

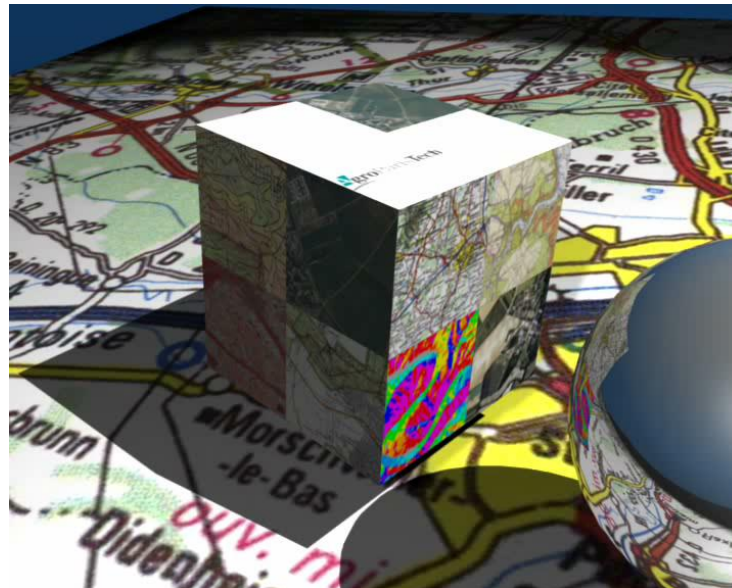


AgroParisTech  Jean-Marc GILLIOT 2020 - 2021

grande école européenne d'ingénieurs et de managers dans le domaine du vivant et de l'environnement

# INTRODUCTION AUX S.I.G. : SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

1 A ingénieurs  
AgroParisTech  
Prérequis  
Domaine D1-D3



© Jean-Marc Gilliot 2009 3D 



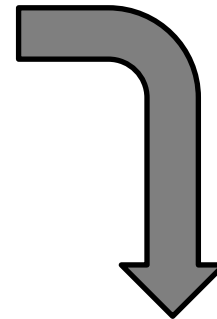
# Page ecampus des prérequis D1-D3



Section « Cours et TD SIG »

PDF cours et du TD  
ZIP du jeu de données du TD:

 LA\_FLECHE.zip



CONTENUS



Accueil

● Cours de bioclimatologie

Actuelle

TD de bioclimatologie

Cours et TD SIG

 Créer une section

 Tableau de bord du cours

Cours et TD SIG

→ 👁 ✕ 🔊

Utilisez cette zone pour décrire le thème de cette rubrique. Vous pouvez insérer du texte, des images, ainsi que des contenus audio et vidéo.

 Modifier la section

ZIP

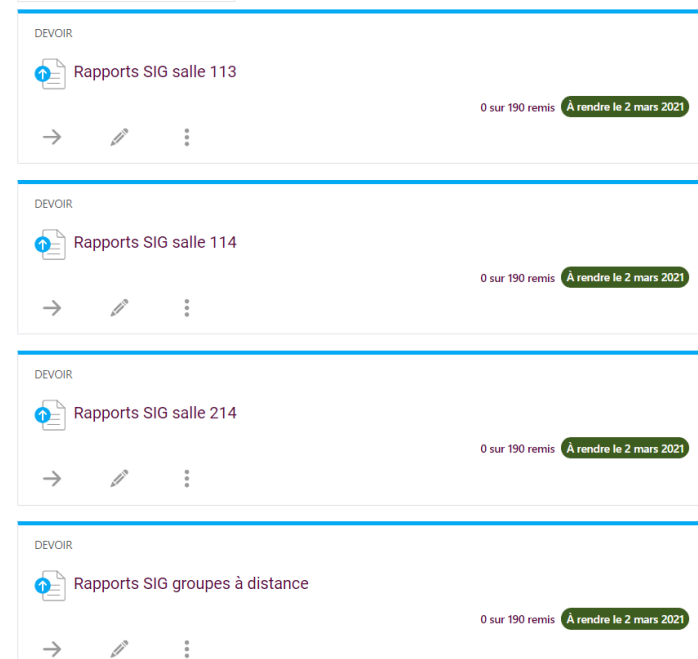
LA FLECHE

PDF

TD 1 1 QGIS 3 6 1A  
Partie 1



- 1) Cours d'introduction sous Collaborate VISIO : 1,5h
- 2) TD 1.1 avec le logiciel QGIS : 1,5h  
présentiel ou distanciel selon votre choix
- 3) TD 1.2 sous QGIS ***Partie Gestionnaire de mise en page dans QGIS***  
à faire en autonomie: 15 minutes
- 4) Devoir maison:  
mini étude de cas sous QGIS  
à rendre avant le 01/03: 1,5h



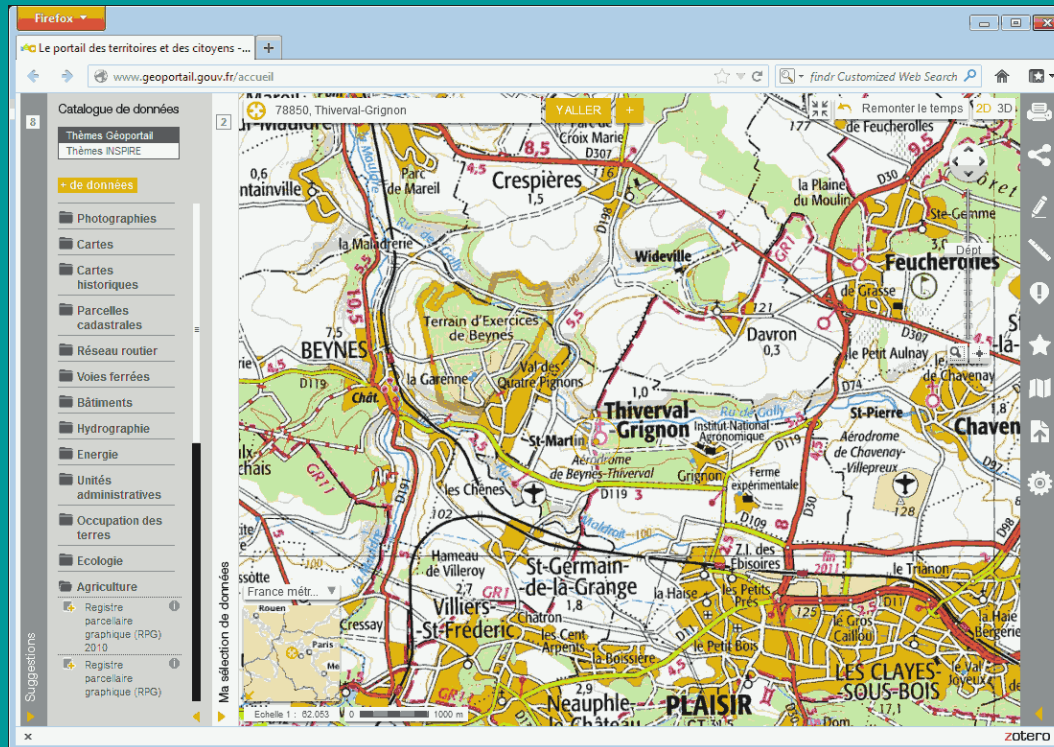


# PLAN GENERAL

- 1. : Introduction à l'information géographique
- 2. : Structure des données en géomatique
- 3. : Traitements SIG



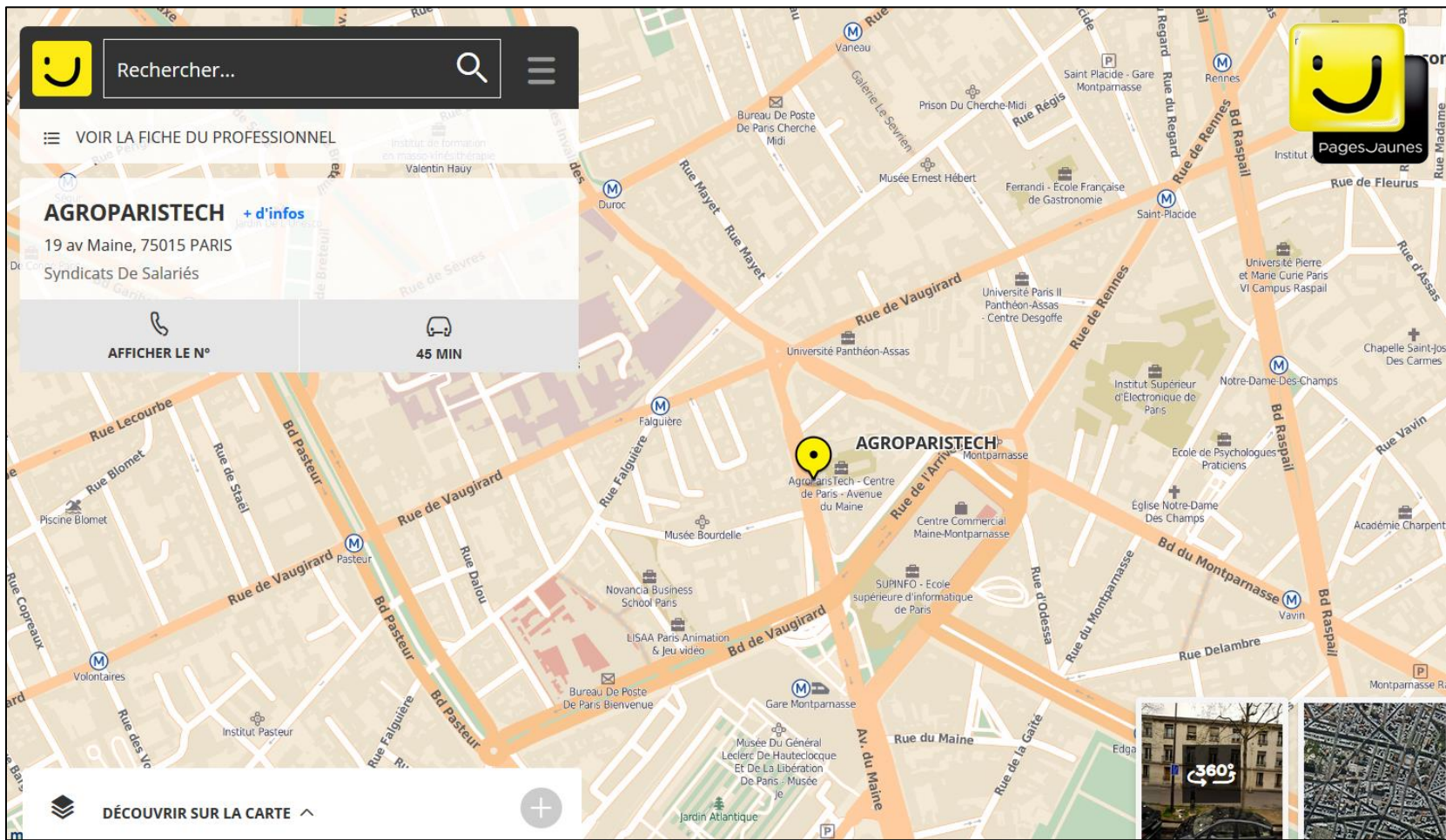
# I. INTRODUCTION A L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE





l'information géographique est de plus en plus présente dans notre quotidien sous une forme numérique

localisation géographique à partir d'une adresse dans 1 annuaire internet



www.agroparistech.fr



l'information géographique est de plus en plus présente dans notre quotidien  
**Global Positioning System (GPS) : système de localisation par satellite**  
**Pour le grand public**

GPS de voiture



GPS de randonnée



GPS sur smartphone



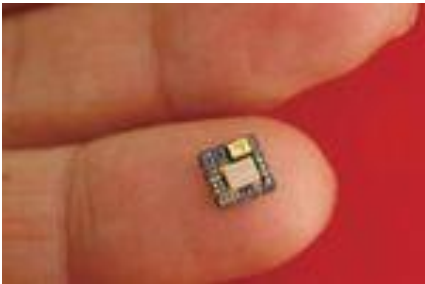
GPS appareil photo



GPS sur drone



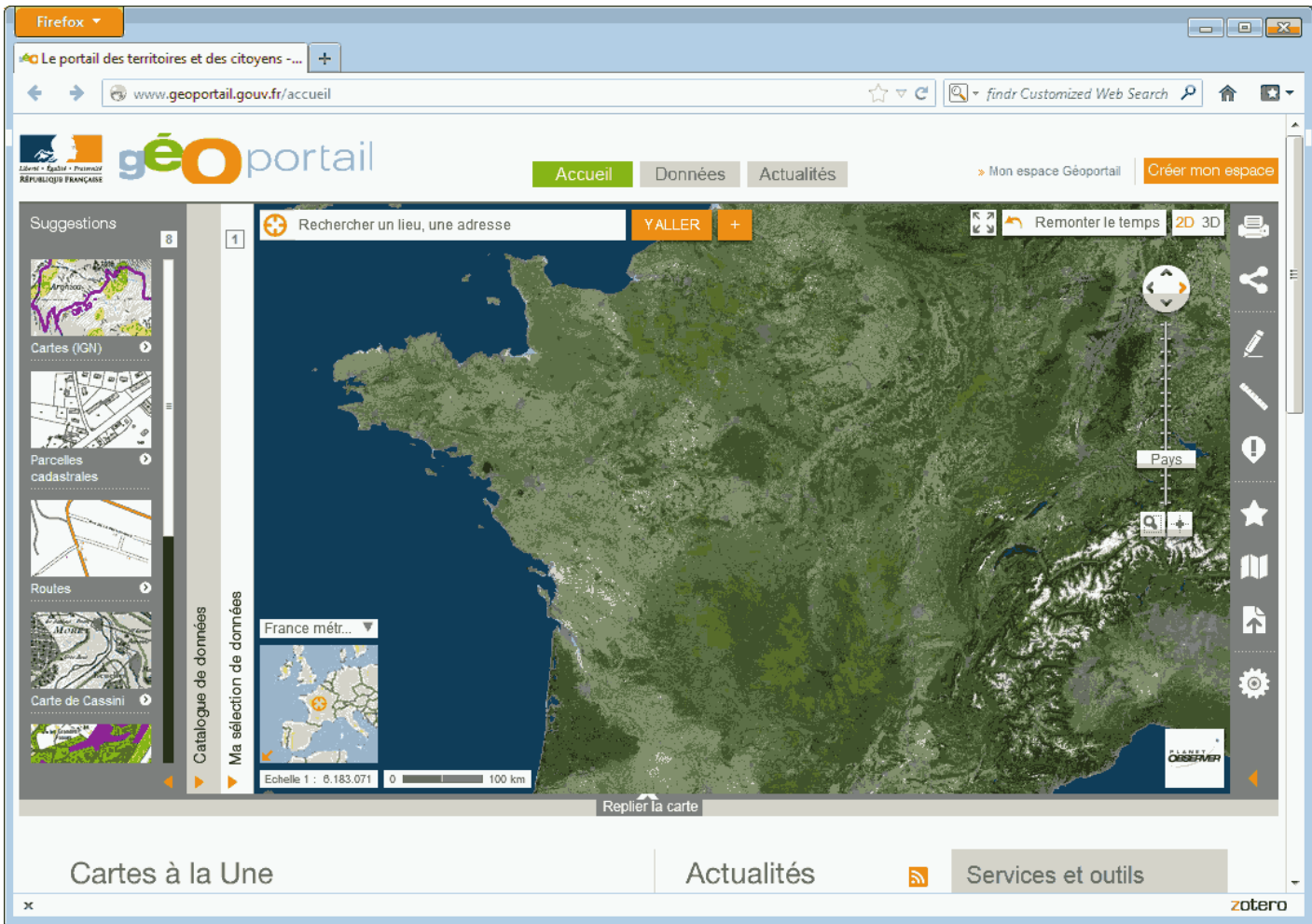
Puce GPS





l'information géographique est de plus en plus présente dans notre quotidien

# Le géoportail de l'ign

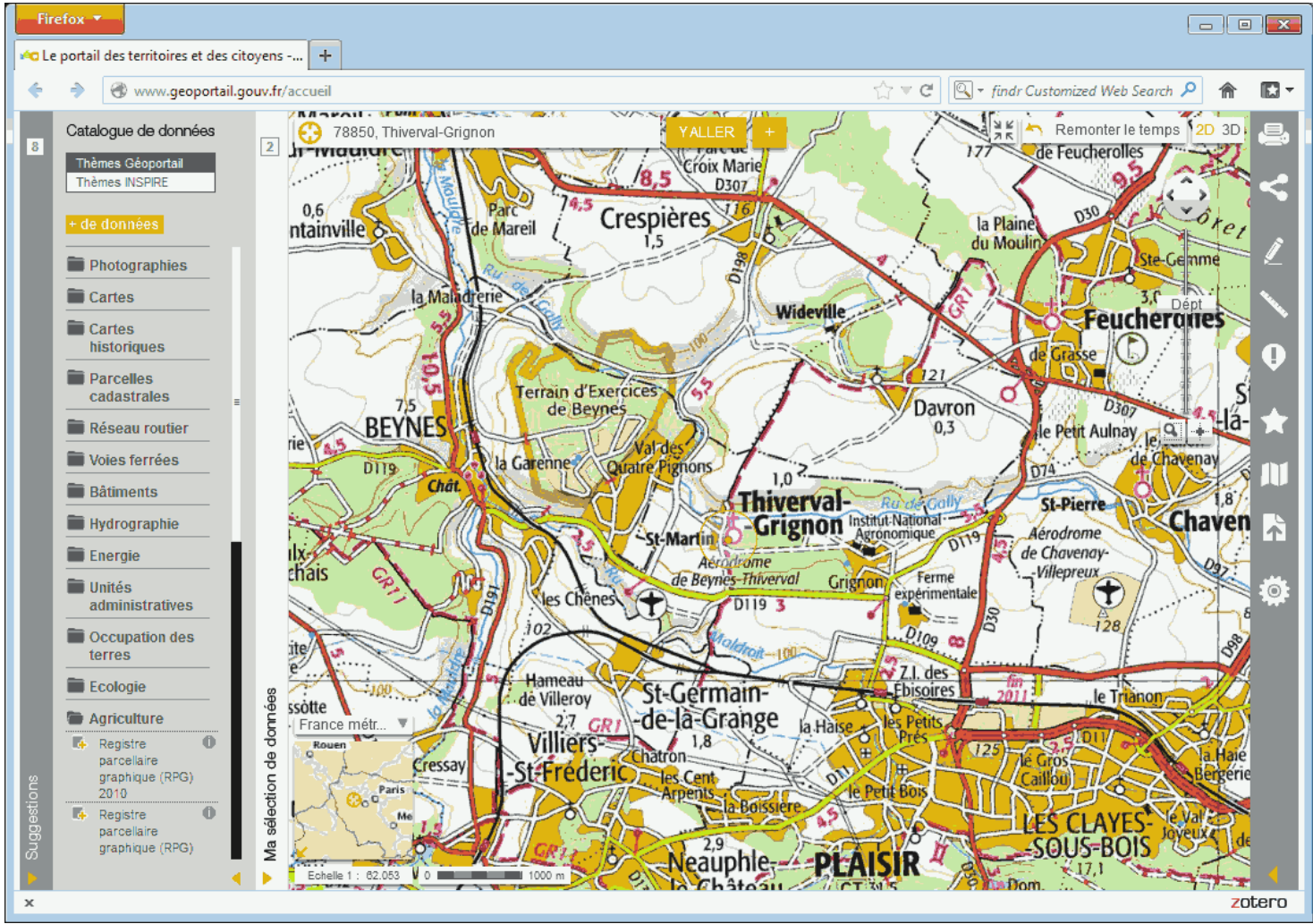


www.agroparistech.fr



Les cartes IGN sont disponibles sur GEOPORTAIL  
Seulement en visualisation à l'écran (données non téléchargeables)

www.agroparistech.fr





L'espace des données de l'IGN : <https://geoservices.ign.fr/>  
Données géographiques téléchargeables

De plus en plus de données « libres »

LE PORTAIL IGN

TOUS LES SITES IGN



Géoservices IGN

Documentation Blog Support

DOCUMENTATION

Rechercher

recherche...

► Pourquoi  
#choisirGéoportail ?

► Les Applications

► Les API et services OGC

► Les Services Bêta

TÉLÉCHARGEMENT DE DONNÉES LIBRES

Dernière mise à jour : 29 Janvier 2021



LICENCE OUVERTE  
OPEN LICENCE

www.agroparistech.fr



# Exemple de données à télécharger sur Géoservices IGN Les 9 millions de parcelles du RPG 2016

Registre Parcellaire Graphique des déclaration PAC des agriculteurs





## *La directive européenne INSPIRE incite les états de l'UE à diffuser les données géographiques*

L'ordonnance du 21 octobre 2010 a transposé dans le droit français la directive européenne Inspire, qui, pour favoriser la protection de l'environnement, impose aux autorités publiques, d'une part de publier sur Internet leurs données environnementales géographiques, d'autre part de les partager entre elles.

Beaucoup de données géographiques publiques sont maintenant libre pour les usages publics.

De plus en plus sont en OPEN DATA pour tous

Cas des données IGN : presque totalement libre pour usage public  
Certaines données sont même complètement libres même pour un usage commercial



Un Système d'information Géographique ou S.I.G.

c'est une base de données avec ses tables de données

Base de données

main

Tables (63)

a\_reduc\_org

a\_taux\_enf\_uree

appprt

applt\_dates

apport\_n

composculture

composol

culture

date\_reference

departement

distances\_reg

emission

emission\_cumul

emission\_france

emission\_france\_cult

emission\_france\_engrais

emission\_pra

emission\_pra\_cult

emission\_pra\_cult\_engrais

emission\_pra\_cult\_min

emission\_pra\_engrais

emission\_pra\_min

emission\_region

emission\_region\_cult

emission\_region\_engrais

fonc\_date

formeapport

itk

mailllesafran

meteoשאfran

modeepandage

nat\_dose\_prga

petite\_region\_agricole

pk\_fr\_mineral

Vue complète

Vue d'un élément

Script de sortie

|    | id   | numero | jour       | itk_id | quantite | mineral | modeepandage_id | formeapport | nb | effectif | pourcentage | fct_date | region_id | culture_id |
|----|------|--------|------------|--------|----------|---------|-----------------|-------------|----|----------|-------------|----------|-----------|------------|
| 1  | 1987 | 1      | 1900-01-01 | 204    | 10.36    | 0       | 0               | COMPOST     | 0  | 5        | 100         | 1        | 11        | 1          |
| 2  | 1988 | 1      | 1900-01-01 | 204    | 5.2      | 0       | 0               | FUMBC       | 0  | 5        | 100         | 1        | 11        | 1          |
| 3  | 1989 | 1      | 1900-01-01 | 1      | 52       | 1       | 0               | MIN_AN      | 0  | 91       | 100         | 2        | 11        | 1          |
| 4  | 1990 | 1      | 1900-01-01 | 1      | 52       | 1       | 0               | MIN_SOLN    | 0  | 91       | 100         | 2        | 11        | 1          |
| 5  | 1991 | 2      | 1900-01-01 | 1      | 84       | 1       | 0               | MIN_AN      | 0  | 90       | 98.9010989  | 3        | 11        | 1          |
| 6  | 1992 | 2      | 1900-01-01 | 1      | 84       | 1       | 0               | MIN_SOLN    | 0  | 90       | 98.9010989  | 3        | 11        | 1          |
| 7  | 1993 | 2      | 1900-01-01 | 1      | 84       | 1       | 0               | MIN_UREE    | 0  | 90       | 98.9010989  | 3        | 11        | 1          |
| 8  | 1994 | 3      | 1900-01-01 | 1      | 39.5     | 1       | 0               | MIN_AN      | 0  | 66       | 72.52747253 | 4        | 11        | 1          |
| 9  | 1995 | 3      | 1900-01-01 | 1      | 39.5     | 1       | 0               | MIN_SOLN    | 0  | 66       | 72.52747253 | 4        | 11        | 1          |
| 10 | 1996 | 4      | 1900-01-01 | 1      | 34       | 1       | 0               | MIN_AN      | 0  | 7        | 7.692307692 | 5        | 11        | 1          |
| 11 | 1997 | 1      | 1900-01-01 | 364    | 7.27     | 0       | 0               | COMPOST     | 0  | 9        | 100         | 6        | 11        | 2          |
| 12 | 1998 | 1      | 1900-01-01 | 364    | 3.8      | 0       | 0               | FUMBC       | 0  | 9        | 100         | 6        | 11        | 2          |
| 13 | 1999 | 1      | 1900-01-01 | 363    | 60       | 1       | 0               | MIN_AN      | 0  | 169      | 100         | 7        | 11        | 2          |
| 14 | 2000 | 1      | 1900-01-01 | 363    | 60       | 1       | 0               | MIN_SOLN    | 0  | 169      | 100         | 7        | 11        | 2          |
| 15 | 2001 | 2      | 1900-01-01 | 363    | 78       | 1       | 0               | MIN_AN      | 0  | 167      | 98.81656805 | 8        | 11        | 2          |
| 16 | 2002 | 2      | 1900-01-01 | 363    | 78       | 1       | 0               | MIN_SOLN    | 0  | 167      | 98.81656805 | 8        | 11        | 2          |

Requête OK

Ligne(s) retournée(s): 256 (Plus de lignes peuvent être récupérées. Faites défiler les résultats pour obtenir plus de lignes et/ou lisez la documentation.)

