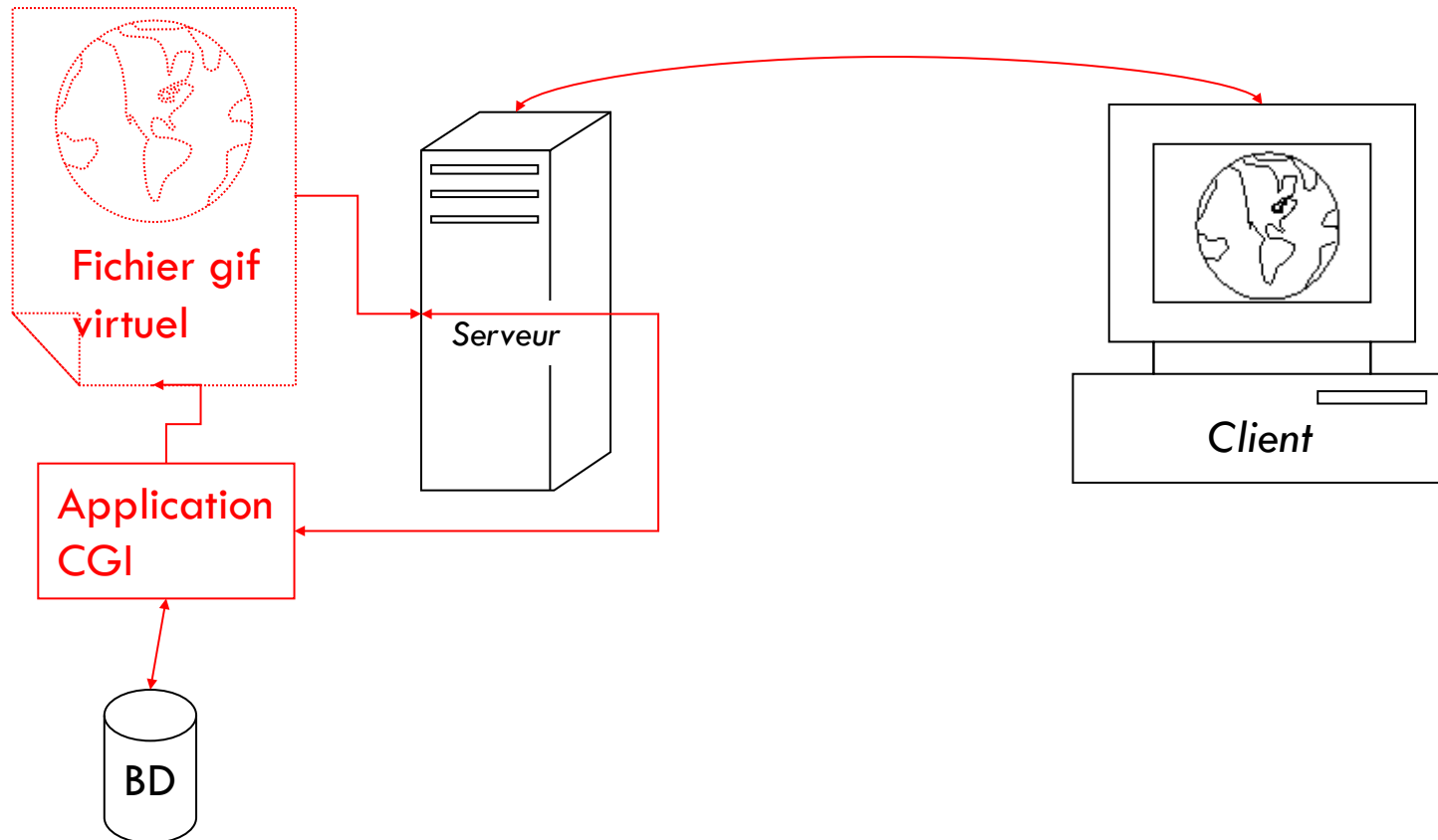
◦ Avantages

- Permet de lancer n'importe quel type d'application, y compris des requêtes sur des bases de données distantes, l'affichage totalement paramétré de cartes, etc. (compteurs automatiques...)
- Totalement réalisée sur le serveur, l'application n'a pas besoin de plugin, ni d'interpréteur sur le client (indépendante de la plate-forme)

◦ Désavantages

- Charge le serveur des demandes d'applications
- Transferts nombreux et éventuellement lourds
- L'application CGI peut vite être débordée par les demandes multiples

- Publication Web d'une carte construite de manière interactive par consultation de la BD via une application CGI



<http://mapserver.org/cgi/controls.html>

<http://maps.seai.ie/wind/>

► Applications mixtes sur le client et le serveur

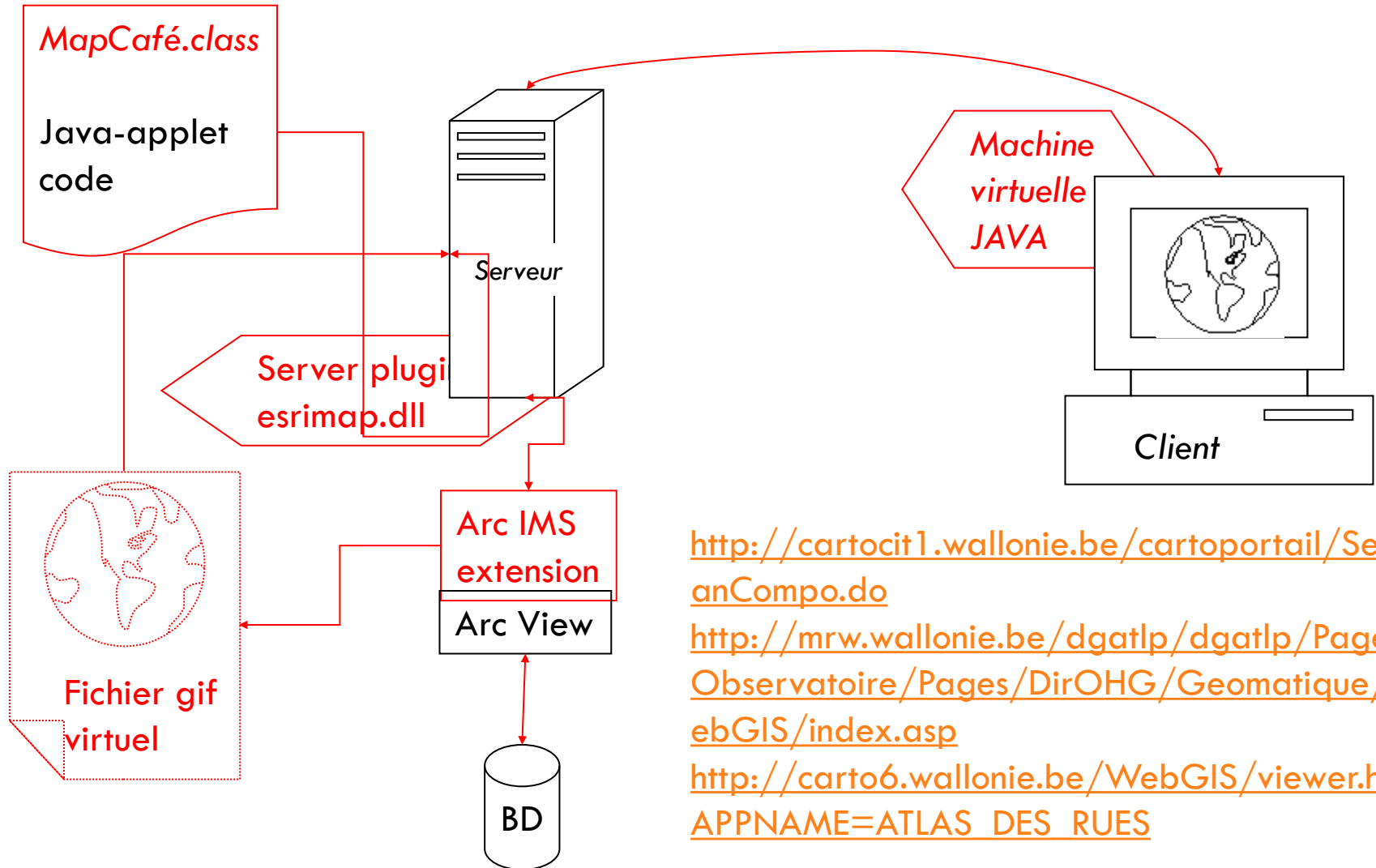
◦ Combinaisons des fonctionnalités

- Les solutions offrant les meilleures fonctionnalités sont les machines virtuelles Java du côté client et les applications CGI du côté serveur
- Les applications s'efforçant de rendre leur accès « transparent » à travers Internet utilisent les deux solutions simultanément