Mais avec de l'information localisée géographiquement Positions définies dans un Référentiel cartographique

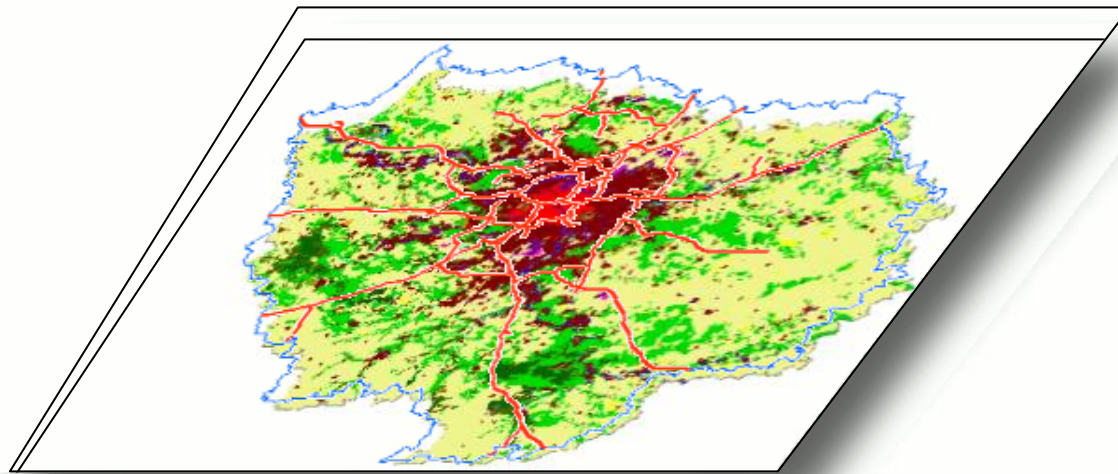


www.agroparistech.fr



La capacité de superposer plusieurs cartes  
est une fonction clé des SIG

Elle permet de **croiser** géographiquement des informations





# Le SIG : historique

CGIS : Canadian Geographic Information System

Roger Tomlinson au Canada = 1 des inventeurs du concept de SIG

Premières idées (1960) premier SIG en 1971

Ministère de l'Agriculture Canadien +

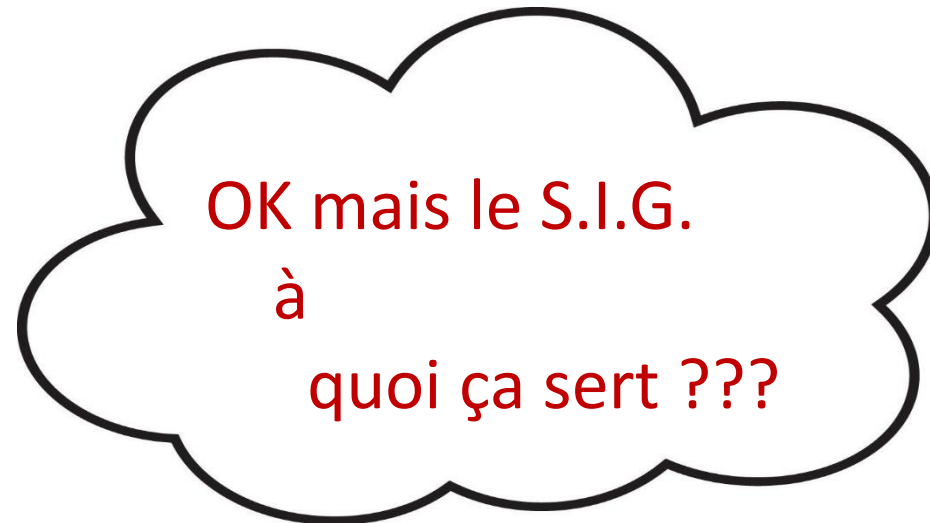




évolutions des fonctionnalités des SIG:

|      |                                                                                                                                    |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1936 | * Machine programmable de Turing                                                                                                   |
| 1946 | * Eniac premier calculateur                                                                                                        |
| 1970 | * système de gestion de bases de données : <i>SGBD</i><br>* Premier SIG CGIS R. Tomlinson<br>* Fondation de ESRI : Jack Dangermond |
| 1974 | * premier microprocesseur : micro-informatique<br>* cartographie automatique                                                       |
| 1980 | * statistiques et géostatistiques<br>* traitements d'images : données raster (télédétection, <i>MNA</i> )                          |
| 2004 | * données 2D+ et 3D SIG nomades<br>* Internet : webmapping                                                                         |
| 2006 | * google earth globes 3D                                                                                                           |
| 2010 | * Analyse 3D gestion temps flux d'image table tactile                                                                              |
| 2015 | * Web applications - Cloud : ArcGIS online                                                                                         |

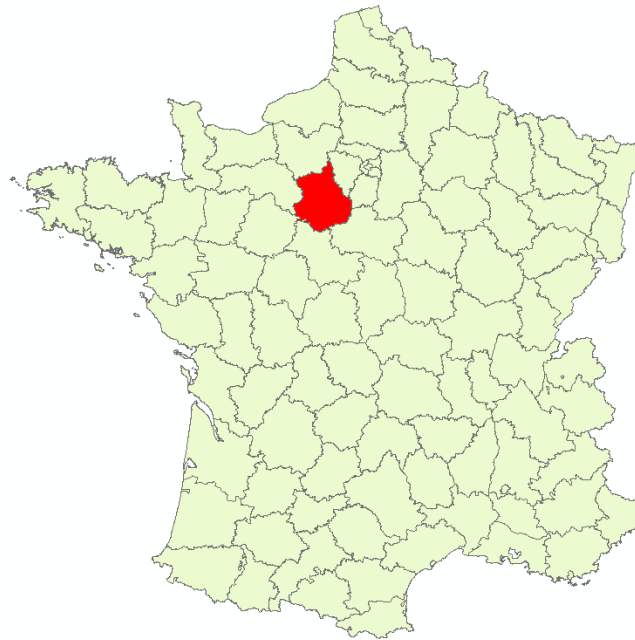
www.agroparistech.fr





## AVANT D'ALLER PLUS LOIN VOYONS DES EXEMPLES D'UTILISATION S.I.G.

Etude d'impact d'un projet éolien  
sous SIG  
département de l'Eure et Loir (28)





Les Zones Eoliennes sont arrêtées par le préfet

Elles doivent prendre en compte trois critères définis par la loi :

- le potentiel éolien
- les possibilités de raccordement au réseau électrique
- la protection des paysages, des monuments historiques et des sites remarquables et protégés

Etude d'impact

- Sur les zones naturelles et protégées
- Zones d'influence visuelle (ZIV)
- Sur la santé : Nuisance sonore

On va produire un **ZONAGE** avec le SIG



applique 3 classes en chaque point de l'espace  
« dessine » des zones nettes = ZONAGE

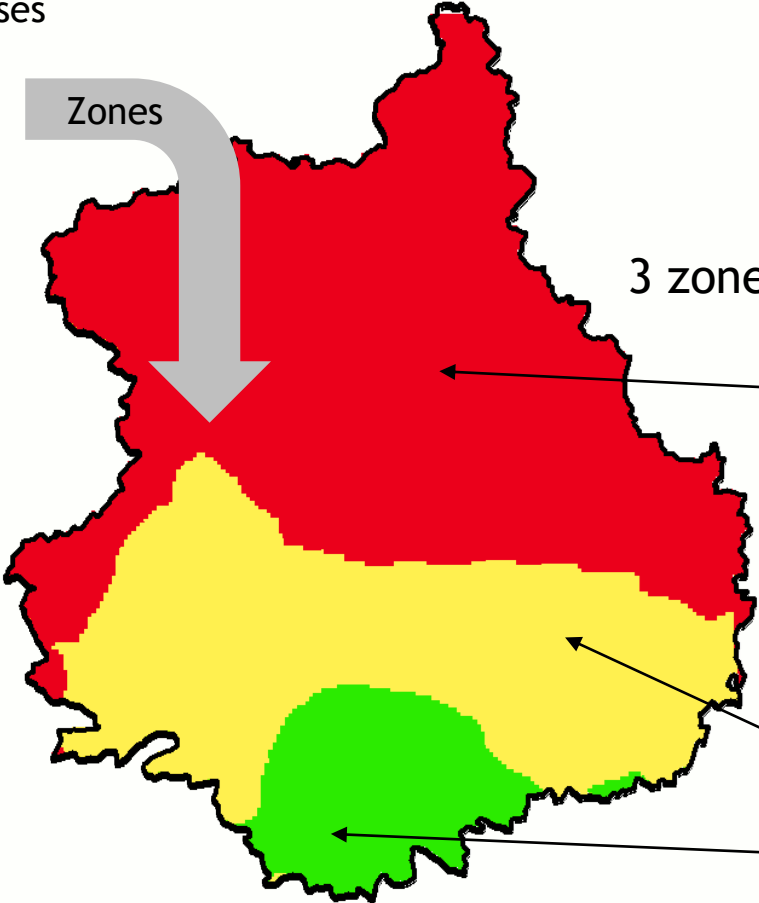
Valeurs continues



3 classes



Zones



3 zones de potentiel éolien

Moyen ■

bon ■

fort ■

Vitesse vent m/s  
À 80m de haut

atlas\_eol

Valeur



Elevée : 6

Faible : 3,22903

Potentiel éolien à 80m de hauteur

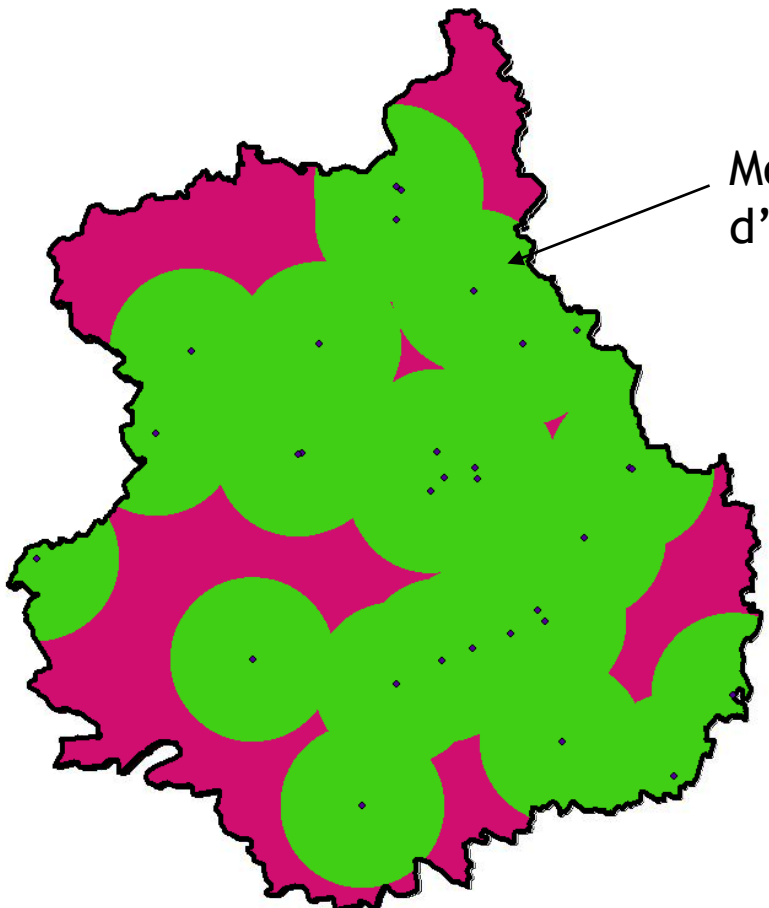
www.agroparistech.fr



www.agroparistech.fr

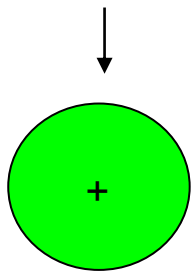


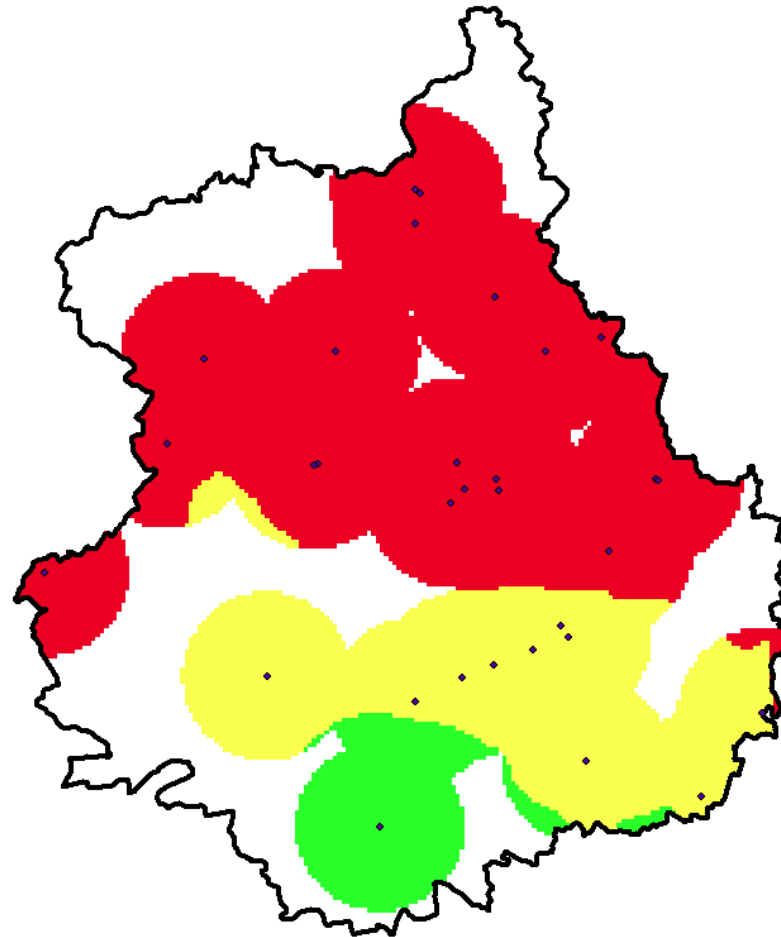
Distance au **transformateurs électrique EDF**



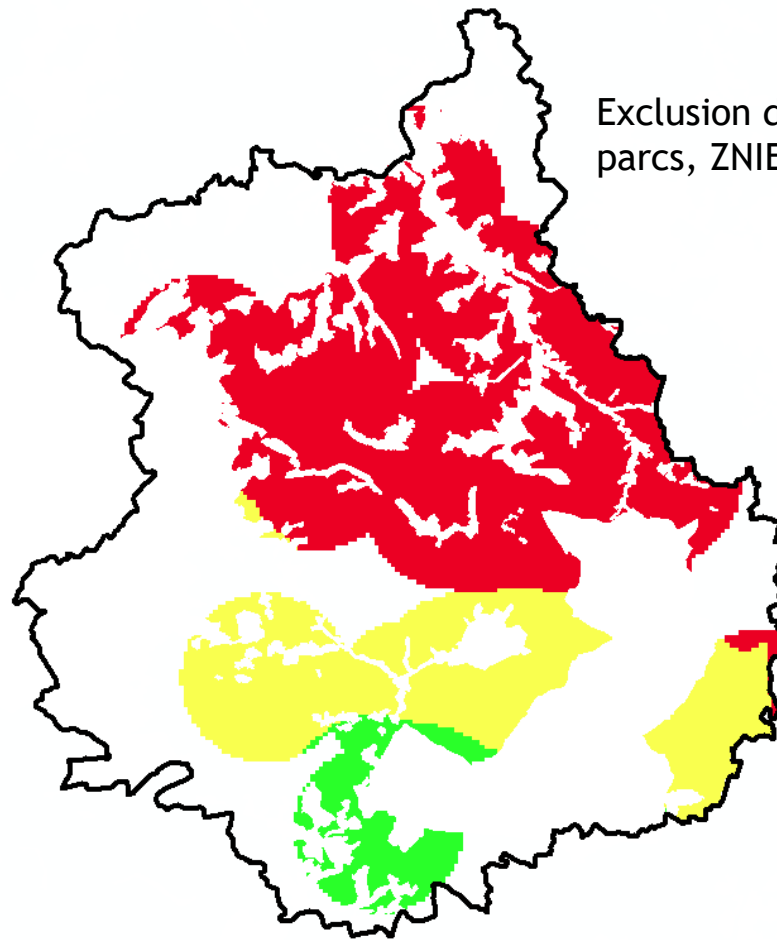
Moins de 10km d'un transformateur

Zone buffer (tampon)

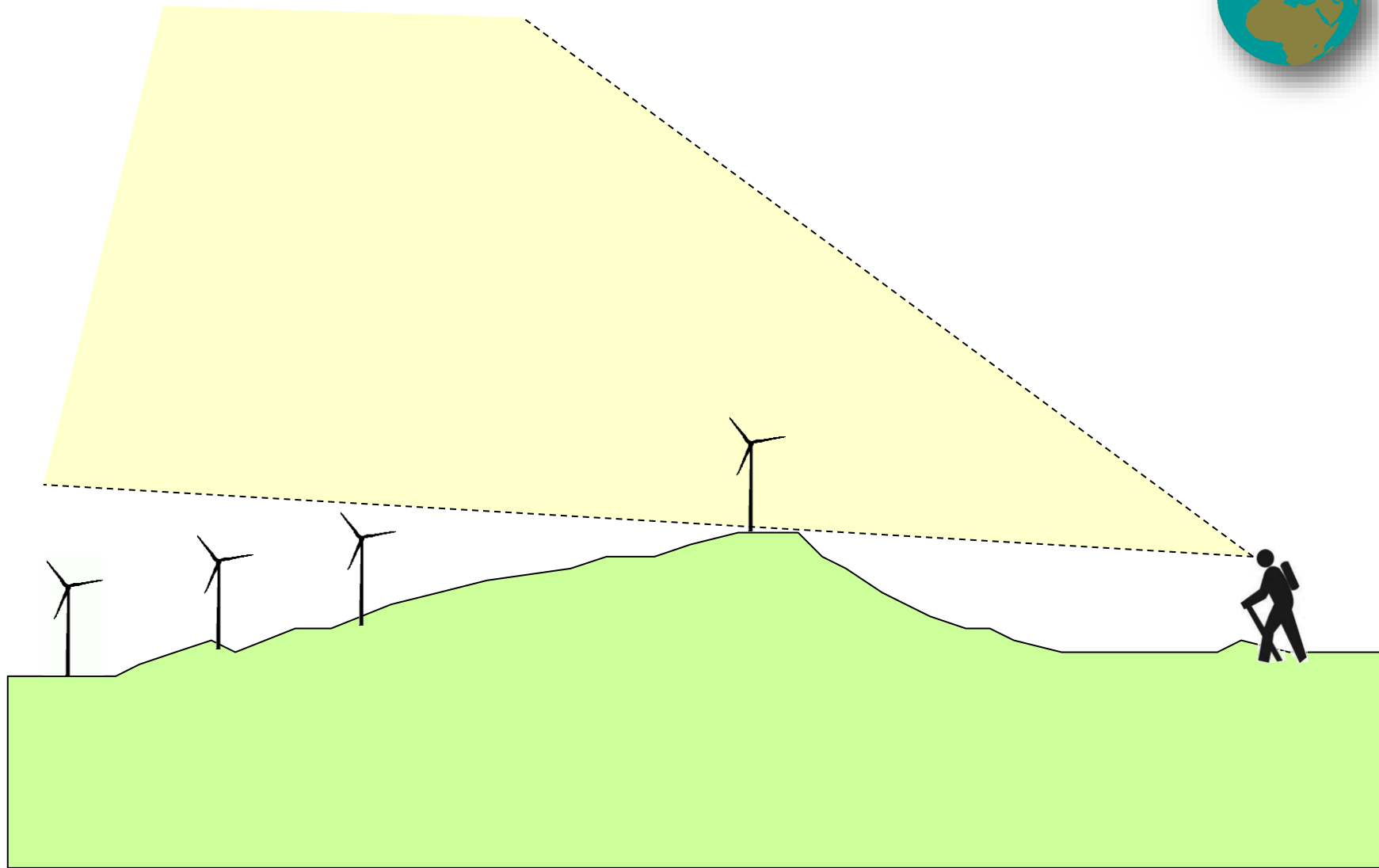




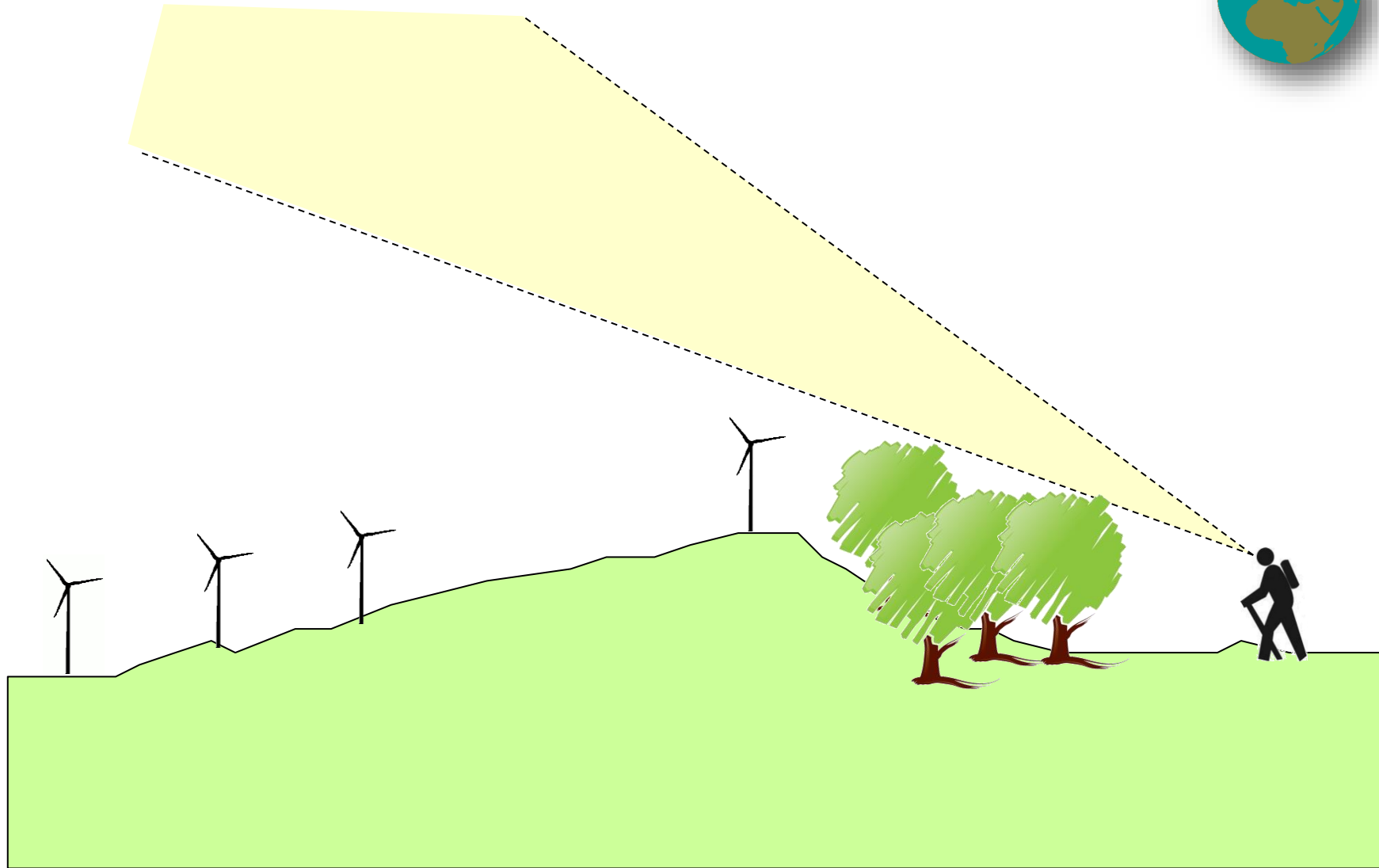
Combinaison des 2 informations = **CROISEMENT**



Exclusion des **espaces naturels protégés** :  
parcs, ZNIEFF, ZICO ...



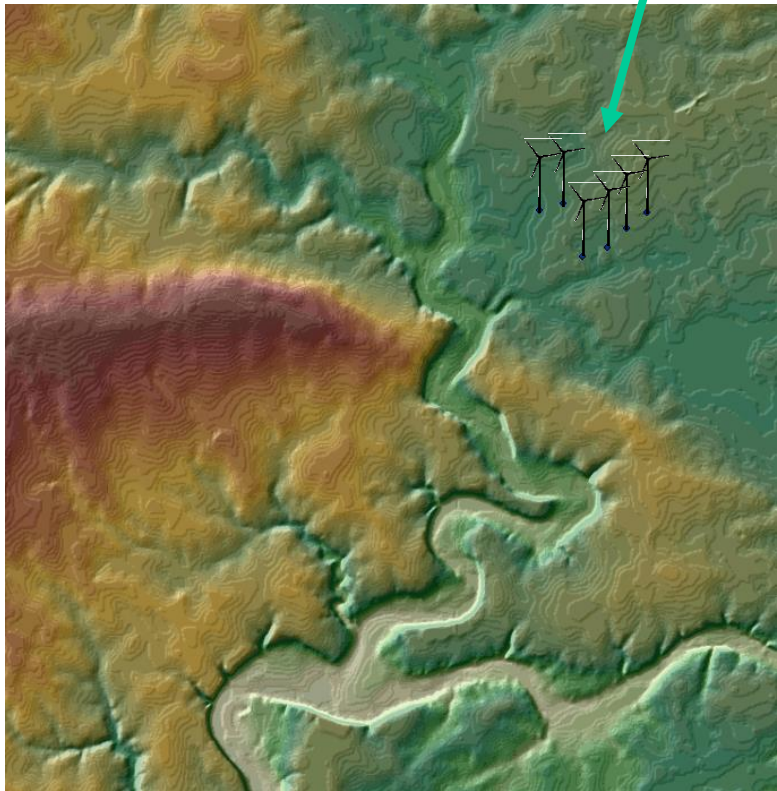
Visibilité en fonction du relief



Visibilité en fonction du relief et du sur-sol : végétation, bâti ...



Un parc éolien



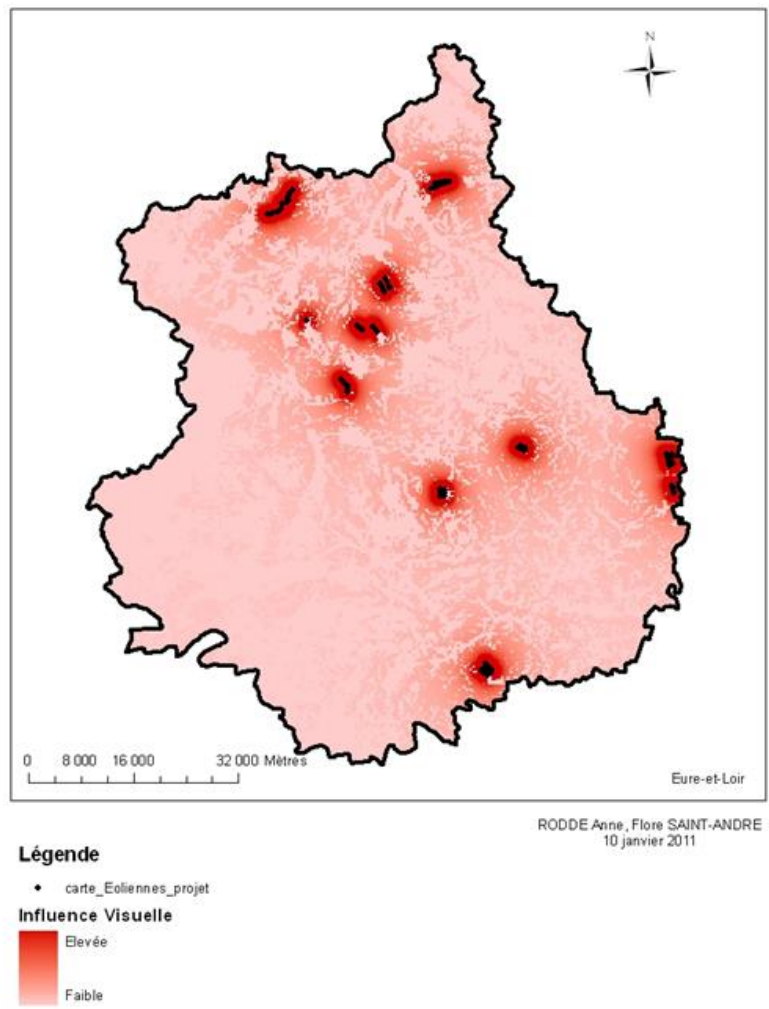
Carte d'inter-visibilité sous SIG

Non visible  
Visible

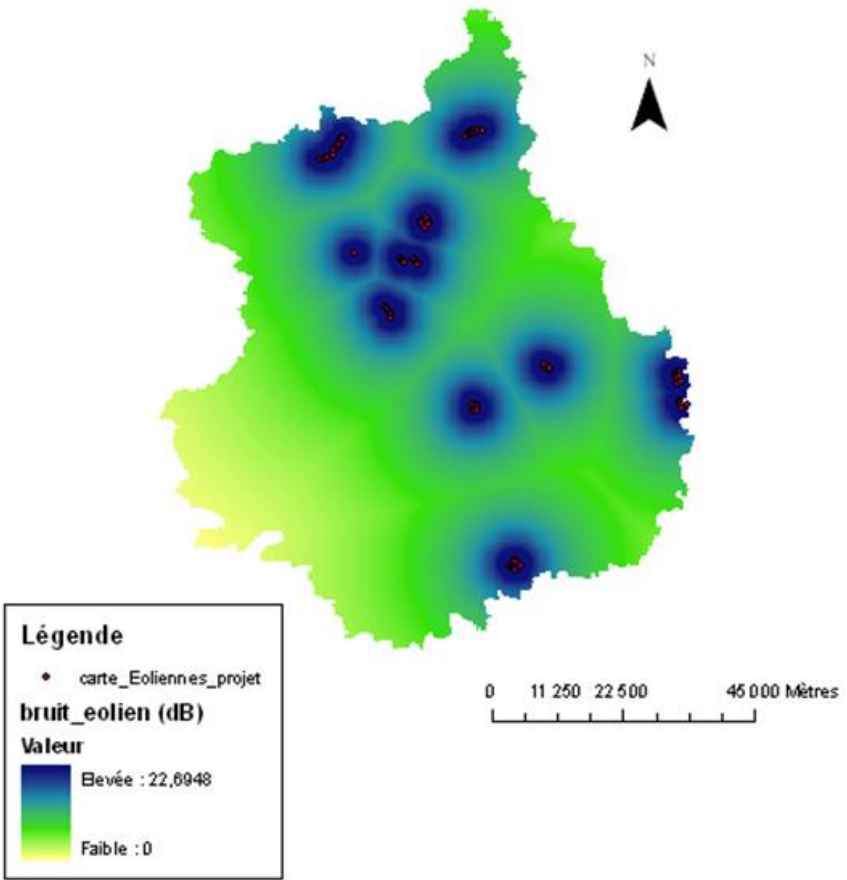


www.agroparistech.fr

Carte des zones d'influence visuelle des éoliennes



Carte départementale du bruit des éoliennes (maille de 250m)  
(Référentiel Lambert II étendu)

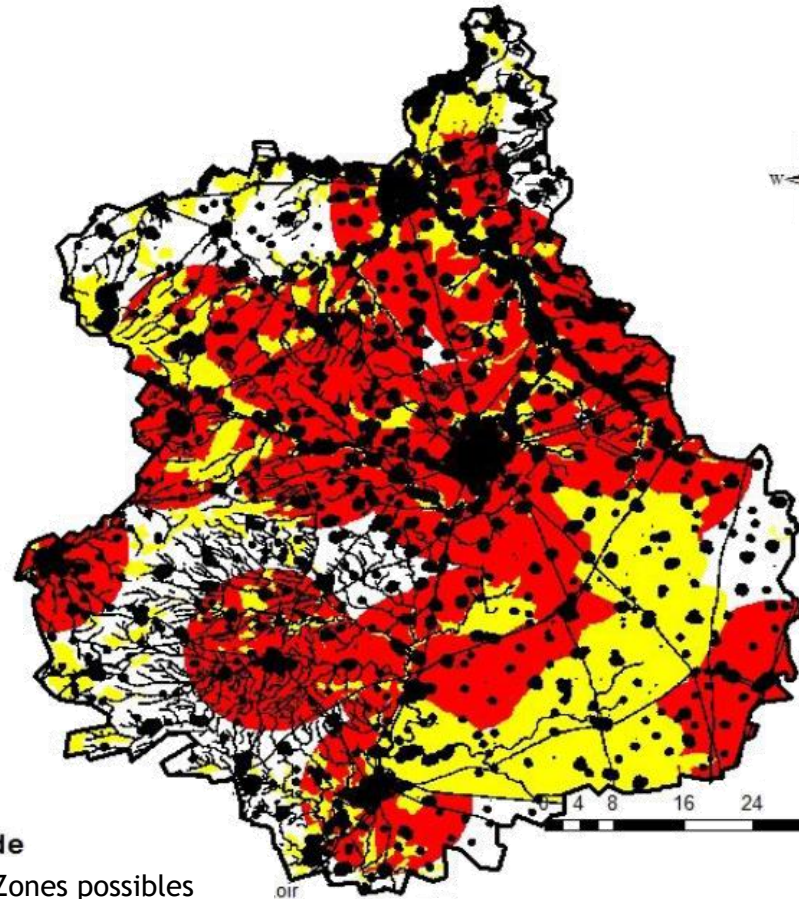


E. Goussot  
E. Rosselin  
10/01/11



Zone d'implantation éolienne possible

## Résultat final en croisant tous les critères Avec le S.I.G.



### Légende

- Zones possibles
- Poste électrique et son rayon de raccordement de 10km
- Tampon infrastructures
- Tampon zones de protection environnementale



## agriculture : Données géographiques et agriculture de précision

### Agriculture de précision le concept :

Conduite des parcelles agricoles prenant en compte la variabilité spatiale intra-parcellaire (pédologie ...)

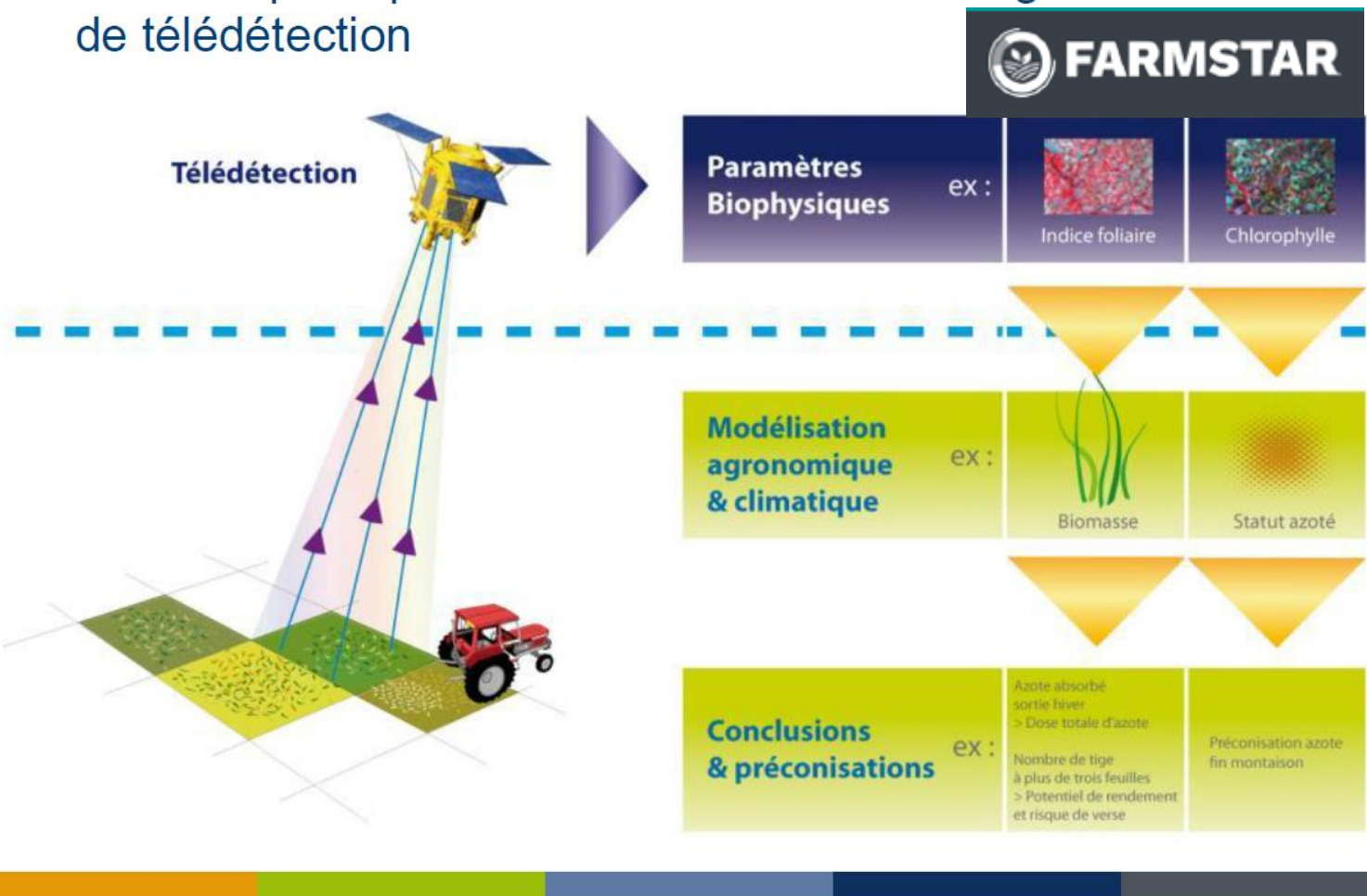
On définit des zones dans la parcelle  
Par ex à partir des propriétés des sols



Réduction des Q d'intrants = économie + protection de l'environnement



Le concept du produit : une combinaison d'agronomie et de télédétection

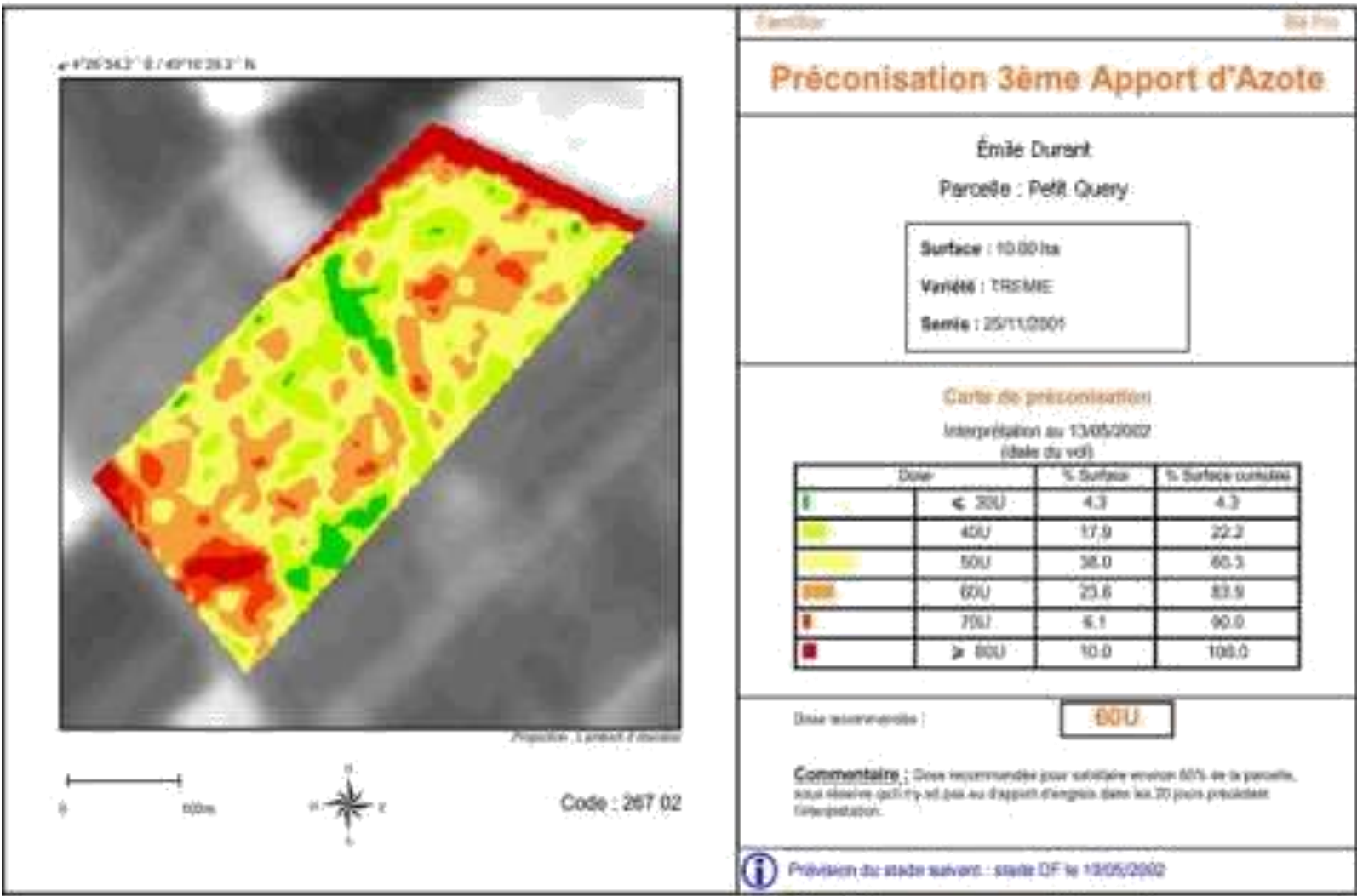


www.agroparistech.fr



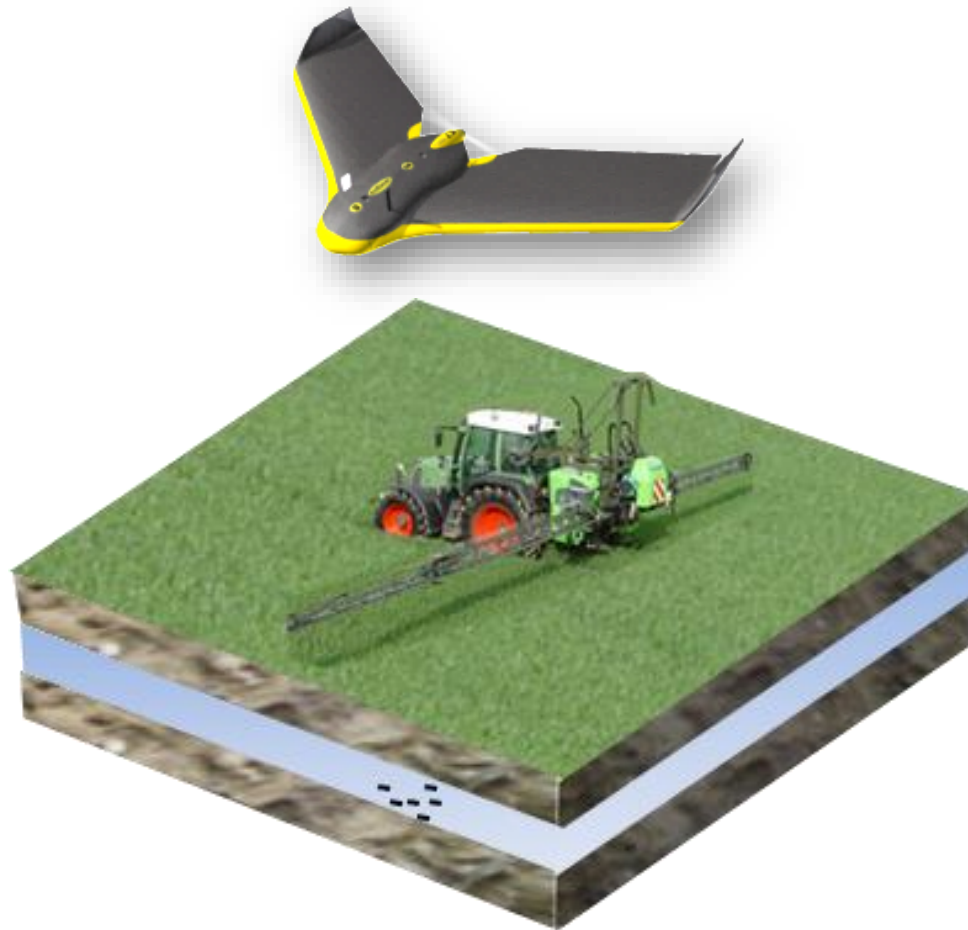
FARMSTAR : aide à la décision intra parcellaire par satellite  
Carte de préconisation pour la dose de N

www.agroparistech.fr





# ■ ■ ■ Drone et agriculture ■ ■ ■

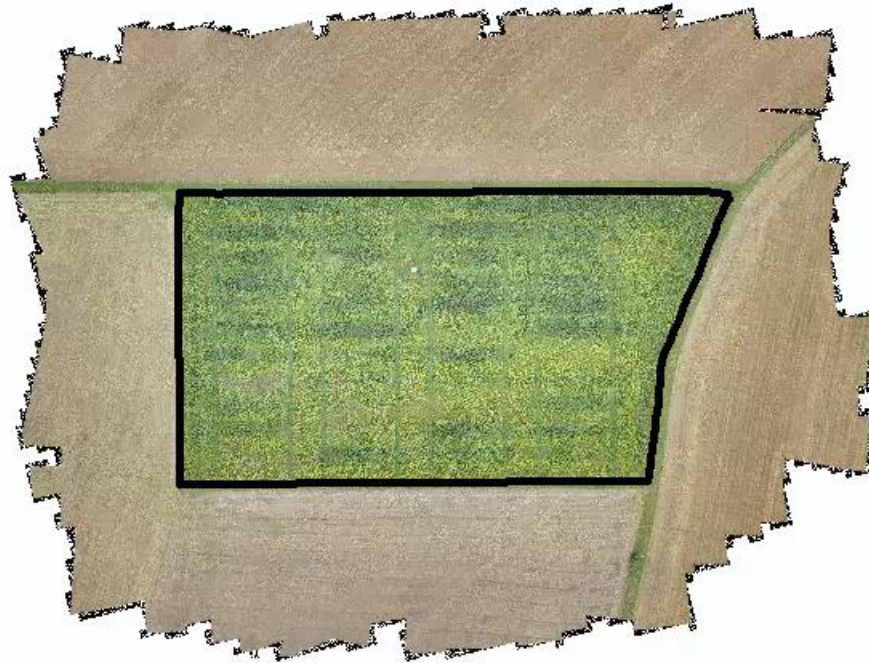


## Le drone AgroParisTech



# Images drones haute résolution 2cm : Qualiagro 2014

## Taille de la mosaïque image: 29701 x 24198 pixels





# Les éléments indispensables à faire figurer sur une carte

www.agroparistech.fr

Un titre

Flèche du Nord

Une échelle

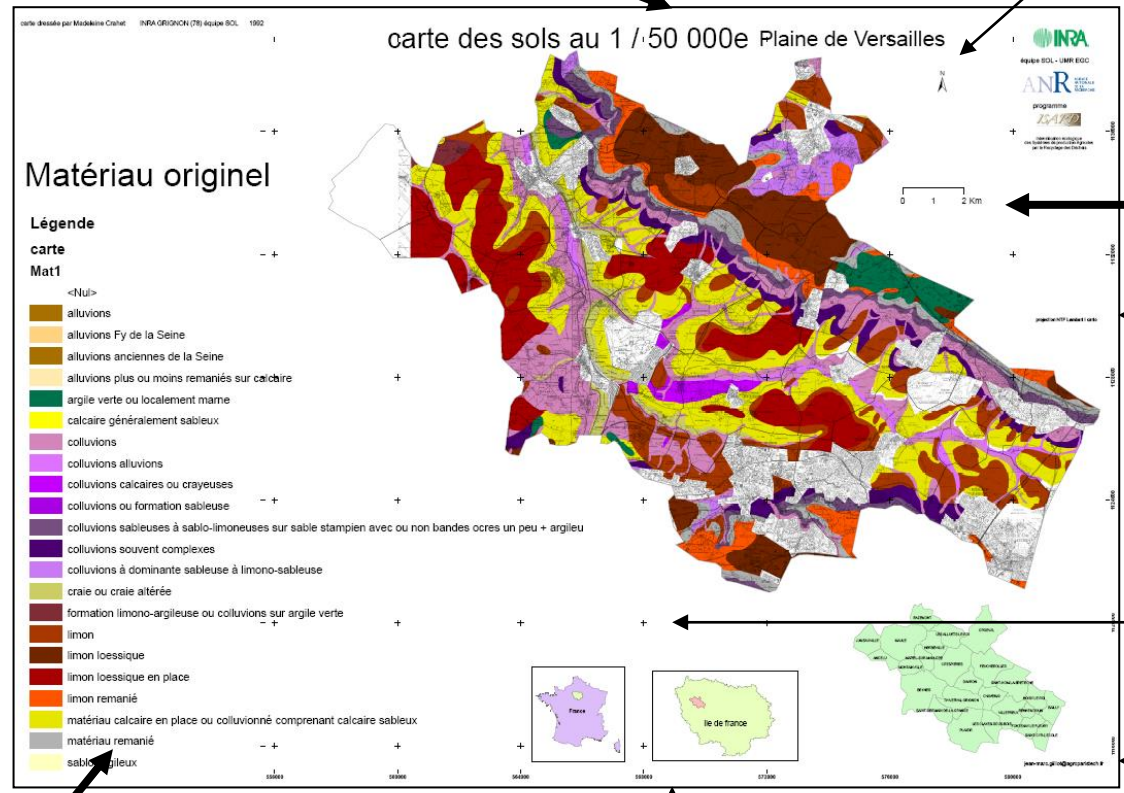
Référentiel géographique

Carroyage géographique

auteur

Une légende

situation





## 2. STRUCTURE DES DONNEES EN GEOMATIQUE

- Organisation en couches des données géographiques
- Structure des données vectorielles
- Structure des données raster
- Référentiels géographiques, projections cartographiques
- Système de positionnement GPS