◦ Exemple de la solution ESRI Arc IMS

- ArcView constitue l'application côté serveur
- Elle est rendue compatible CGI grâce au module Internet Map Server (IMS) permettant de recevoir les commandes depuis le navigateur, à travers le serveur
 - La sélection de la commande ArcView réclamée par le navigateur est effectuée par un plugin installé sur le serveur (bibliothèque dynamique esrimap.dll)
 - Le même plugin permet de répartir les commandes sur plusieurs machines réalisant la même application ArcView pour réduire la charge du serveur
- En réponse à la demande, ArcView engendre une image (GIF ou JPEG) qui est envoyée au navigateur du client
- Une applet Java intitulé MapCafé est utilisée pour installer sur le client une interface qui ressemble à celle d'ArcView

- Méthode mixte de publication Web utilisant une « applet » Java et une application CGI (Arc View + IMS)



<http://cartocit1.wallonie.be/cartoportail/SetPlanCompo.do>

<http://mrw.wallonie.be/dgatlp/dgatlp/Pages/Observatoire/Pages/DirOHG/Geomatique/WebGIS/index.asp>

http://carto6.wallonie.be/WebGIS/viewer.htm?APPNAME=ATLAS_DES_RUES

► Utilisation des Web Services de l'OGC

◦ Web Map Services

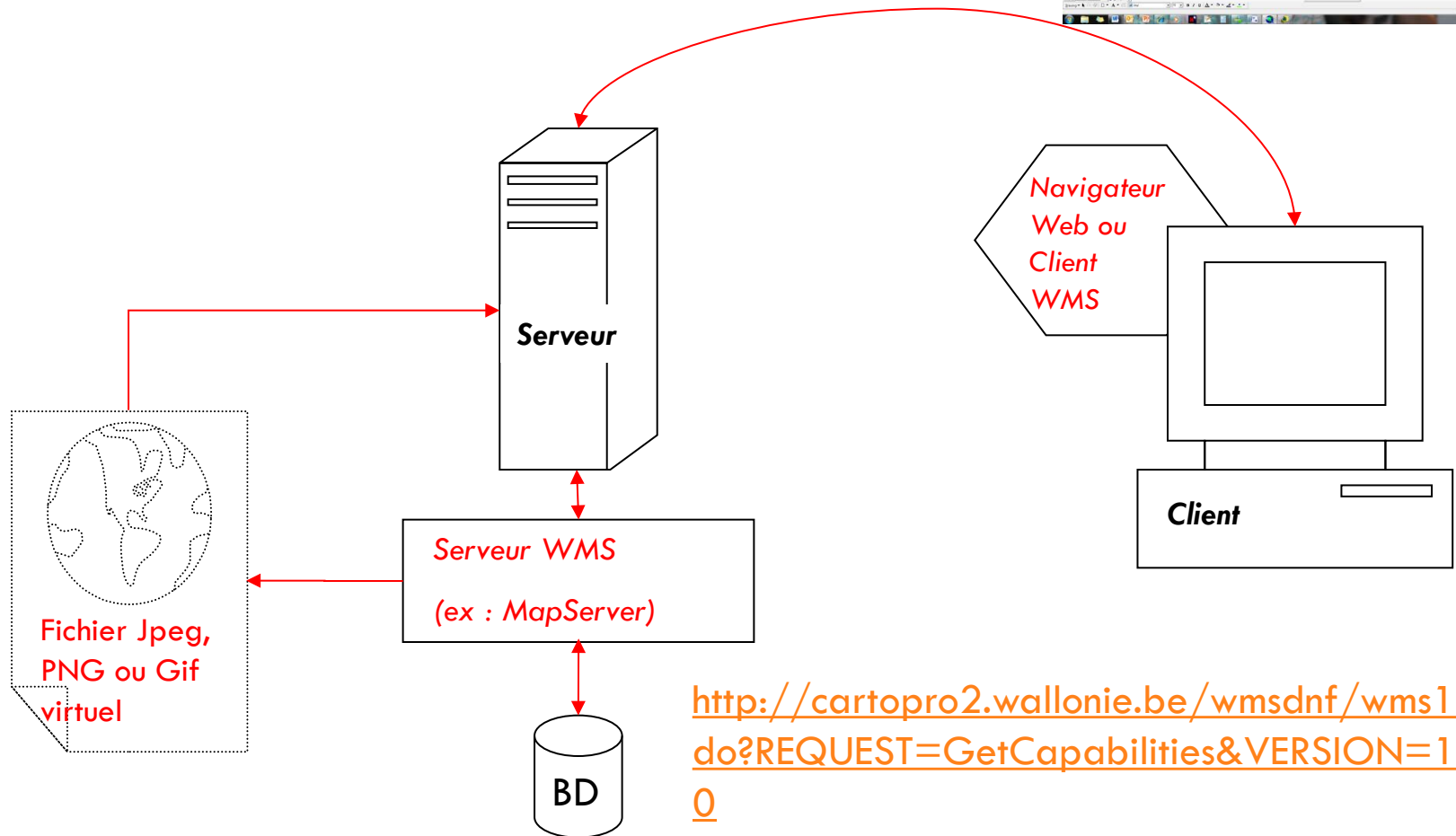
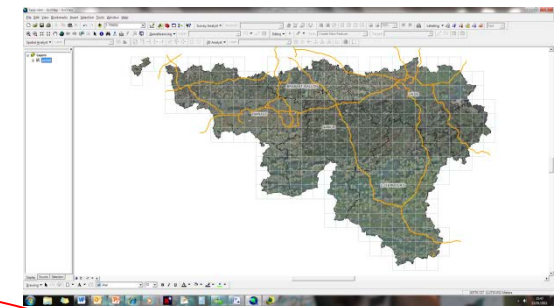