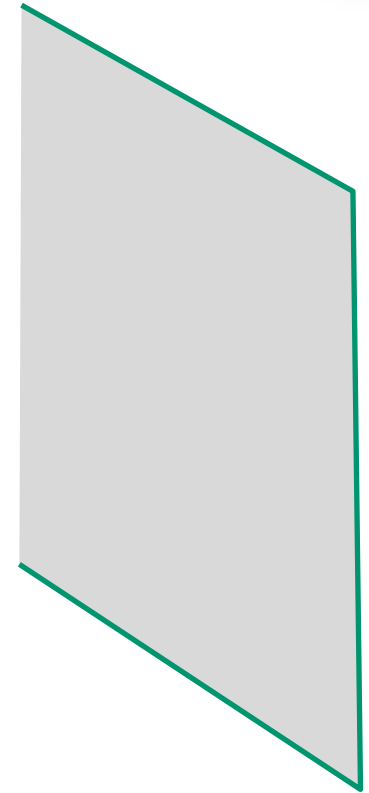


## ORGANISATION DES CARTES EN « COUCHES » (LAYERS)

La carte du SIG est composée de « cartes élémentaires »  
ou **COUCHES = LAYERS**

Chaque couche  
contient 1 type d'information

Les couches sont superposables  
Si elles sont ramenées  
dans un même référentiel géographique





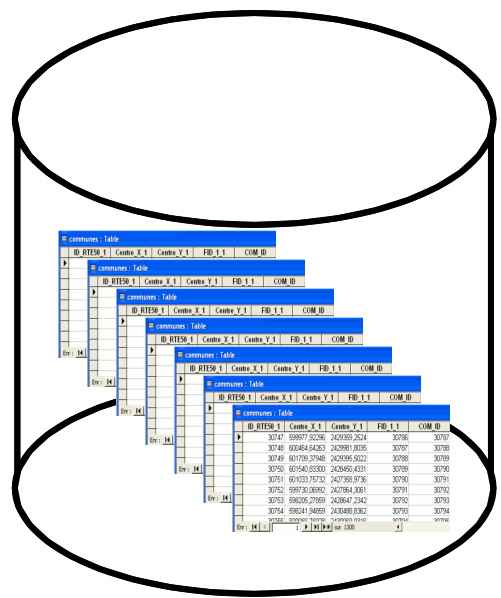
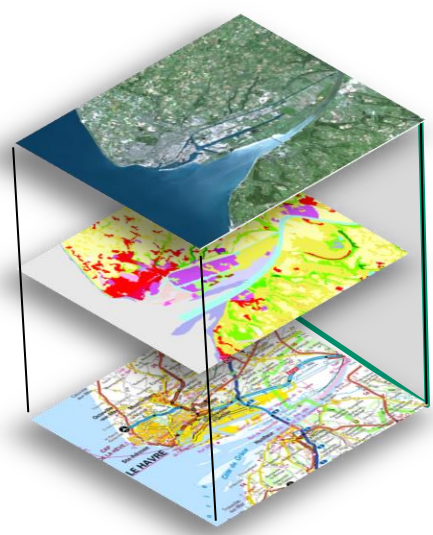
www.agroparistech.fr

ORGANISATION DES CARTES EN « COUCHES »

Le découpage en couches du SIG

est analogue

au découpage en tables du SGBD



On parle du **principe de modularité** =  
Découper les informations en « petites » unités gérables

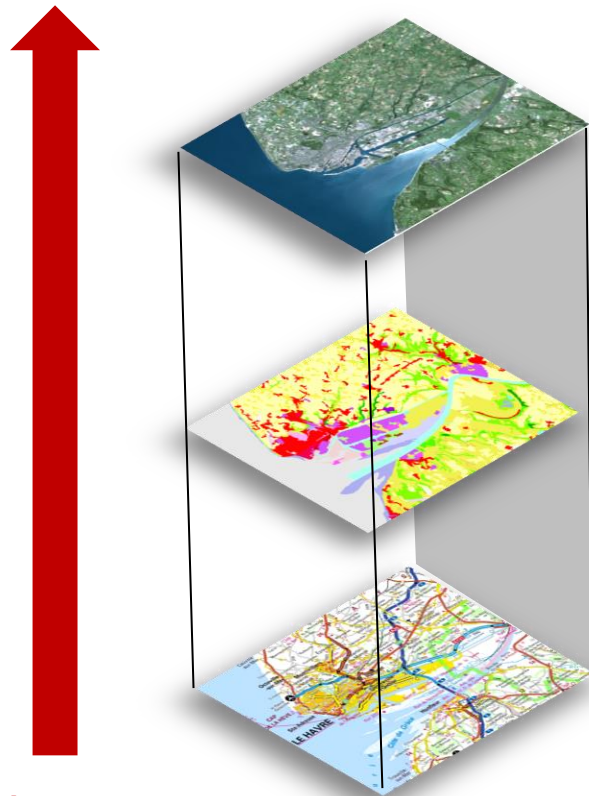


## ORGANISATION DES CARTES EN « COUCHES »: ORDRE D’AFFICHAGE

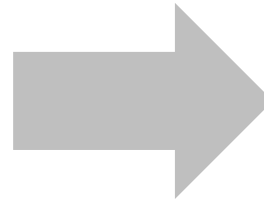
## L'ordre d'empilement des couches vs ce qui est affiché à l'écran

## Orde d'affichage du bas vers le haut

haut



bas





# Tous les logiciels qui travaillent sur des données graphiques Utilisent un système de couches

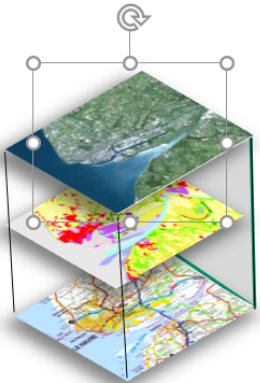
Le volet « Sélection » de POWERPOINT

www.agroparistech.fr



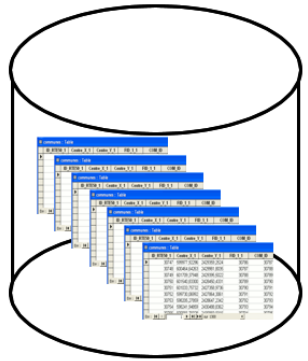
## ORGANISATION DES CARTES EN « COUCHES »

Le découpage en couches du SIG



est analogue

au découpage en tables du SGBD



On parle du **principe de modularité** =  
Découper les informations en « petites » unités gérables

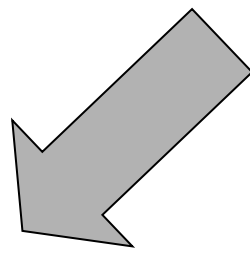


couches

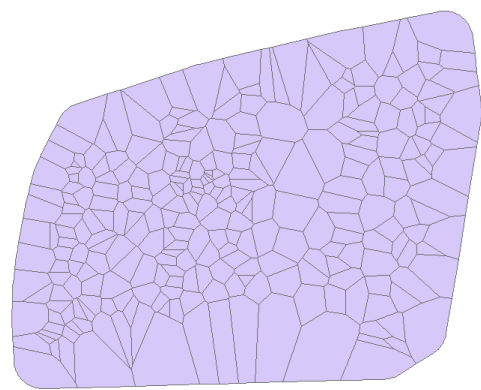


il existe 2 grands types de structure pour les données géographiques

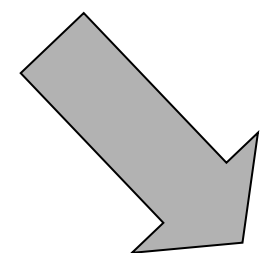
www.agroparistech.fr



**structure vectorielle**



*SIG*



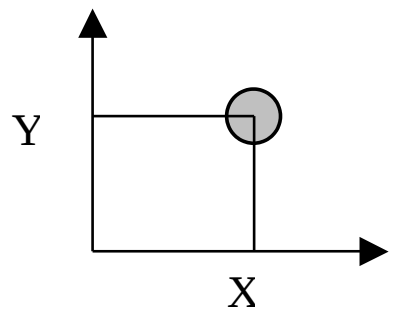
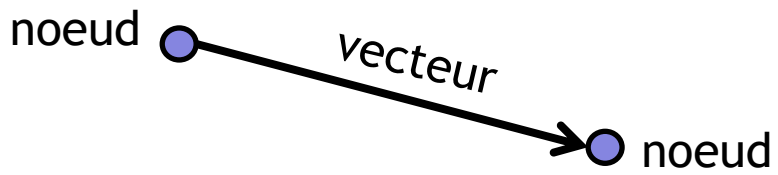
**structure raster**





# Couche Vectorielle au sens de la géométrie Euclidienne

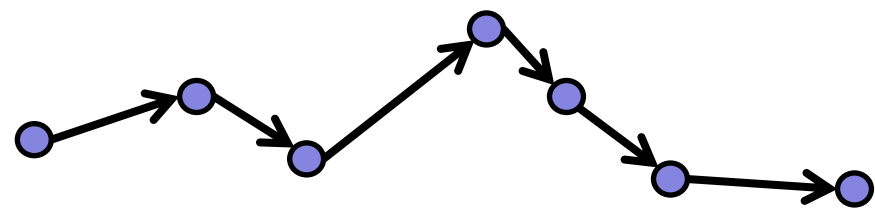
*Formes dans la couche géographique « dessinées »  
par 1 succession de Vecteurs*



1 point

Nœud d'arrivé = nœud départ

1 courbe est décomposée en une  
succession de vecteurs

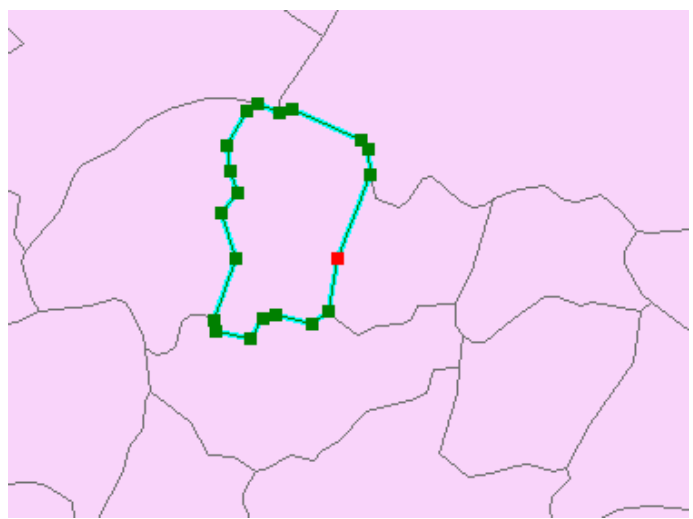


www.agroparistech.fr

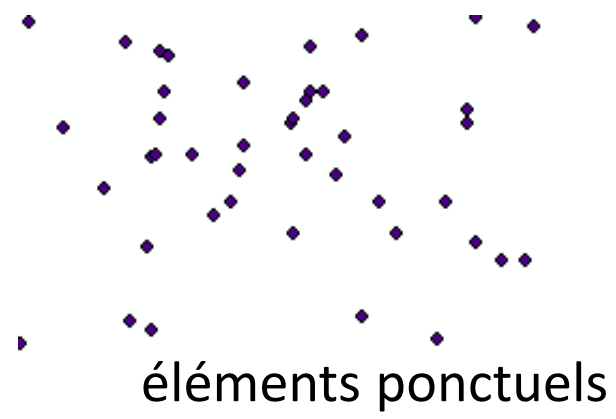
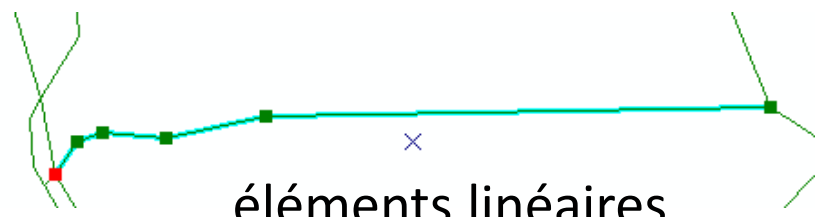


Ces représentations : point, polyligne, polygones  
sont des représentations vectorielles

www.agroparistech.fr

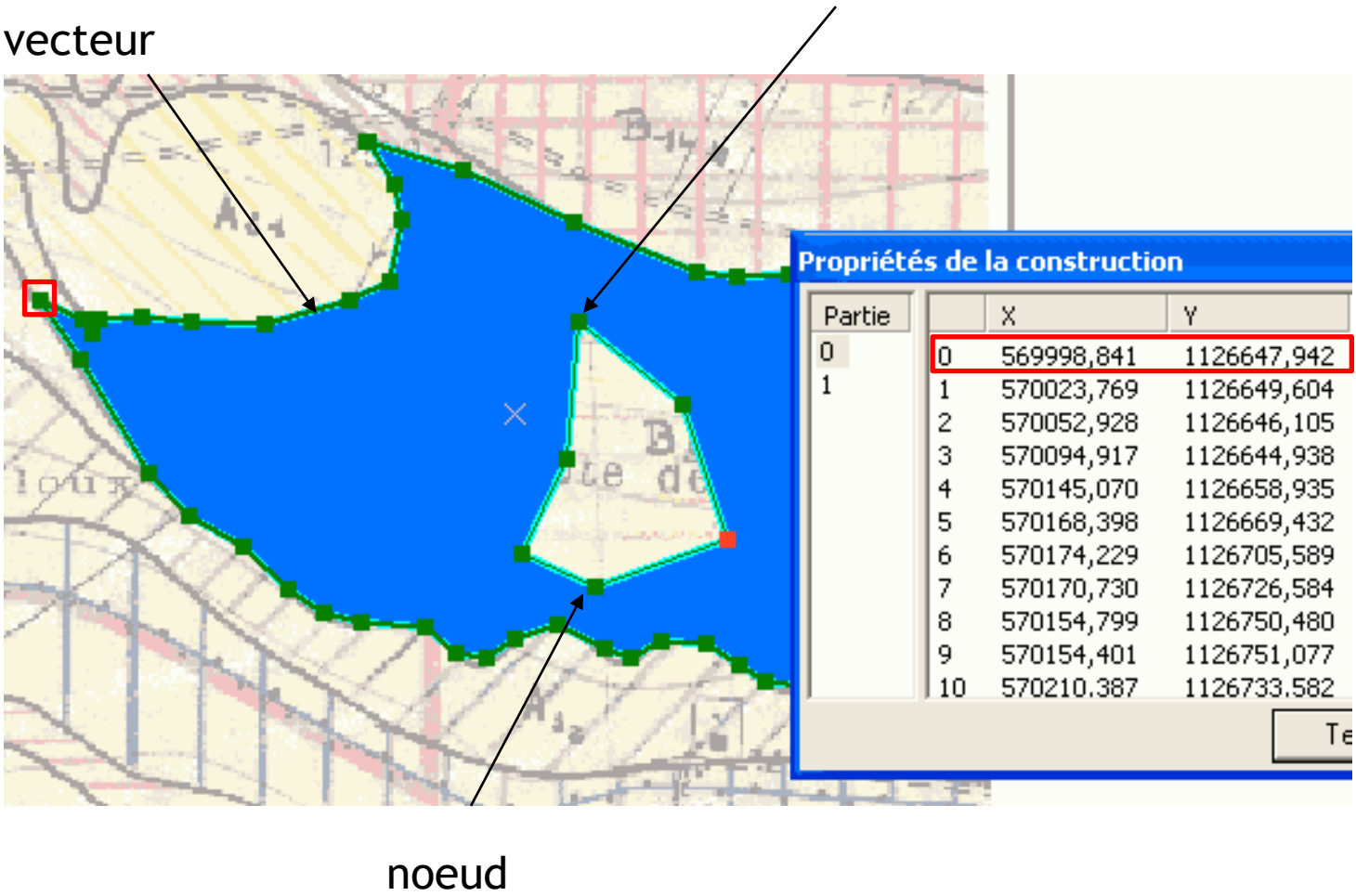


éléments surfaciques : polygones





En mode vecteur les primitives géométriques se ramènent à un tableau de coordonnées X,Y définissant les nœuds des formes.



www.agroparistech.fr

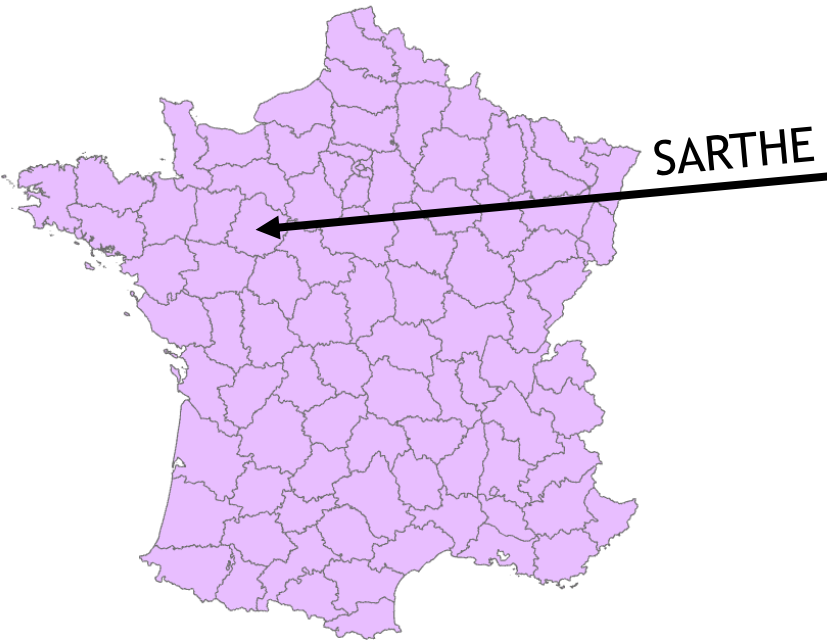


# DUALITE SEMANTIQUE ET GRAPHIQUE DES COUCHES VECTEURS

A chaque couche graphique est associée une table de données  
au sens d'une base de données

Couche graphique

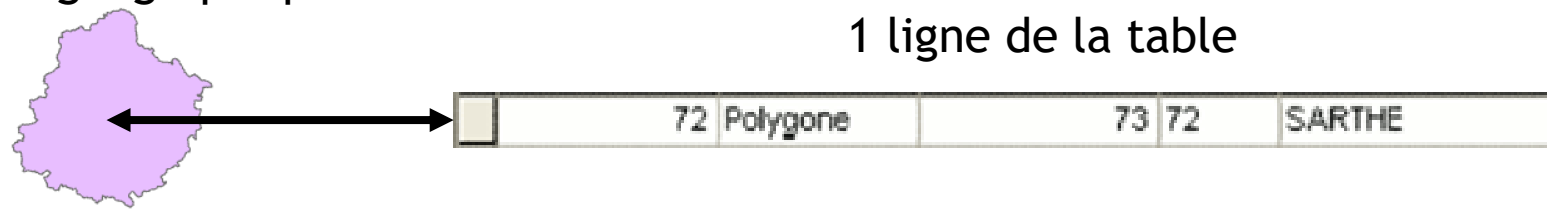
table de données



| Attributs de departement |          |           |      |                 |  |
|--------------------------|----------|-----------|------|-----------------|--|
| FID                      | Shape*   | DEPART_ID | CODE | NOM             |  |
| 72                       | Polygone | 73        | 72   | SARTHE          |  |
| 73                       | Polygone | 74        | 73   | SAVOIE          |  |
| 74                       | Polygone | 75        | 74   | HAUTE-SAVOIE    |  |
| 75                       | Polygone | 76        |      | VILLE DE PARIS  |  |
| 76                       | Polygone | 77        | 76   | SEINE-MARITIME  |  |
| 77                       | Polygone | 78        | 77   | SEINE-ET-MARNE  |  |
| 78                       | Polygone | 79        | 78   | YVELINES        |  |
| 79                       | Polygone | 80        | 79   | DEUX-SEVRES     |  |
| 80                       | Polygone | 81        | 80   | SOMME           |  |
| 81                       | Polygone | 82        | 81   | TARN            |  |
| 82                       | Polygone | 83        | 82   | TARN-ET-GARONNE |  |
| 83                       | Polygone | 84        | 83   | VAR             |  |
| 84                       | Polygone | 85        | 84   | VAUCLUSE        |  |
| 85                       | Polygone | 86        | 85   | VENDEE          |  |
| 86                       | Polygone | 87        | 86   | Vienne          |  |
| 87                       | Polygone | 88        | 87   | HAUTE-VIENNE    |  |
| 88                       | Polygone | 89        | 88   | VOSGES          |  |
| 89                       | Polygone | 90        | 89   | YONNE           |  |

1 objet géographique ou entité

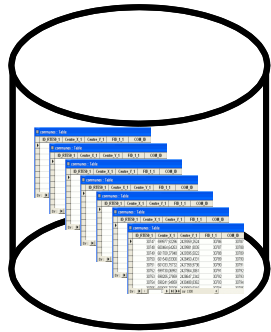
1 ligne de la table



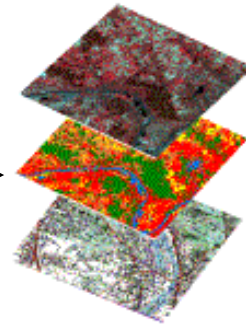
www.agroparistech.fr



# LES BASES DE DONNEES A L'ORIGINE DES SIG



Tables SGBD



Couches SIG

SGBD : Systèmes de Gestion des Bases de Données

VOIR cours / TD: UC Système d'information bloc SIMM:

Bases de données : modèle relationnel, langage d'interrogation (SQL), notion de stockage et d'indexation



# NOTION D'IDENTIFIANT OU CLE



identifiant = code identifie de manière unique chaque enregistrement de la table

Comment identifier de manière unique une information dans la table ?

Code INSEE des communes

| Table    |               |         |        |       |                            |            |          |              |               |
|----------|---------------|---------|--------|-------|----------------------------|------------|----------|--------------|---------------|
| communes |               |         |        |       |                            |            |          |              |               |
|          | Centre Y 1    | FID 1 1 | COM ID | CODE  | NOM                        | departemen | Distance | Shape Length | Shape Area    |
|          | 2443269,95111 | 32311   | 32312  | 78642 | VERNEUIL-SUR-SEINE         | 78         | 0        | 12642,819136 | 9522118,0726  |
|          | 2440830,46948 | 32312   | 32313  | 78643 | VERNOUILLET                | 78         | 0        | 11756,830087 | 6811671,3957  |
|          | 2417420,12196 | 32313   | 32314  | 78644 | LA VERRIERE                | 78         | 0        | 6767,509772  | 1748039,764   |
|          | 2422681,23313 | 32314   | 32315  | 78646 | VERSAILLES                 | 78         | 0        | 25142,496788 | 26103767,6371 |
|          | 2438225,39298 | 32315   | 32316  | 78647 | VERT                       | 78         | 0        | 9492,810208  | 3759257,9229  |
|          | 2432839,51622 | 32316   | 32317  | 78650 | LE VESINET                 | 78         | 0        | 10386,094633 | 4950443,1779  |
|          | 2424922,26379 | 32317   | 32318  | 78653 | VICQ                       | 78         | 0        | 10484,568641 | 4422211,5606  |
|          | 2408044,95724 | 32318   | 32319  | 78655 | VIEILLE-EGLISE-EN-YVELINES | 78         | 0        | 15887,051019 | 9792517,6975  |
|          | 2446816,83398 | 32319   | 32320  | 78668 | LA VILLENEUVE-EN-CHEVRIE   | 78         | 0        | 17834,988203 | 11792523,8440 |
|          | 2437670,05076 | 32320   | 32321  | 78672 | VILLENNES-SUR-SEINE        | 78         | 0        | 11083,483945 | 5046969,5481  |
|          | 2425920,39879 | 32321   | 32322  | 78674 | VILLEPREUX                 | 78         | 0        | 14741,217895 | 10465140,7742 |
|          | 2436649,73007 | 32322   | 32323  | 78677 | VILLETTE                   | 78         | 0        | 8851,766182  | 4701025,7664  |
|          | 2428518,13736 | 32323   | 32324  | 78681 | VILLIERS-LE-MAHIEU         | 78         | 0        | 11775,92949  | 6843608,4751  |
|          | 2424762,61206 | 32324   | 32325  | 78683 | VILLIERS-SAINT-FREDERIC    | 78         | 0        | 10292,427199 | 5143034,4150  |
|          | 2422703,86601 | 32325   | 32326  | 78686 | VIROFLAY                   | 78         | 0        | 8221,588782  | 3432461,2472  |
|          | 2417853,10277 | 32326   | 32327  | 78688 | VOISINS-LE-BRETONNEUX      | 78         | 0        | 8206,832435  | 3581045,3327  |
|          | 2371602,24341 | 36074   | 36075  | 91001 | ABBEVILLE-LA-RIVIERE       | 91         | 0        | 21049,214535 | 14967788,038  |
|          | 2367884,81047 | 36075   | 36076  | 91016 | ANGERVILLE                 | 91         | 0        | 26323,509138 | 25758803,9751 |
|          | 2399157,56821 | 36076   | 36077  | 91017 | ANGERVILLE                 | 91         | 0        | 13339,526105 | 9120822,2746  |

les doublons (deux informations identiques ou plus) sont interdits  
la présence de la clé interdit la présence d'un champ vide dans un enregistrement.

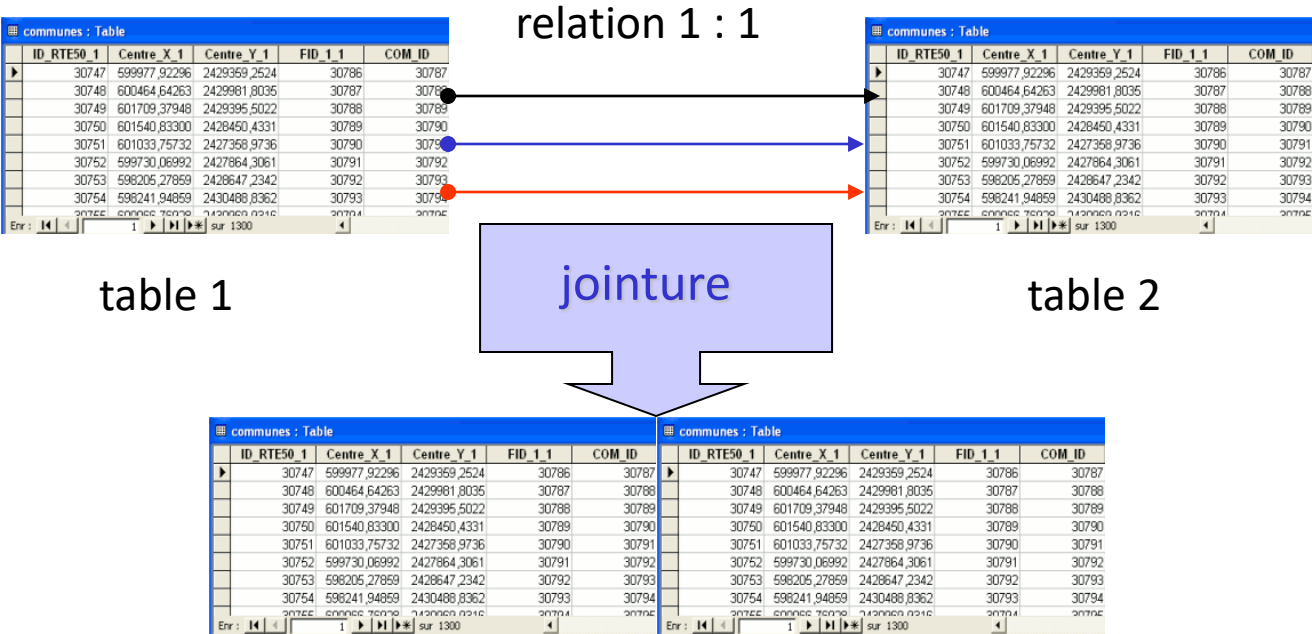
Notion d'identifiant naturel = un champ qui par nature porte un code unique

www.agroparistech.fr



OPERATION DE JOINTURE ENTRE TABLES

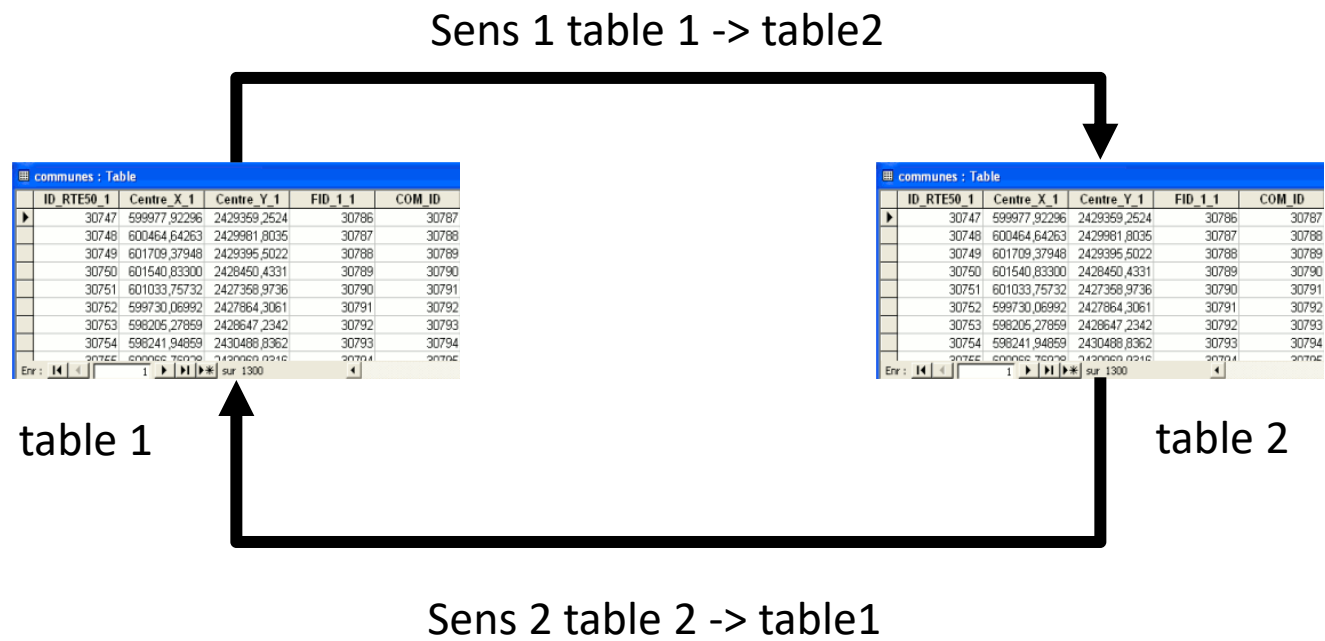
L'opération de jointure exploite les relations entre les tables pour donner accès à des informations qui sont dans 2 tables séparées



Création d'une table « virtuelle » regroupant les informations des 2 tables



SENS DE LA JOINTURE

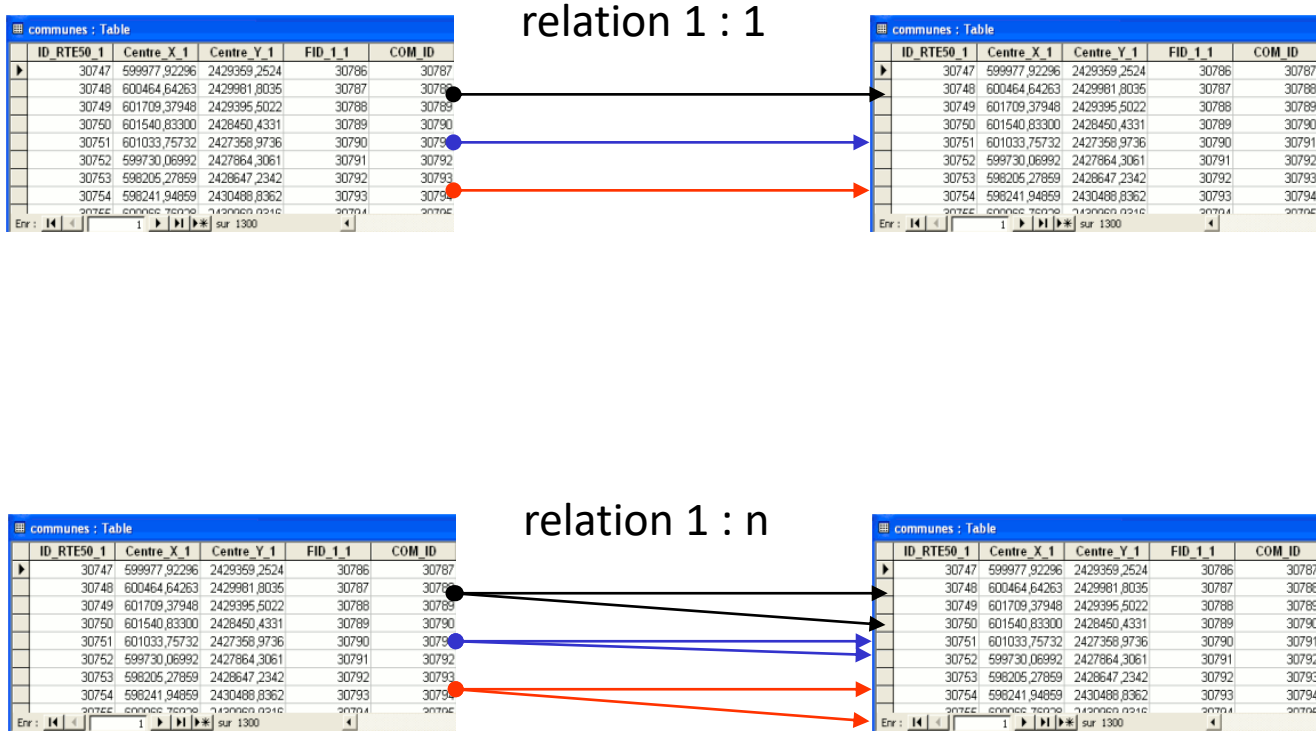


Les 2 sens ne sont généralement pas équivalent  
Surtout en cas de cardinalité multiple





CARDINALITE DE LA JOINTURE



www.agroparistech.fr



# structure de données raster

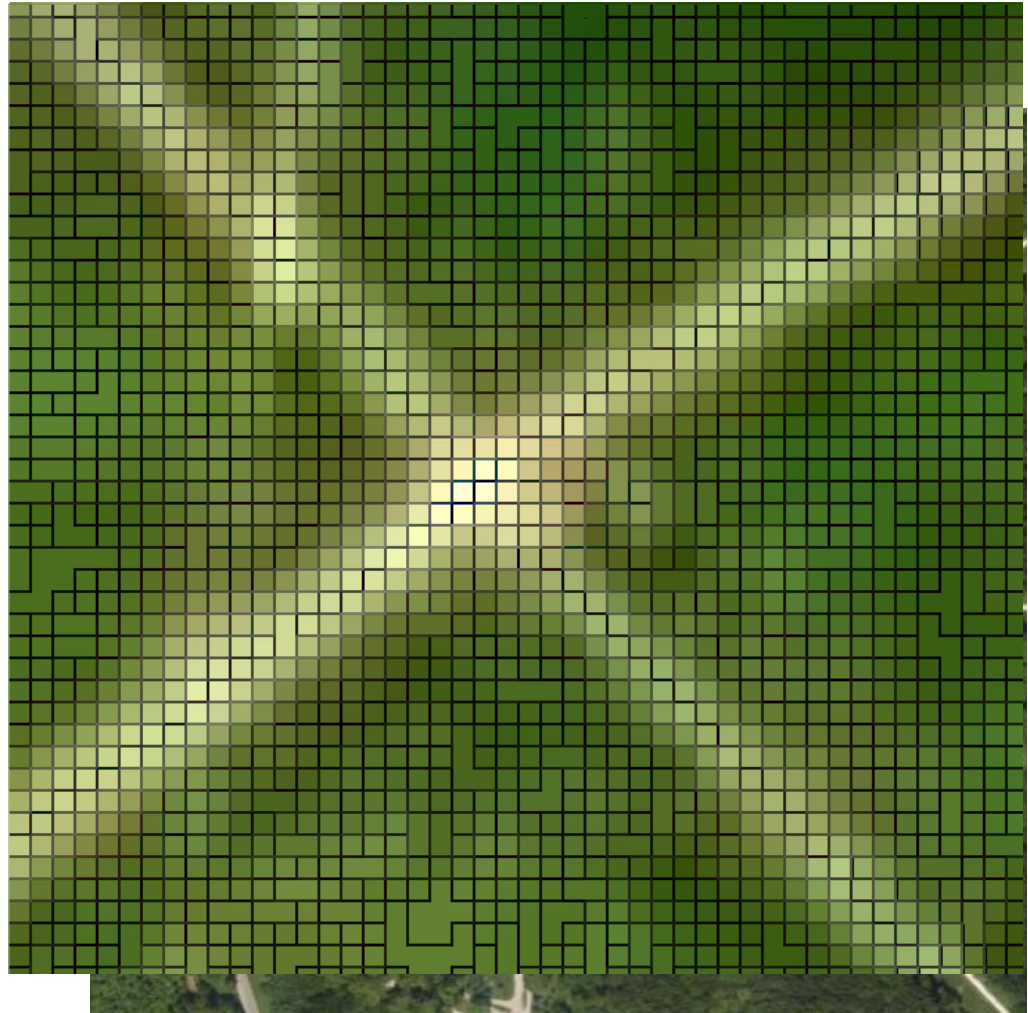




agrandissons

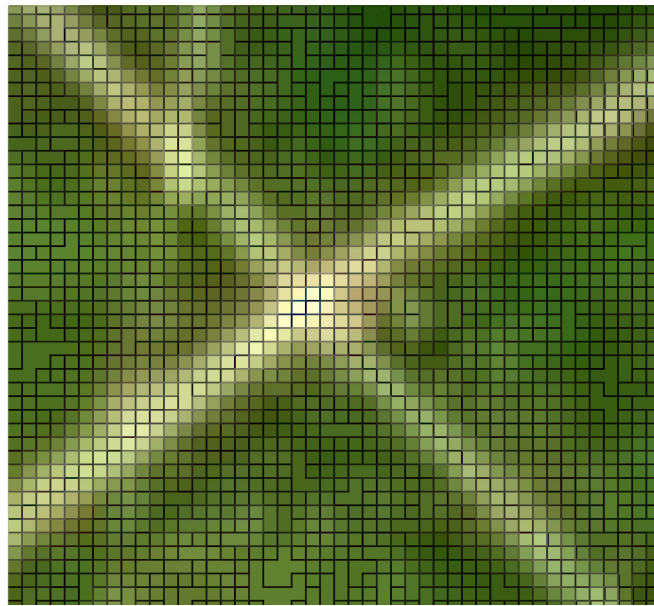
On voit apparaître  
une **structure matricielle**  
sous la forme d'une **grille**

Chaque cellule  
de la grille est un **pixel** :  
picture element





Ah oui ...  
la matrice



Chaque pixel contient  
Une valeur numérique

Un entier

210

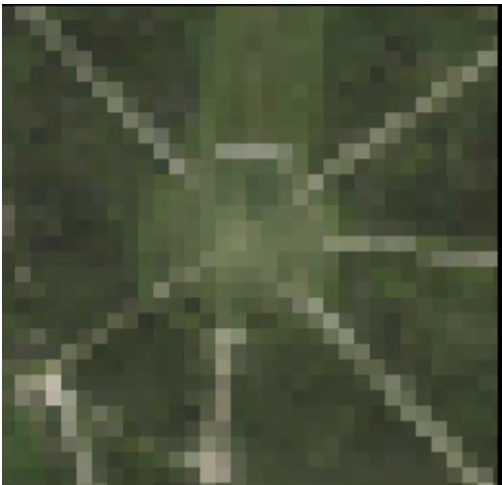
Ou un réel

54.2



www.agroparistech.fr





Un PIXEL peut représenter par ex:

- Une couleur dans une image
- Une altitude du relief
- Un type de sol
- Une classe d'occupation du sol
- ...

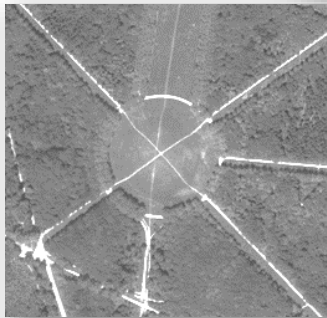
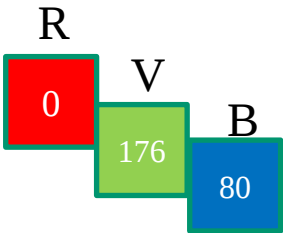
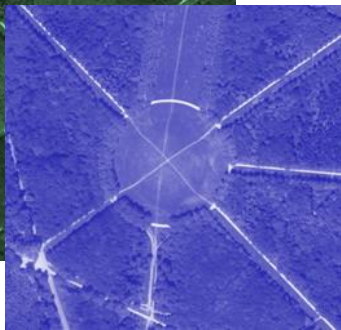
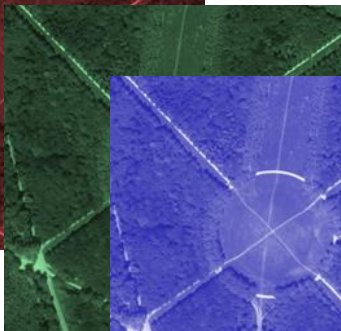
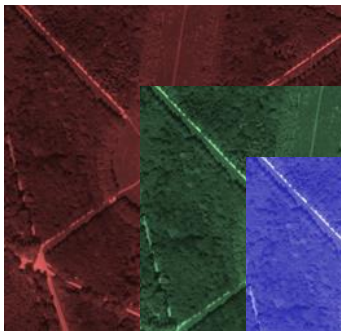


Image niveaux de gris

3 plans (canaux ou bandes) image = modèle RVB (RGB)

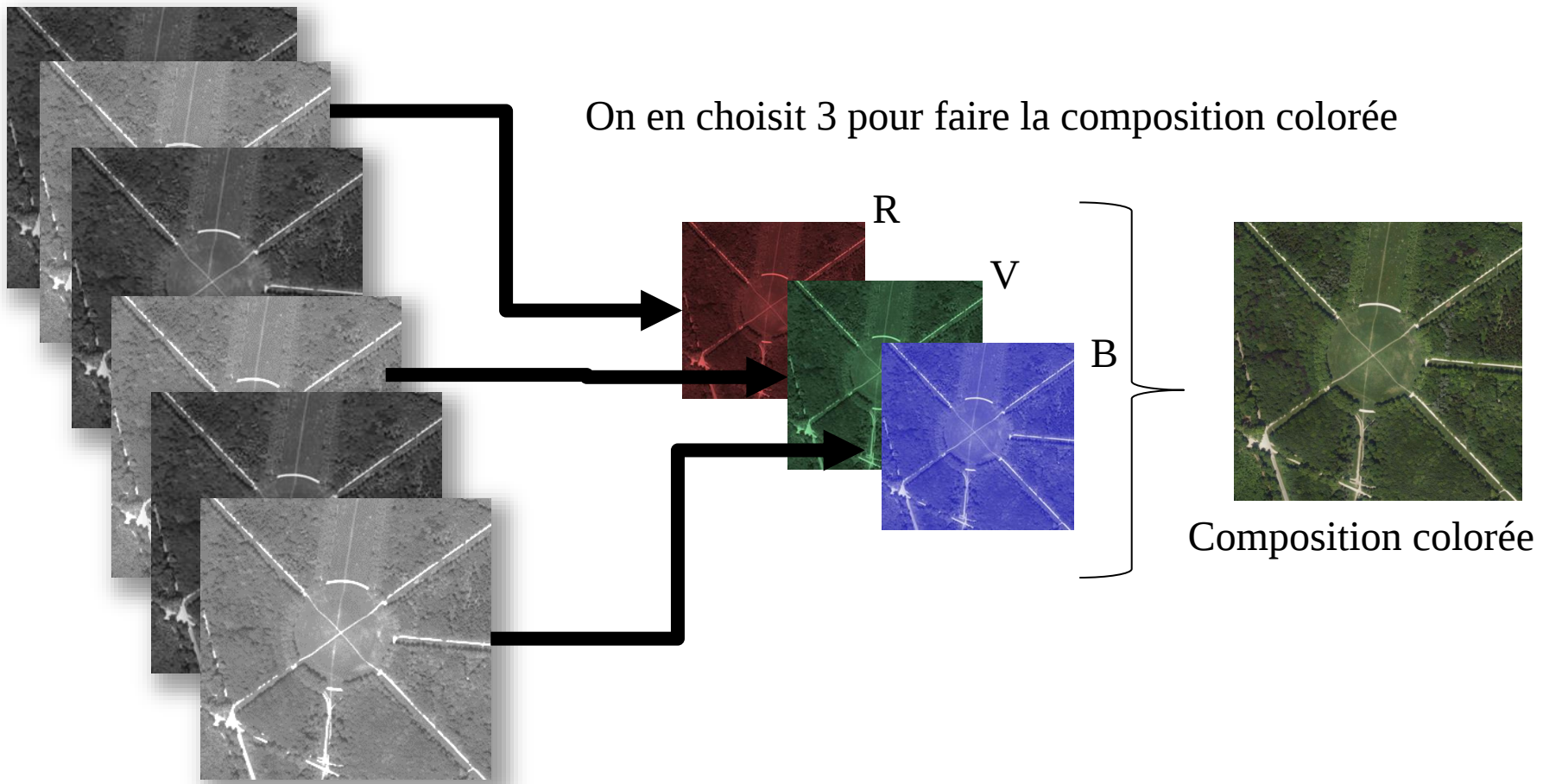


Souvent pixel entre 0 et 255 =  $2^8$



Principe de la composition colorée fausse ou vrai couleurs

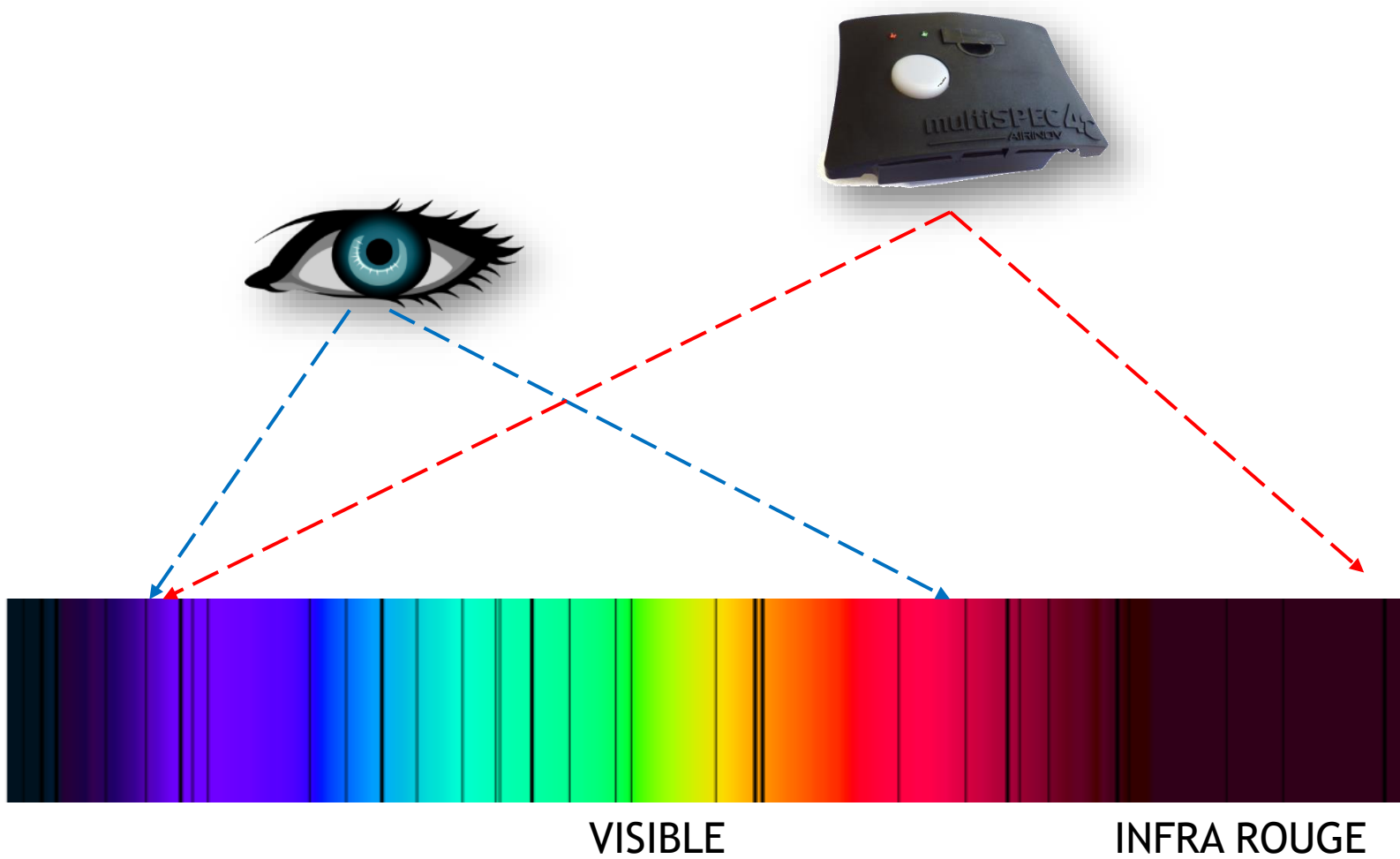
Image multispectrale avec plus de 3 bandes