- Un serveur WMS est installé sur le serveur (ex : MapServer)
- Il est connecté à différentes sources de données (dépend du serveur choisi)
 - Organisées en couches
 - Pour MapServer : Shapefiles, PostGIS, Oracle, SDE...
- Il interprète les requêtes envoyées par le client via l'URL
- 3 opérations (requêtes) sont disponibles dans un service WMS :
 - GetCapabilities : retourne les métadonnées qui décrivent le contenu du service
 - GetMap : retourne l'image d'une carte dont les paramètres (étendue spatiale – dimensions – couches sélectionnées...) ont été fournis dans la requête
 - GetFeatureInfo (optionnel) : retourne des informations sur un objet représenté dans la carte

Exemple de requête

GetMap :

- `http://map.ngdc.noaa.gov/servlet/com.esri.wms.Esrimap?servicename=glacier&WMTVER=1.0&request=GetMap&SRS=EPSG:4326&BBOX=-100,-90,100,80&WIDTH=400&HEIGHT=400&LAYERS=Continents,Rivers,Glaciers%20(all%20sizes)&FORMAT=image/png`
- La réponse à une requête, soit une image (PNG, JPG, TIFF ou GIF) (GetMap), soit un fichier XML (GetCapabilities – GetFeatureInfo), est envoyée au client
 - Le principe est d'accéder au service avec un simple navigateur, mais si celui-ci ne reconnaît pas le format de transfert, il faut installer un logiciel client WMS (ex. Q-GIS, OpenJump, etc.).

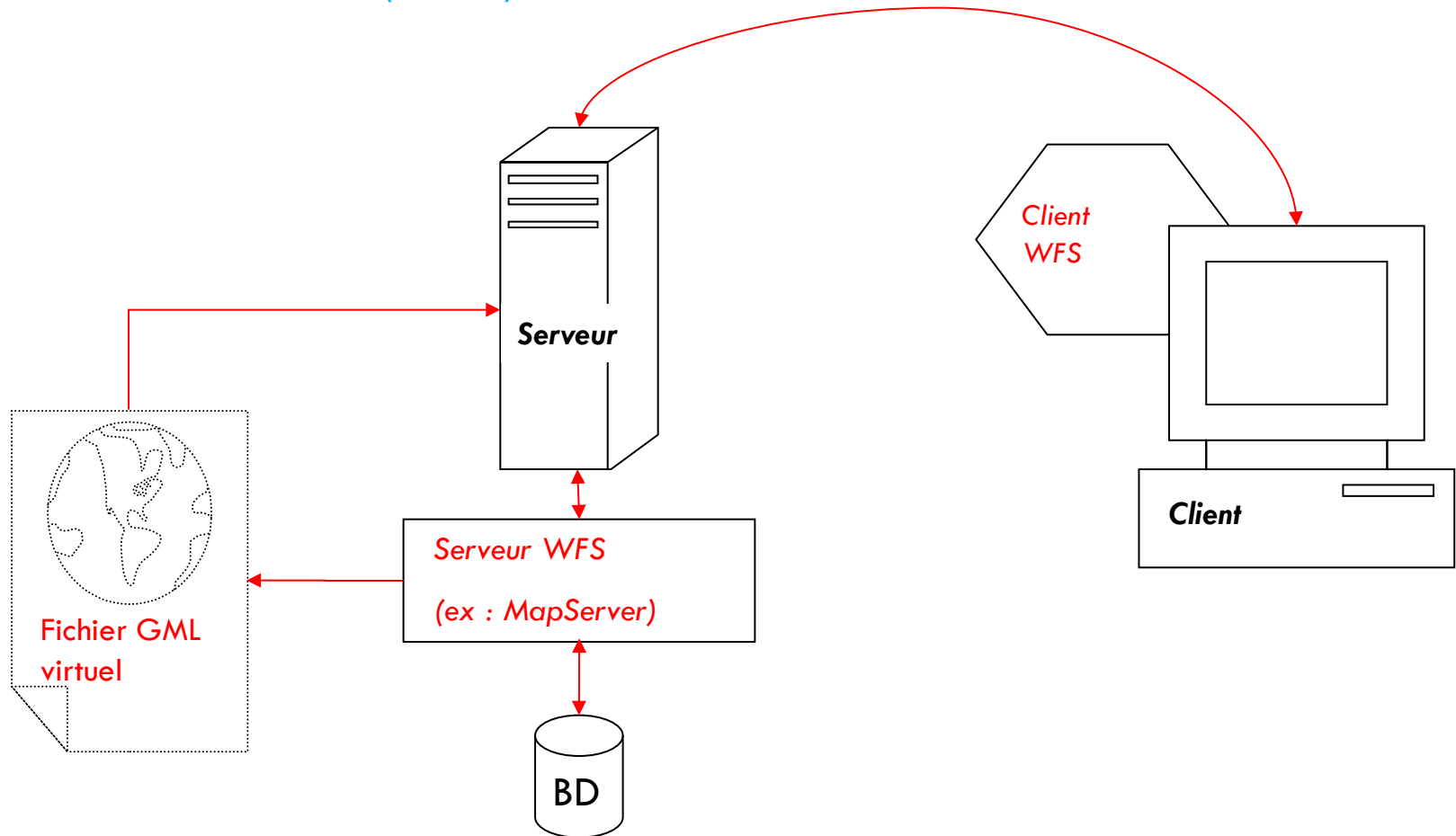
- Publication Web d'une carte construite par un Map Service (OGC)



◦ Web Feature Services

- Comme pour le WMS, un serveur WFS est installé sur le serveur, il est connecté à différentes sources de données et interprète les requêtes envoyées par les clients (ex : MapServer)
- Les opérations disponibles sont :
 - Visualiser et/ou interroger des objets géographiques existants
 - Créer un nouvel objet géographique
 - Supprimer un objet géographique existant
 - Mettre à jour un objet géographique
- La réponse à une requête, soit un fichier GML (objets géographiques), soit un fichier XML (information textuelle), est envoyée au client
- Afin de visualiser les données fournies au format GML, un client WFS doit être installé sur le client.
 - Ex : OpenJump, Quantum GIS, ArcGIS...
- Avantage : on manipule directement l'objet géographique vectoriel, avec possibilité de le modifier, le supprimer, le mettre à jour
- Désavantage : nécessité d'installer un client WFS

- Publication et édition interactive sur le Web
d'une collection d'informations
géographiques construite par un
Feature Service (OGC)



Airports of the World

<http://webservices.ionicsoft.com/worldData/wfs/WORLD>