www.agroparistech.fr



Avec certains capteurs = canaux images pas dans le visible  
Dans l'infra-rouge ou le thermique par exemple



www.agroparistech.fr



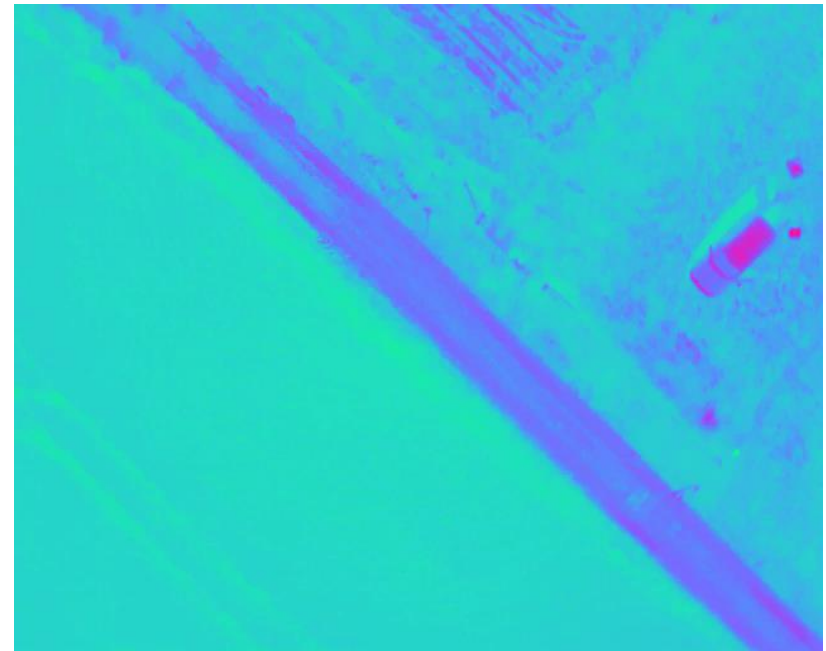
## Thermique

IMAGERIE DRONE (vol Grignon 2017)

Acquisitions synchrones



Caméra visible



caméra thermique en fausses couleurs



## Infra-rouge

Image satellite Sentinel 2 en fausse couleur (sud de Milan)



■ Activité  
chlorophyllienne

Bande « proche-infrarouge » -> rouge

Bande « rouge » -> vert

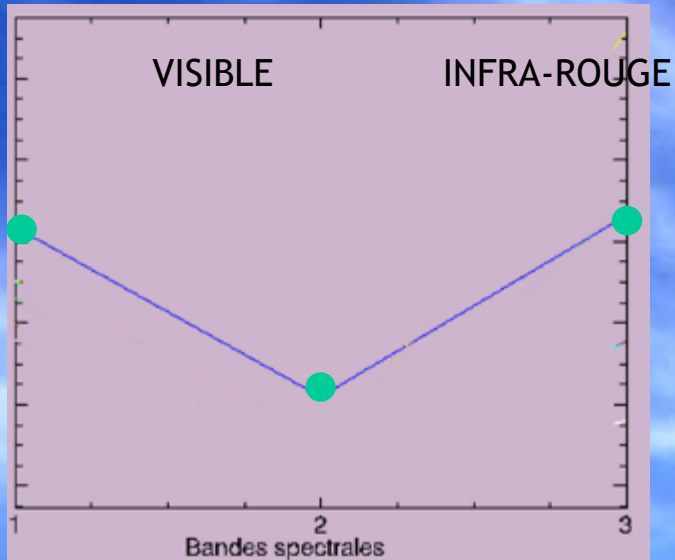
Bande « verte » -> bleu

Fausse couleurs

# IMAGES SATELLITES = Mesure radiométrique de la réflectance pour estimer certaines propriétés des sols et des cultures

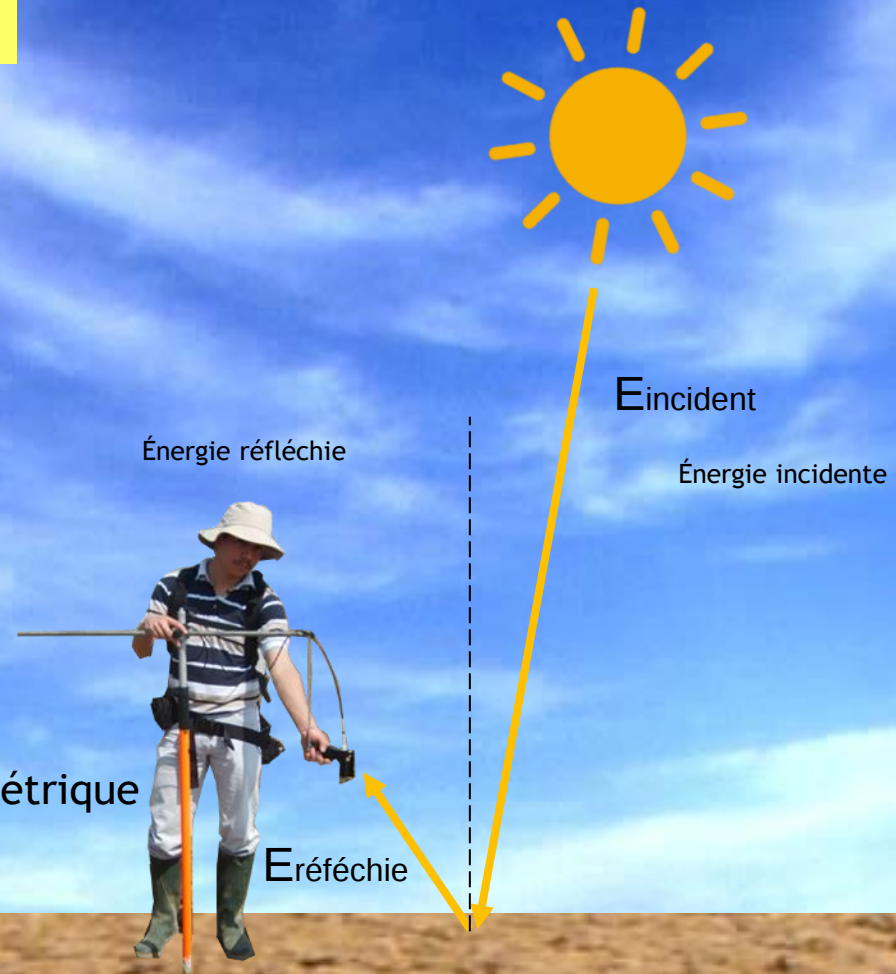
$$\text{REFLECTANCE} = E_{\text{réfêchie}} / E_{\text{incident}}$$

1



0

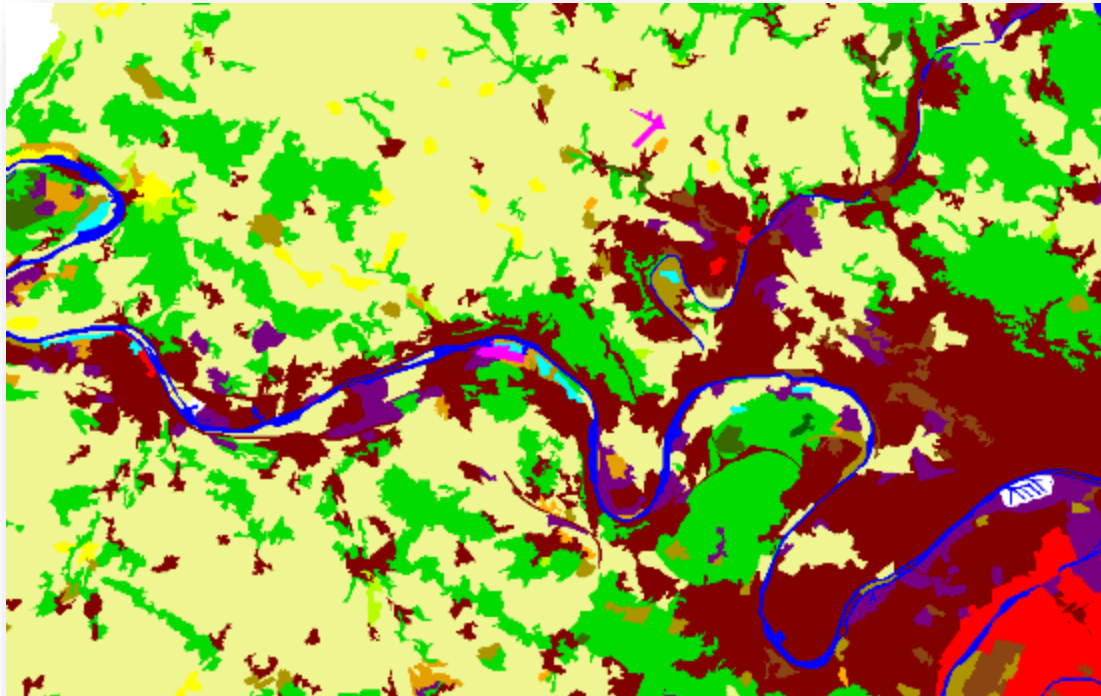
Capteur radiométrique





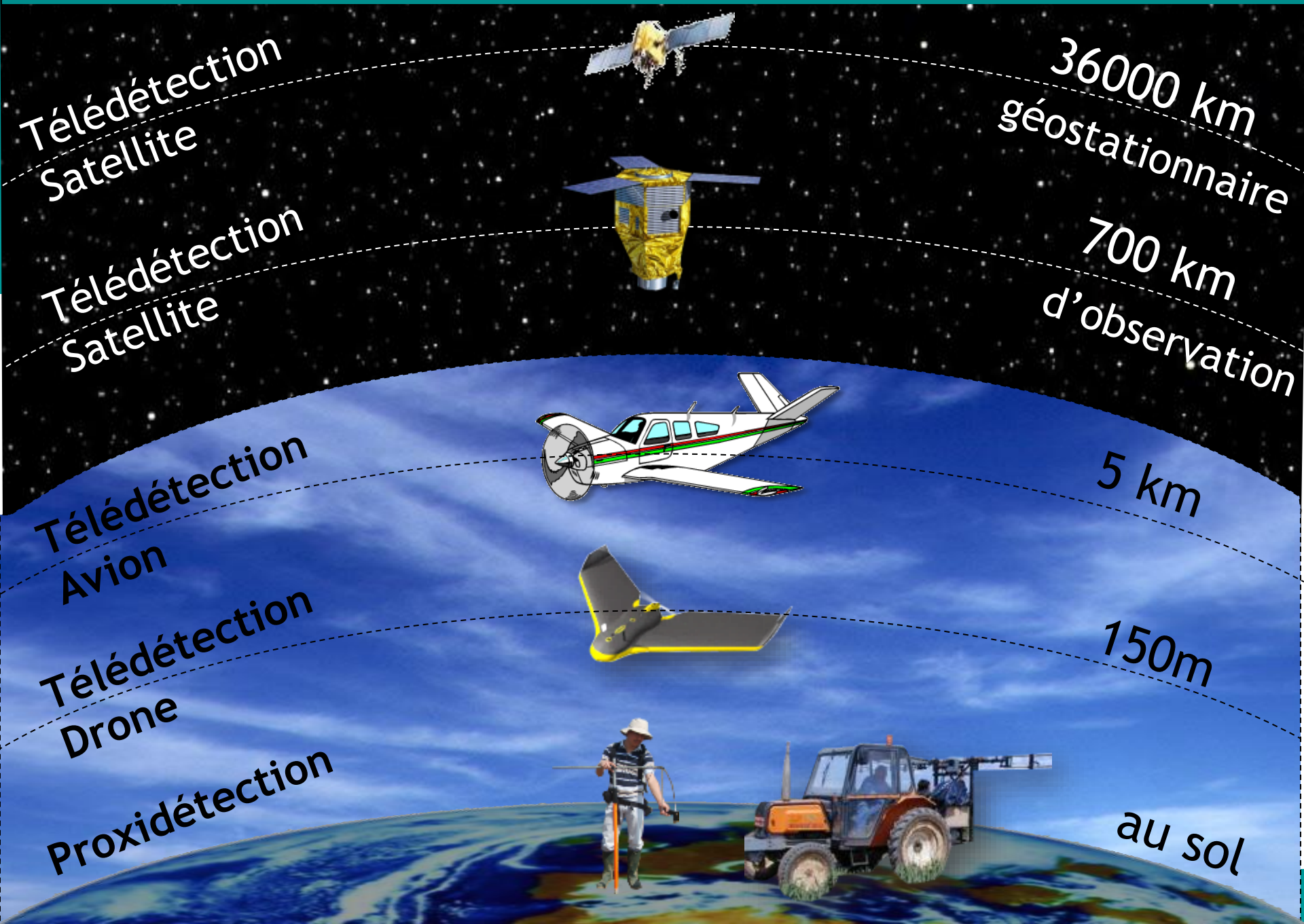
# Corine Land Cover

Cartographie à partir d'images satellitaires



- 111 urbain continu
- 112 urbain discontinu
- 121 zones indus
- 122 réseaux routiers
- 124 aéroports
- 131 extraction matériaux
- 132 décharges
- 133 chantiers
- 141 espaces verts urbains
- 142 sports loisirs
- 211 terres arables
- 222 oliveraies
- 231 prairies
- 242 syst cultureux complexes
- 243 territoires agri
- 311 feuillus
- 312 conifères
- 313 forêts mixtes
- 321 pelouses pâturages
- 322 landes
- 324 foêts en mutation
- 411 marais intérieurs
- 412 tourbières
- 511 cours d'eau
- 512 plans d'eau

# Mesure de réflectance proxidtection / télédtection



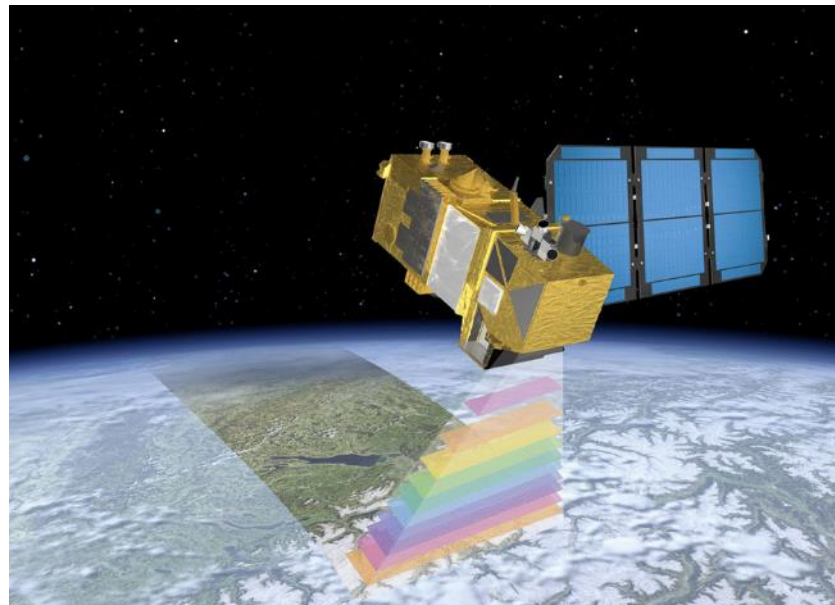


### Le programme Européen COPERNICUS D'observation de la terre de l'ESA



Données gratuites

SATELLITE SENTINEL-2





exemples de données raster

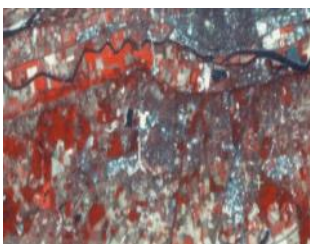
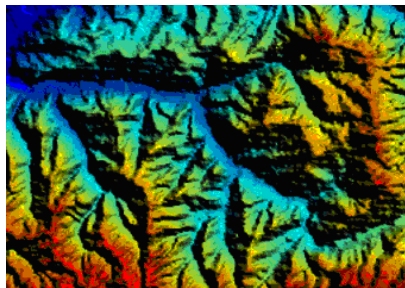


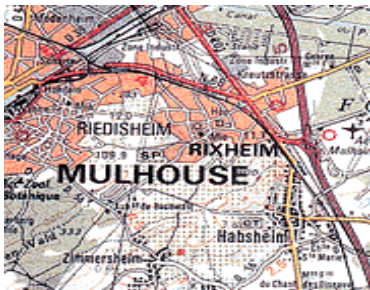
image satellitale



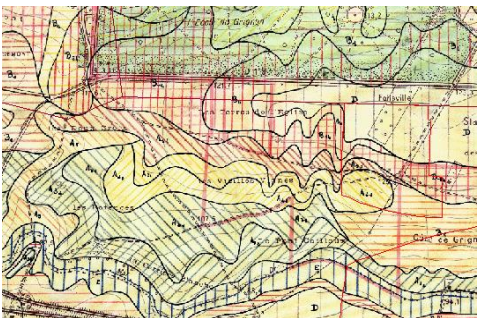
photo. aérienne



MNA  
modèle numérique d'altitude



scan *IGN*



Carte pédo. scannée

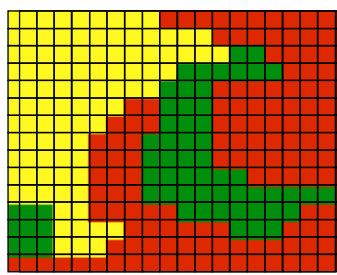
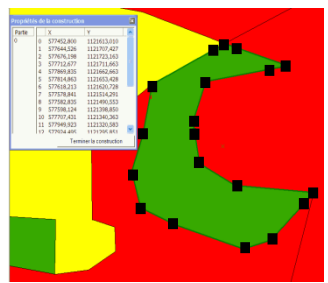


scan 50000e Géol. *BRGM*

Cartes scannées



# Comparaison Vecteur / Raster

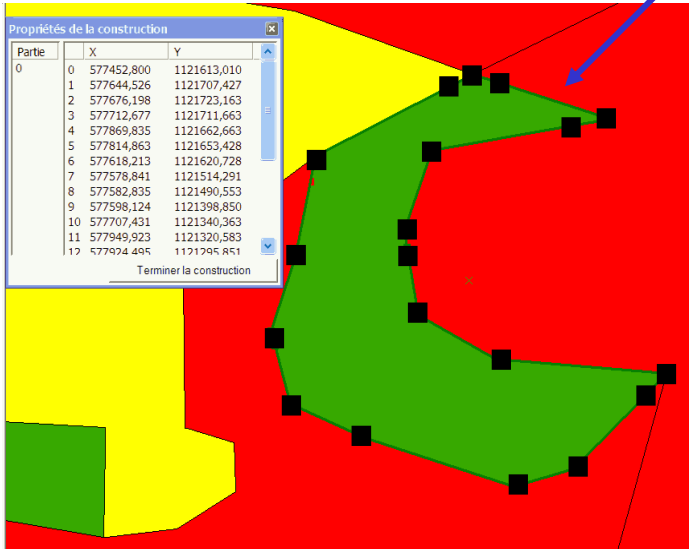


www.agroparistech.fr



massif forestier dans une carte d'occupation du sol

VECTEUR

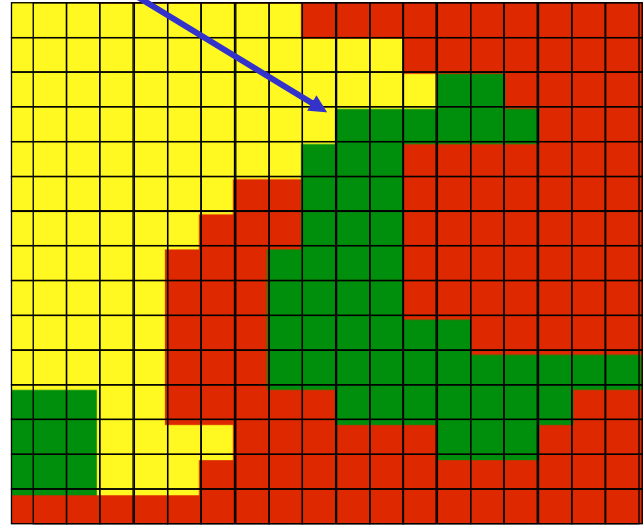


Forme vectorielle = liste de points(X,Y)

Table de données associée au vecteur

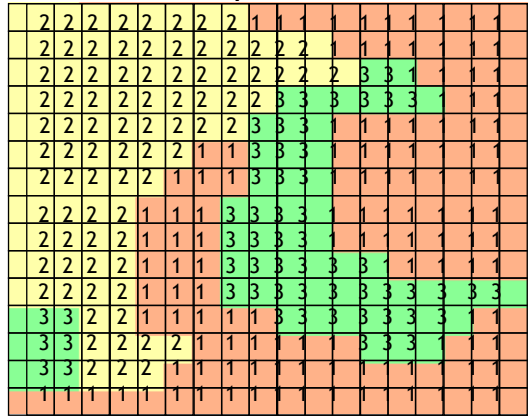
| Attributs de corine_land_cover |          |          |           |         |            |      |              |                 |      |  |
|--------------------------------|----------|----------|-----------|---------|------------|------|--------------|-----------------|------|--|
| OBJECTID *                     | Shape *  | AREA     | PERIMETER | ESSONNE | ESSONNE_ID | CLC3 | Shape_Length | Shape_Area      | CLC1 |  |
| 1                              | Polygone | 1914430  | 29976.16  | 0       | 0          | 511  | 29956.485879 | 1911924.327727  | 5    |  |
| 2                              | Polygone | 8922200  | 36144.16  | 0       | 0          | 121  | 36120.635391 | 8910600.877929  | 1    |  |
| 3                              | Polygone | 1798650  | 17760.15  | 0       | 0          | 123  | 17748.423337 | 1796276.893155  | 1    |  |
| 4                              | Polygone | 25857.88 | 2417.44   | 0       | 0          | 511  | 2415.839252  | 25823.653966    | 5    |  |
| 5                              | Polygone | 265396.5 | 2848.706  | 0       | 0          | 141  | 2846.827843  | 265046.980712   | 1    |  |
| 6                              | Polygone | 1356.664 | 317.3399  | 0       | 0          | 511  | 317.131212   | 1354.840147     | 5    |  |
| 7                              | Polygone | 1204760  | 4527.936  | 0       | 0          | 112  | 4524.971159  | 1203181.946289  | 1    |  |
| 8                              | Polygone | 467.0625 | 174.6881  | 0       | 0          | 511  | 174.572903   | 466.449725      | 5    |  |
| 9                              | Polygone | 42964900 | 98462.38  | 0       | 0          | 112  | 98402.295229 | 42912370.895882 | 1    |  |
| 10                             | Polygone | 343840.1 | 2765.818  | 0       | 0          | 142  | 2764.00919   | 343389.845383   | 1    |  |
| 11                             | Polygone | 247165.8 | 2105.034  | 0       | 0          | 142  | 2103.665153  | 246844.610856   | 1    |  |
| 12                             | Polygone | 10602300 | 38781.63  | 0       | 0          | 111  | 38757.892812 | 10589168.469837 | 1    |  |
| 13                             | Polygone | 1014.742 | 607.9219  | 0       | 0          | 511  | 607.530215   | 1013.578526     | 5    |  |
| 14                             | Polygone | 12040.09 | 1378.827  | 0       | 0          | 511  | 1377.94182   | 12024.680317    | 5    |  |
| 15                             | Polygone | 1007770  | 9823.121  | 0       | 0          | 122  | 9816.906817  | 1006494.201487  | 1    |  |
| 16                             | Polygone | 198000.5 | 3780.097  | 0       | 0          | 511  | 3777.698001  | 197749.393722   | 5    |  |
| 17                             | Polygone | 407271.0 | 3303.41   | 0       | 0          | 124  | 3304.268377  | 404150.237088   | 1    |  |

RASTER



Grille = grid = matrice

Pas de table : 1 valeur par cellule de la matrice



1 couche vecteur = n champs = n attributs = n informations

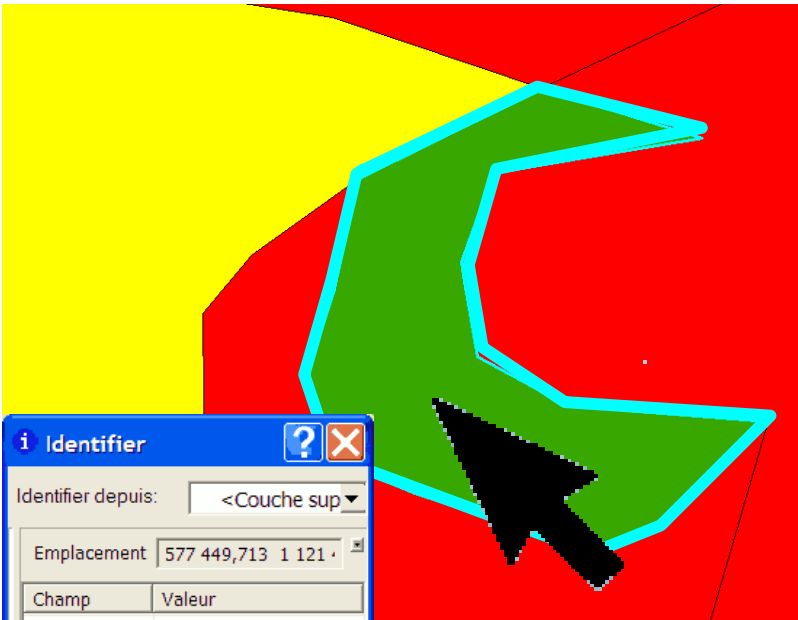
1 couche raster = 1 seule information / pixel

www.agroparistech.fr



VECTEUR

Structure objet  
représentation explicite des objets



?

X

i Identifier

Identifier depuis: <Couche sup

Emplacement 577 449,713 1 121

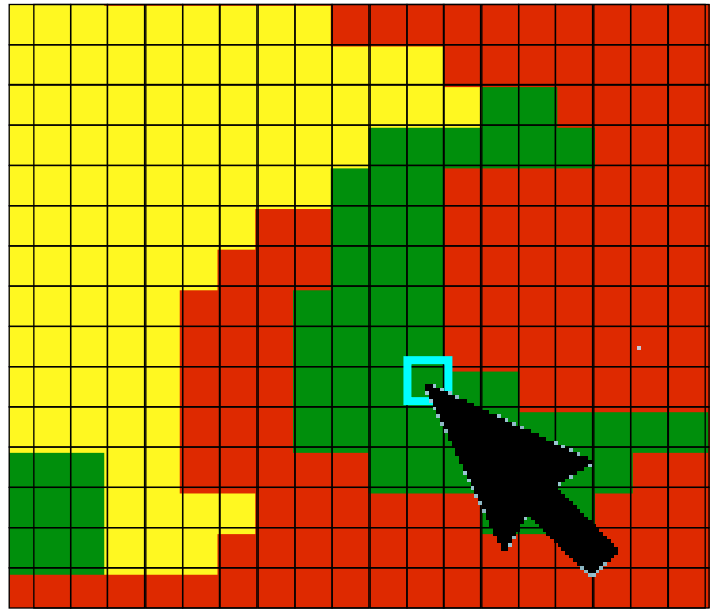
| Champ        | Valeur        |
|--------------|---------------|
| OBJECTID     | 3422          |
| Shape        | Polygone      |
| AREA         | 131447,7      |
| PERIMETER    | 2258,252      |
| ESSONNE_     | 0             |
| ESSONNE_ID   | 0             |
| CLC3         | 324           |
| Shape_Length | 2257,044834   |
| Shape_Area   | 131307,123618 |
| CLC1         | 3             |

1 entité identifiée

En cliquant on peut accéder  
au polygone de l'objet forêt  
Et à tout ses attributs

RASTER

Pas de structure objet  
Représentation implicite des objets



?

X

i Identifier

Identifier depuis: <Couche sup

Emplacement 577 509,943 1 121

| Cha... | Valeur |
|--------|--------|
| Rowid  | 2      |
| VALUE  | 3      |
| COUNT  | 6014   |

1 entité identifiée

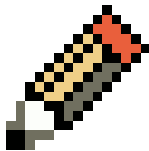
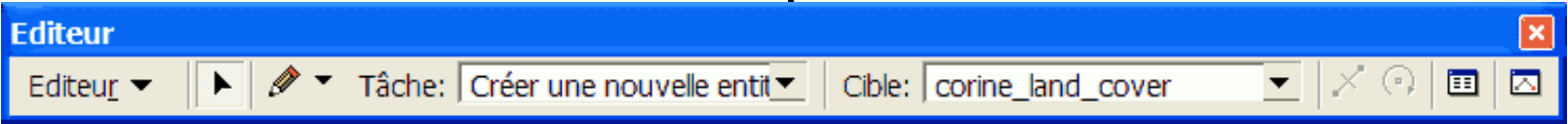
En cliquant on ne peut accéder  
qu'à la valeur d'un pixel  
L'objet forêt n'existe pas  
en tant que tel

www.agroparistech.fr

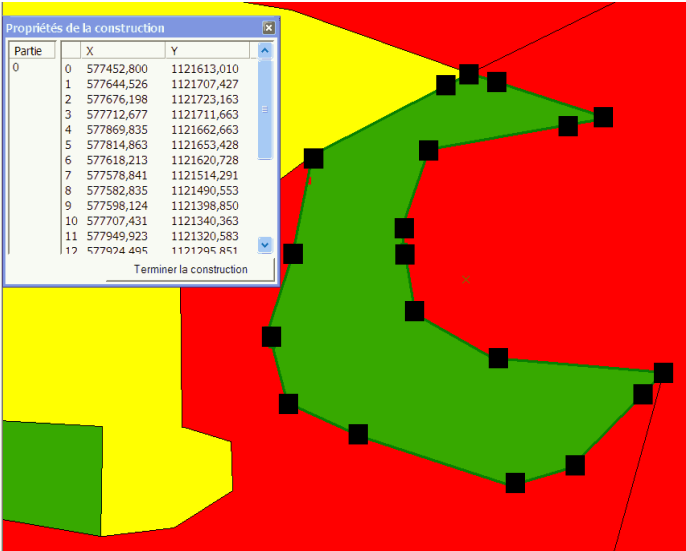


VECTEUR

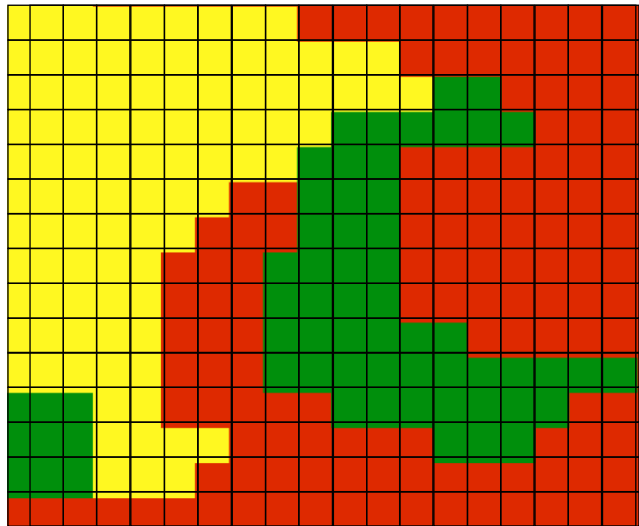
RASTER



Vecteur : éditable modifiable



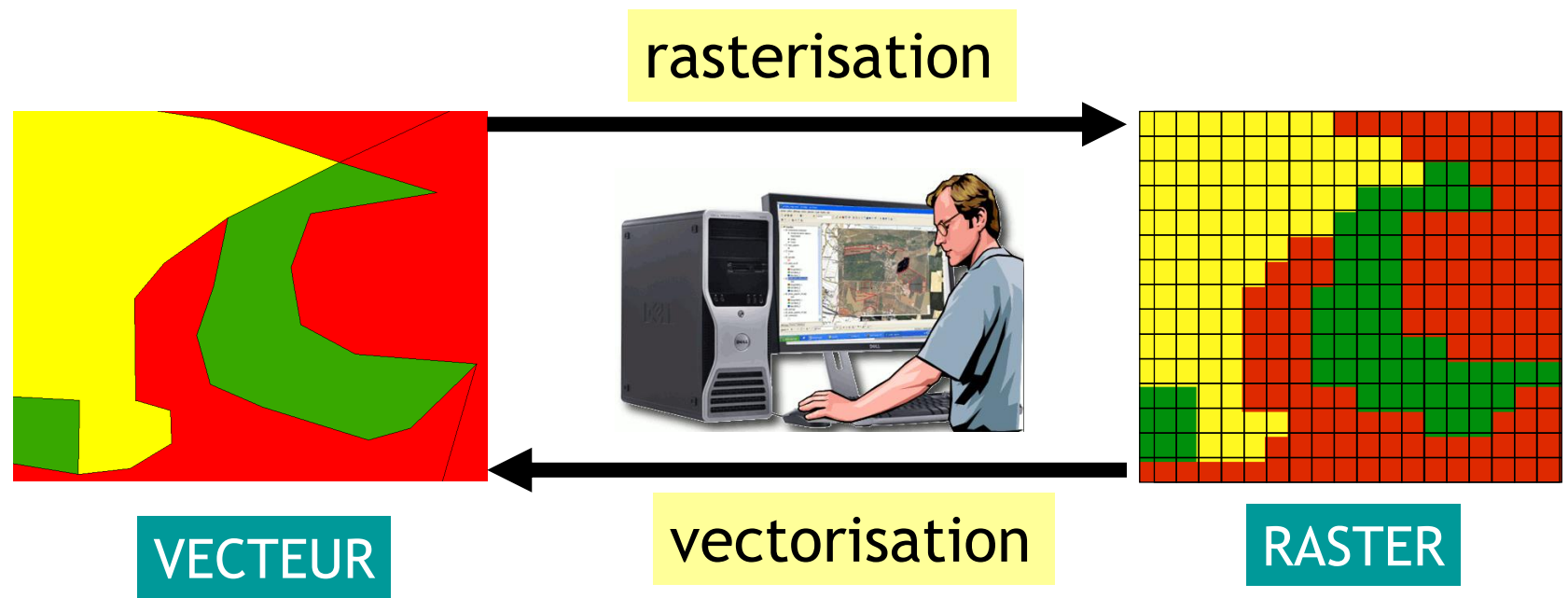
raster : pas modifiable point à point



www.agroparistech.fr



Passage d'un mode de représentation à l'autre

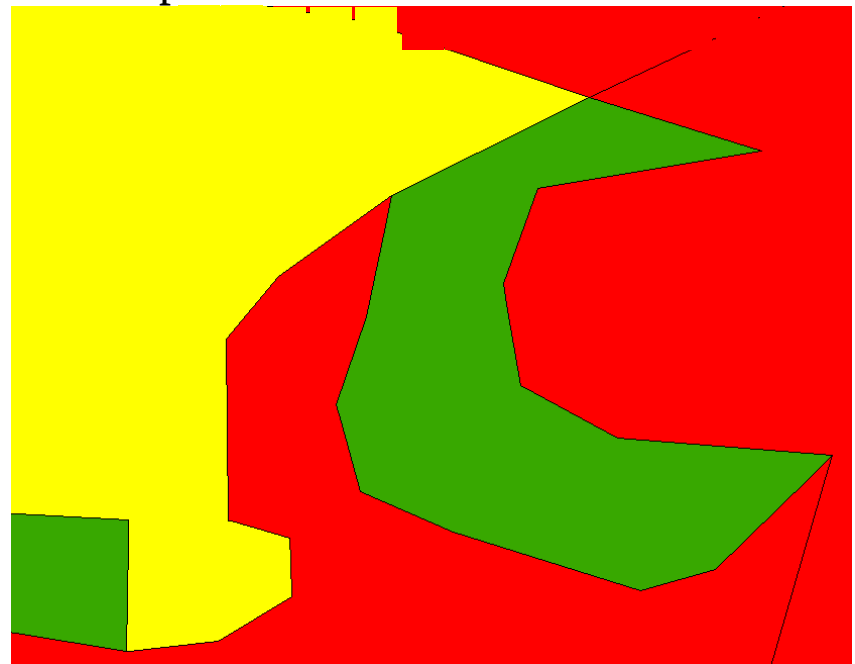


www.agroparistech.fr



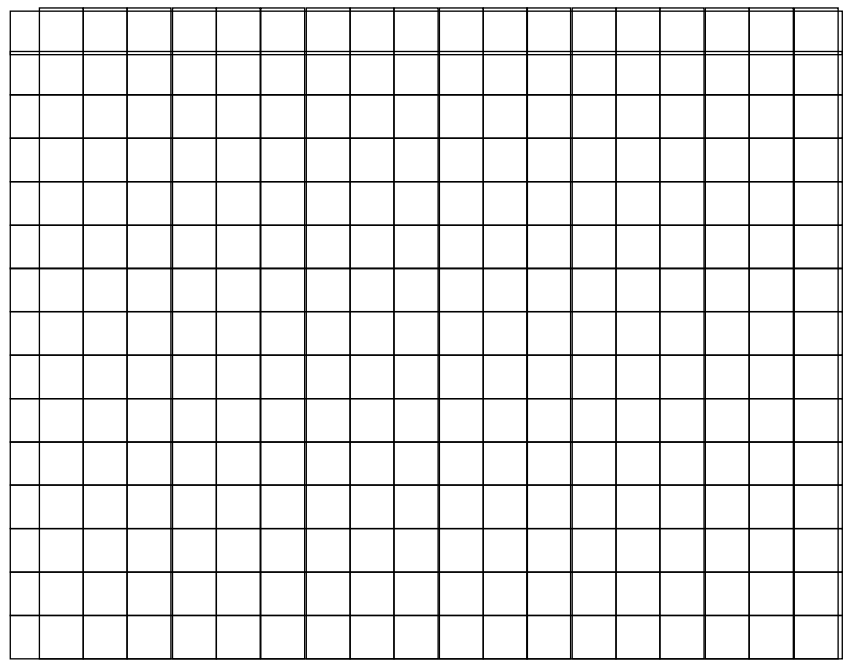
RASTERISATION

3. Lire la valeur au centre de chaque cellule +  
et « remplir » la matrice



vecteur

- 1. Placer une grille virtuelle sur le vecteur
- 2. Créer une matrice « vide » de même taille



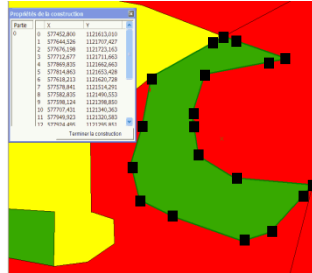
Raster

www.agroparistech.fr

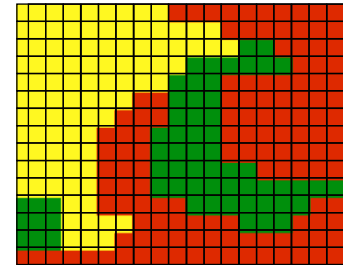


## Logiciels et vecteur / raster

## VECTEUR



## RASTER



SIG mode vecteur

Adobe Illustrator

Inkscape

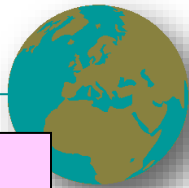
Barre de dessin de Office

SIG mode raster

Paint

Photoshop

Gimp



 communes\_rp.shp  
shapefiles carte

 HORIZON.dbf  
fichier dbase  
table sémantique

**FICHIERS A PLAT**



raster images



sig



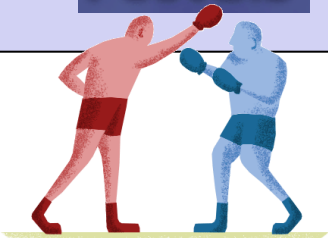
**ORACLE**  
Capsule spatiale



**BASES DE DONNEES**



**SGF** versus **SGBD**  
Fichiers Base de données



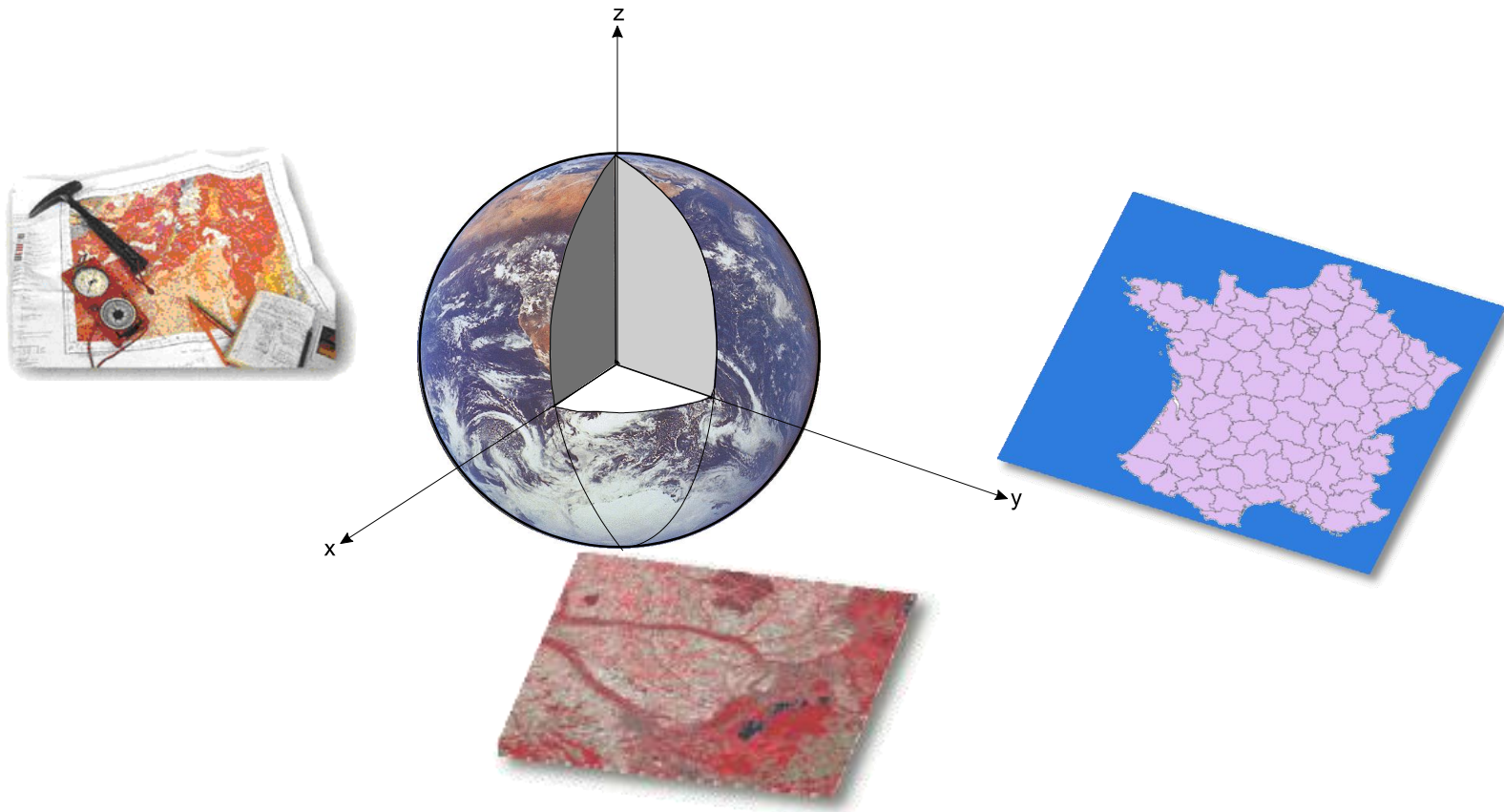


## Formats S.I.G.

- ShapeFile {
  - DBF Parcellaire\_Feuch.dbf
  - Parcellaire\_Feuch.sbn
  - Parcellaire\_Feuch.sbx
  - Parcellaire\_Feuch.shp
  - Parcellaire\_Feuch.shx
- KML (kmz) (google earth) **Keyhole Markup Language**
- JavaScript Object Notation (**JSON**) GeoJSON
- Paquetage de couche
- Geodatabase
- GeoTIFF

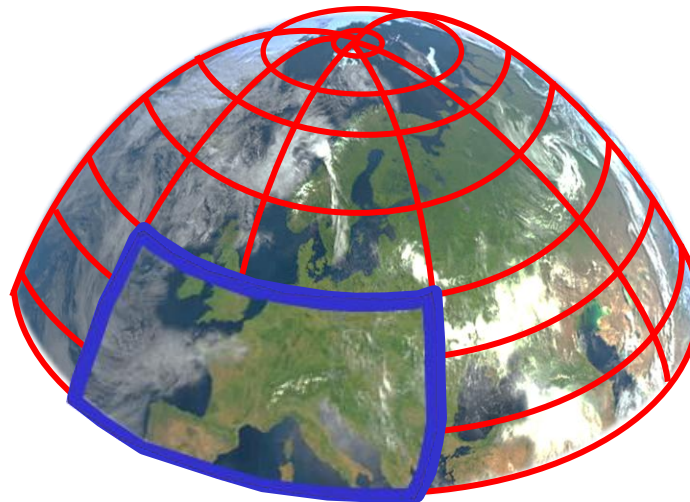
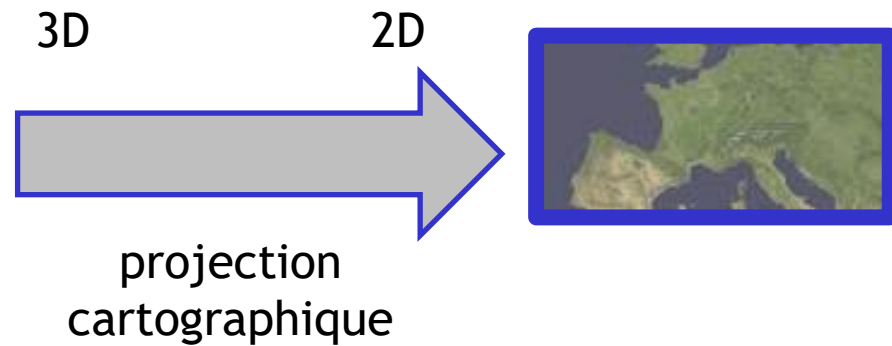


## REFERENTIELS GEOGRAPHIQUES





La **projection cartographique** est une transformation géométrique permettant de représenter sous la forme d'une **carte plane** la **réalité 3D** du globe terrestre

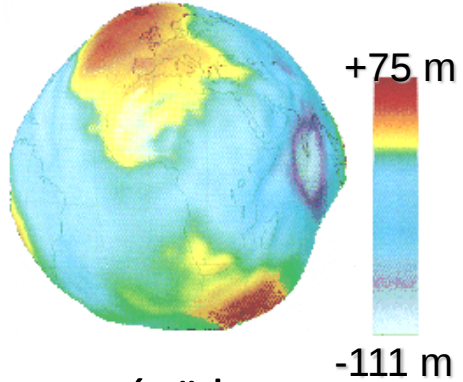
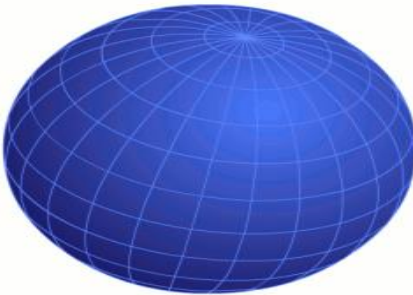
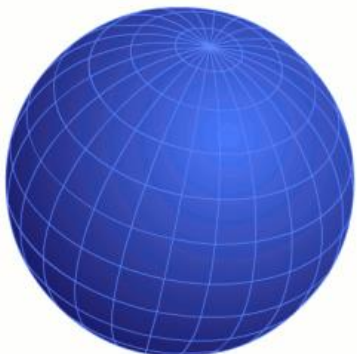
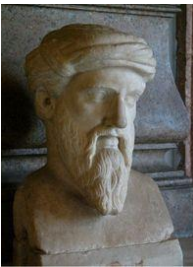




les modèles de forme de la terre au cours des ages

Pythagore Antiquité    Huyghens 17e

aujourd'hui

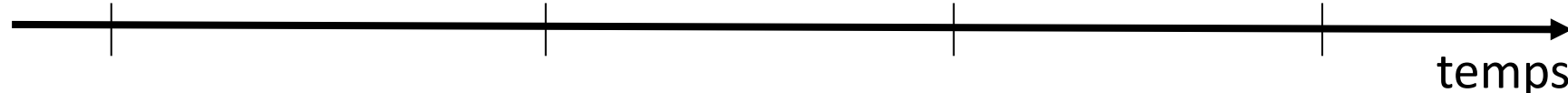


terre plate

sphère

ellipsoïde

géoïde



www.agroparistech.fr



## Les ellipsoïdes terrestres

Différentes ellipsoïdes sont utilisées en cartographie

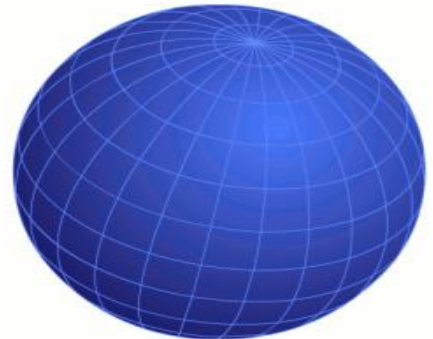


**WGS84** : world geographic system 1984

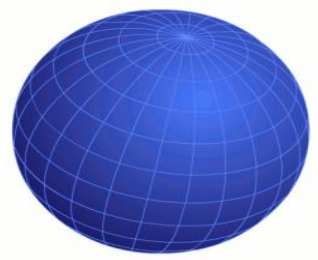


précision liée au type de modélisation du globe

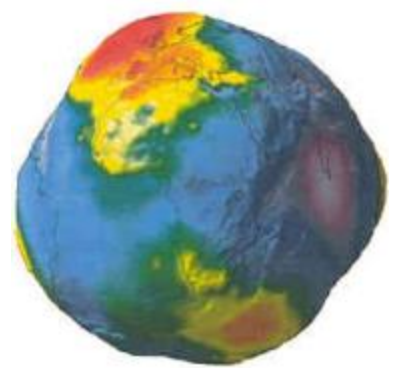
ellipsoïde globale



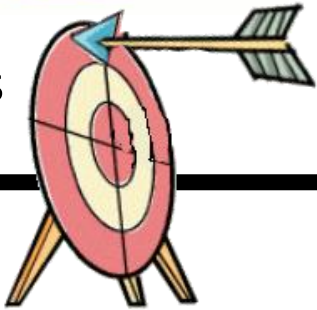
ellipsoïde locale



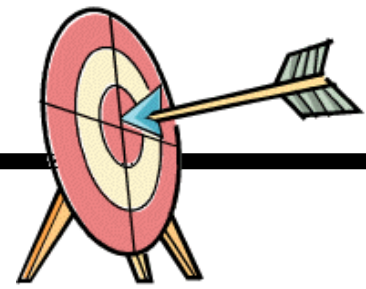
géoïde



précis



précis

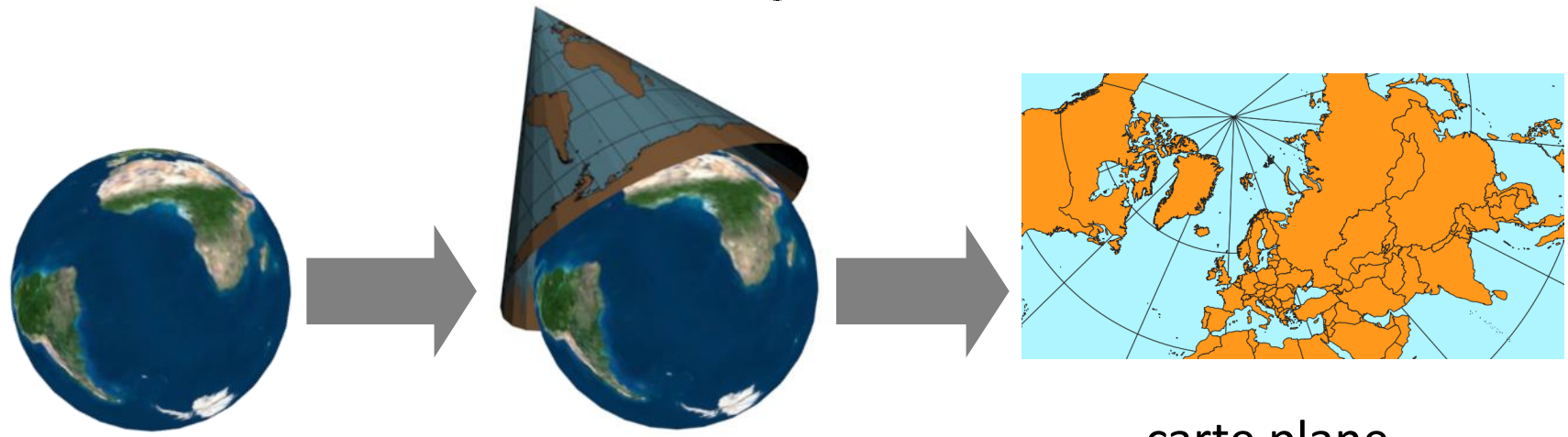


www.agroparistech.fr



# projections cartographiques

$$\begin{cases} X &= \rho \sin(\theta) + X_0 \\ Y &= Y_0 + \rho_0 - \rho \cos(\theta) \end{cases}$$



globe terrestre

projection

carte plane

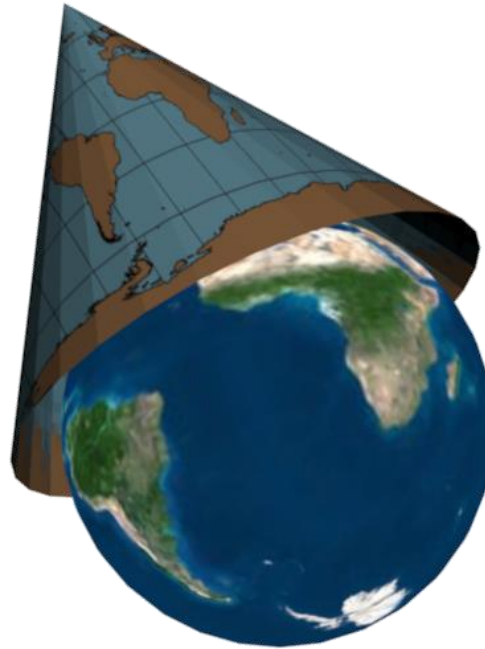
Projection conique Lambert

Référentiel Lambert  
FRANCAIS

www.agroparistech.fr



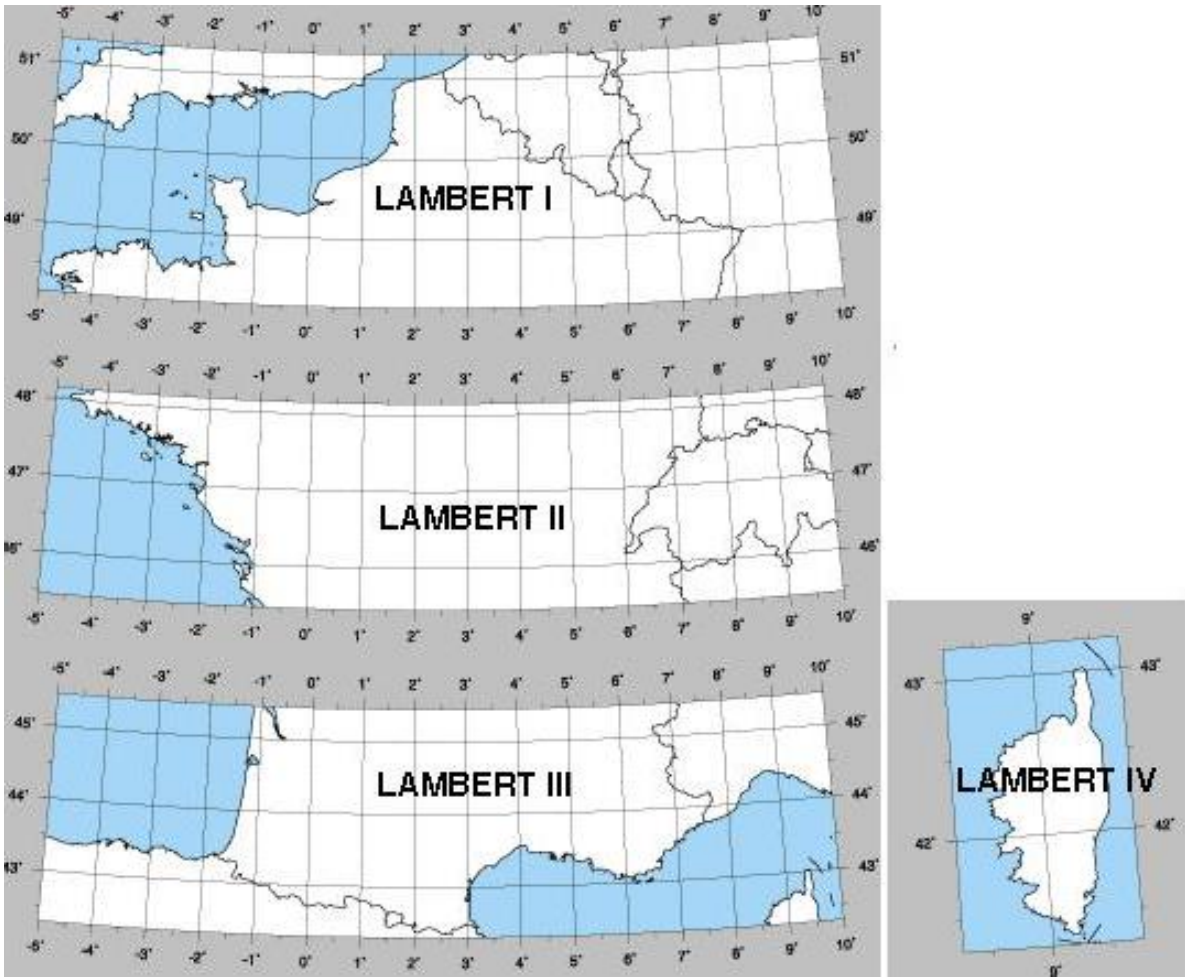
### Les systèmes de projection français : projection conique conforme de Lambert





les zones du système Lambert local en France

Les 4 projections Lambert locales



www.agroparistech.fr



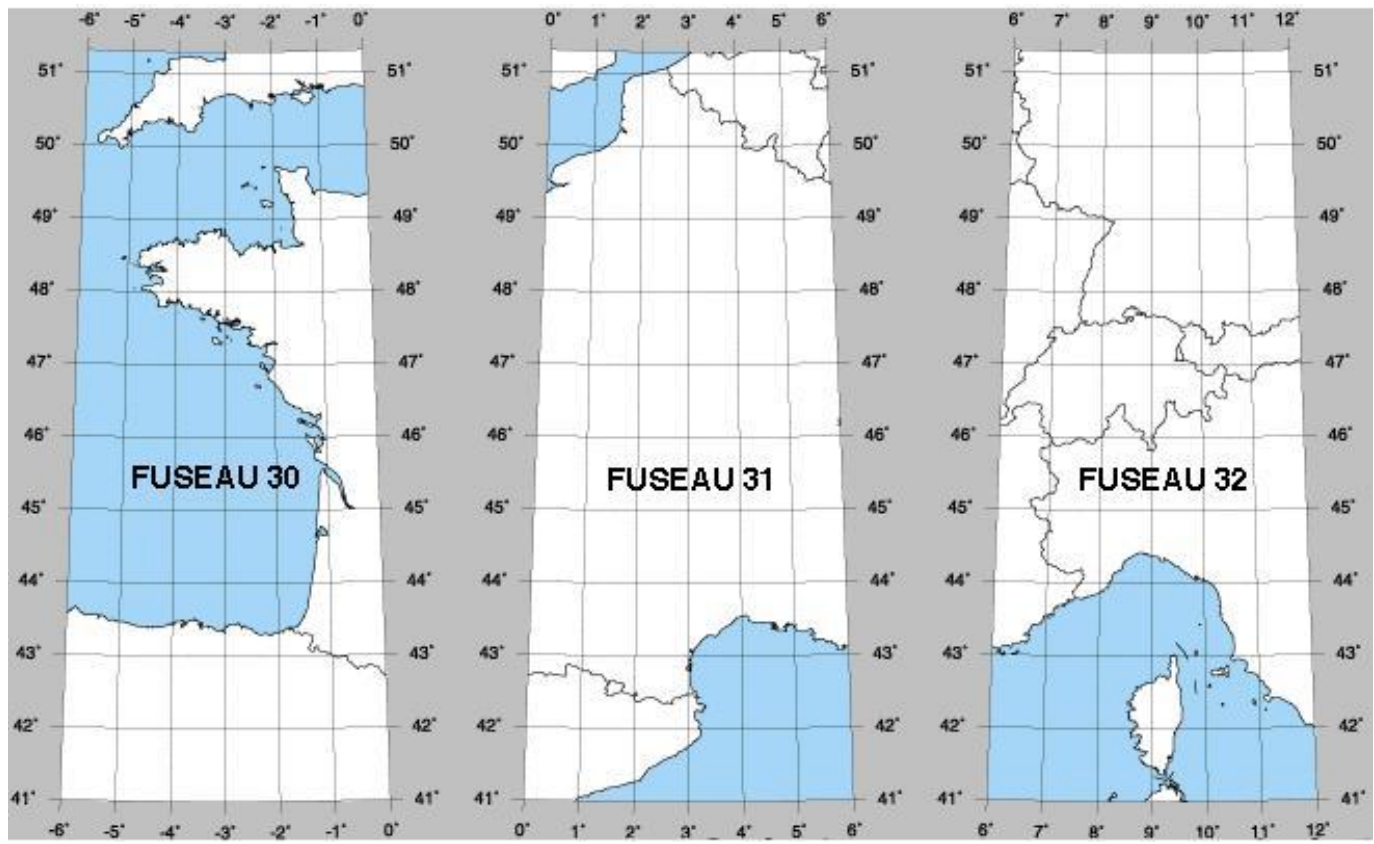
**Le Lambert 93 : nouveau référentiel géographique français**  
une projection unique pour tout le territoire.

RGF93 (Lambert 93) nouveau référentiel compatible avec  
EUREF référentiel européen  
et WGS84 référentiel mondial

NTF : Nouvelle Triangulation de la France (1898-1991)  
Lambert généralisé (II étendu)  
Lambert I II III IV



Fuseaux de la projection de Mercator sur la France

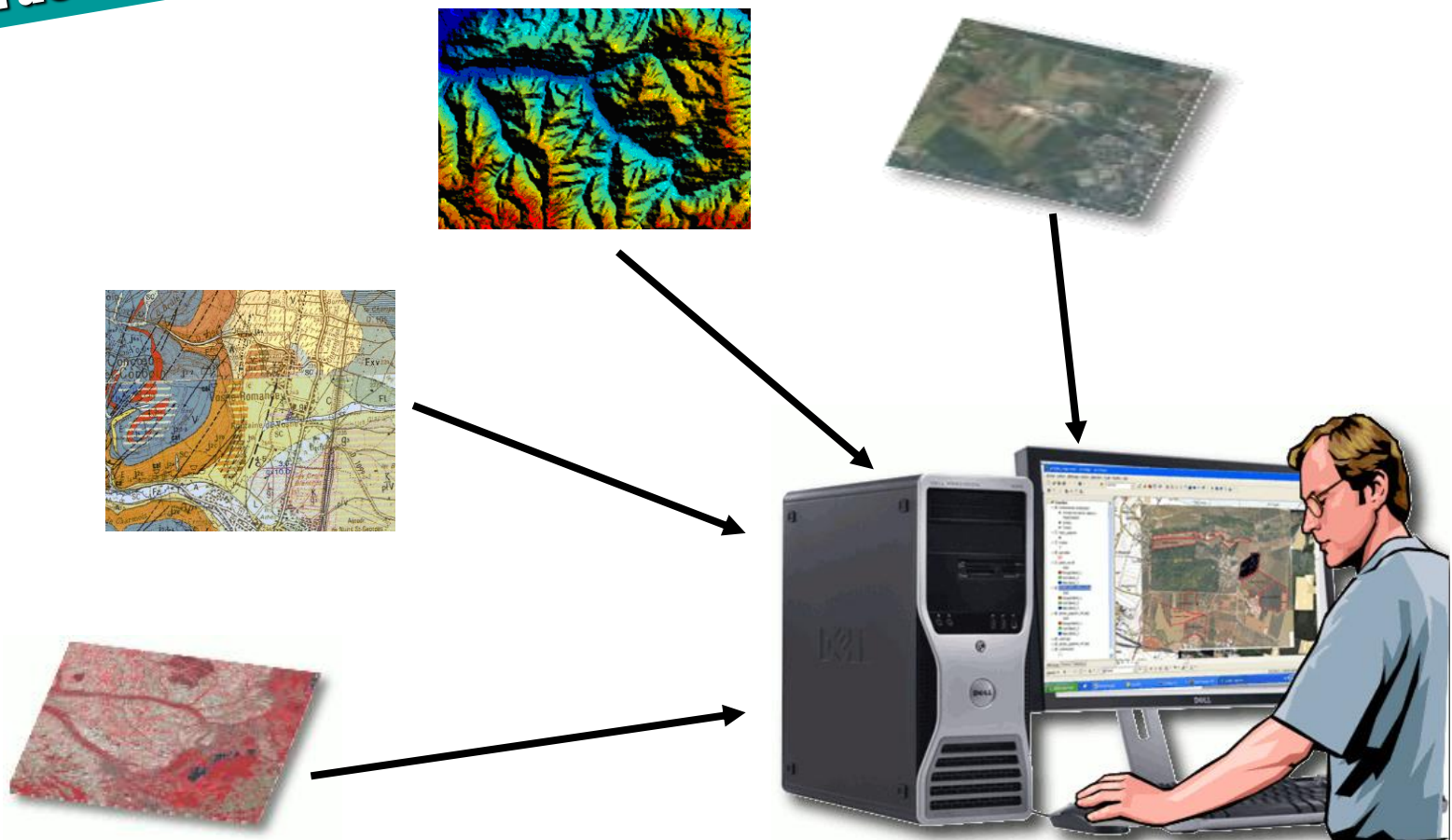


www.agroparistech.fr



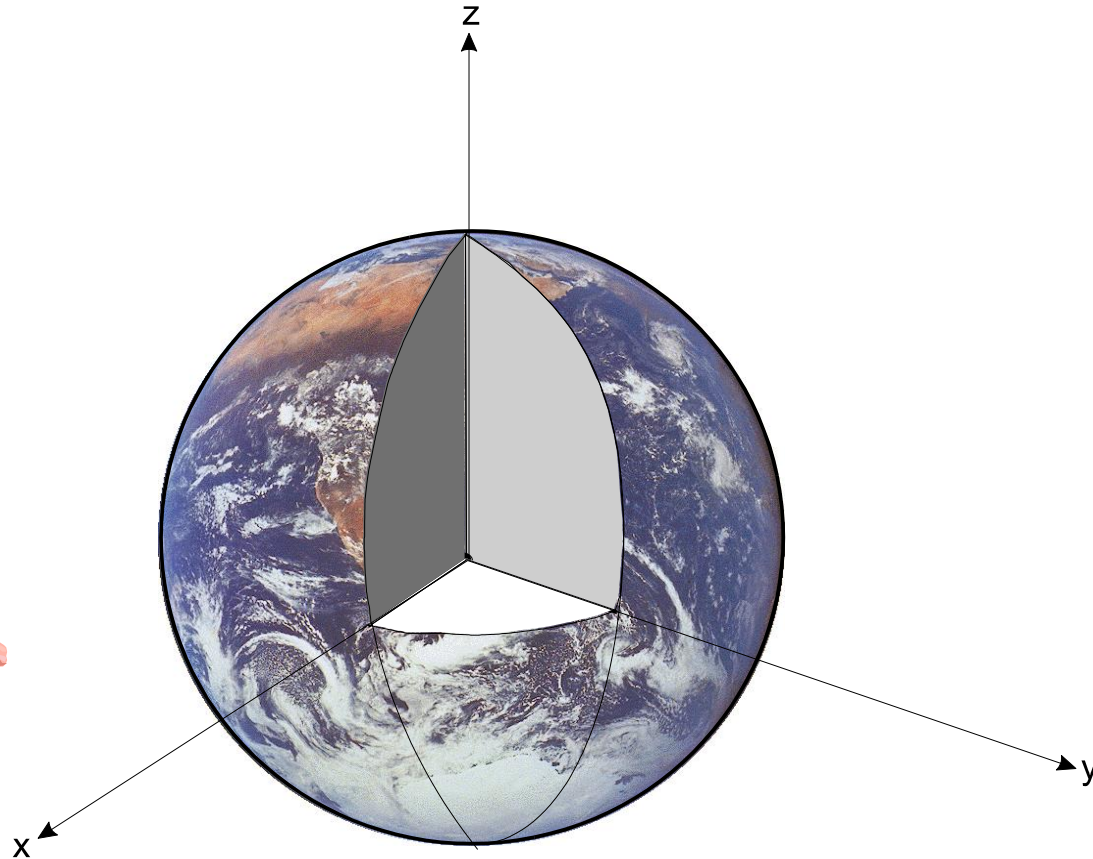
**Gestion des projections dans le SIG**

www.agroparistech.fr





## Pourquoi c'est très important le référentiel géographique





Placer les cavaliers blanc  et noir  sur l'échiquier

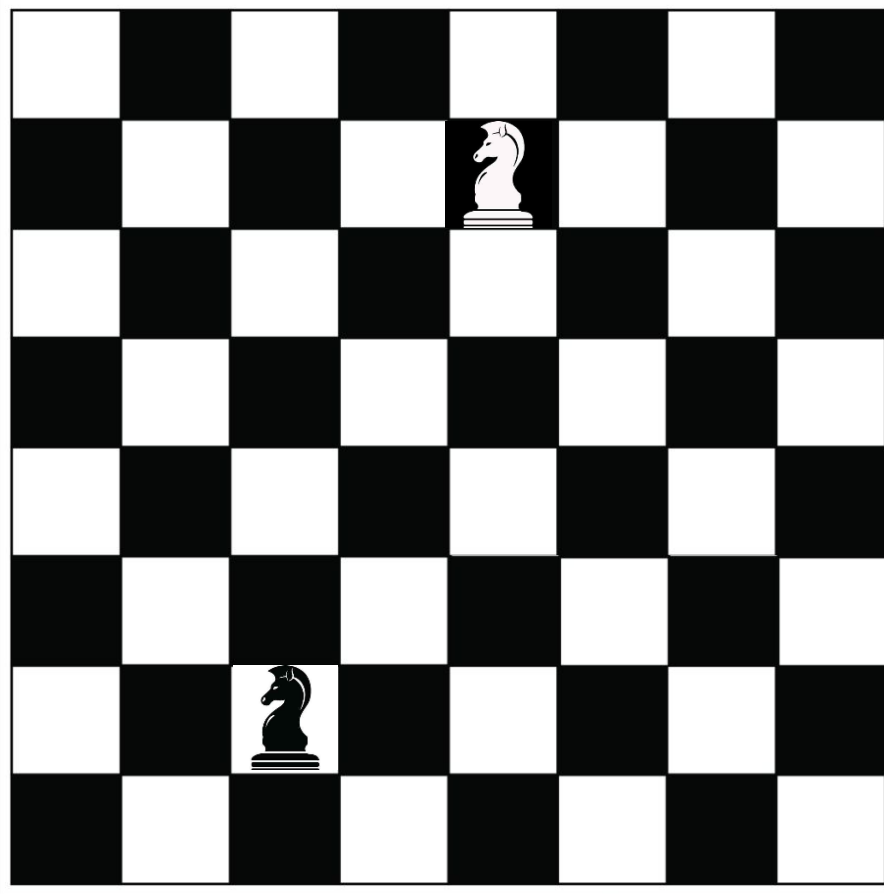
Comme ci-dessous, en utilisant leurs coordonnées



(C,2)



(b,4)





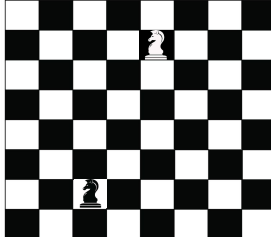
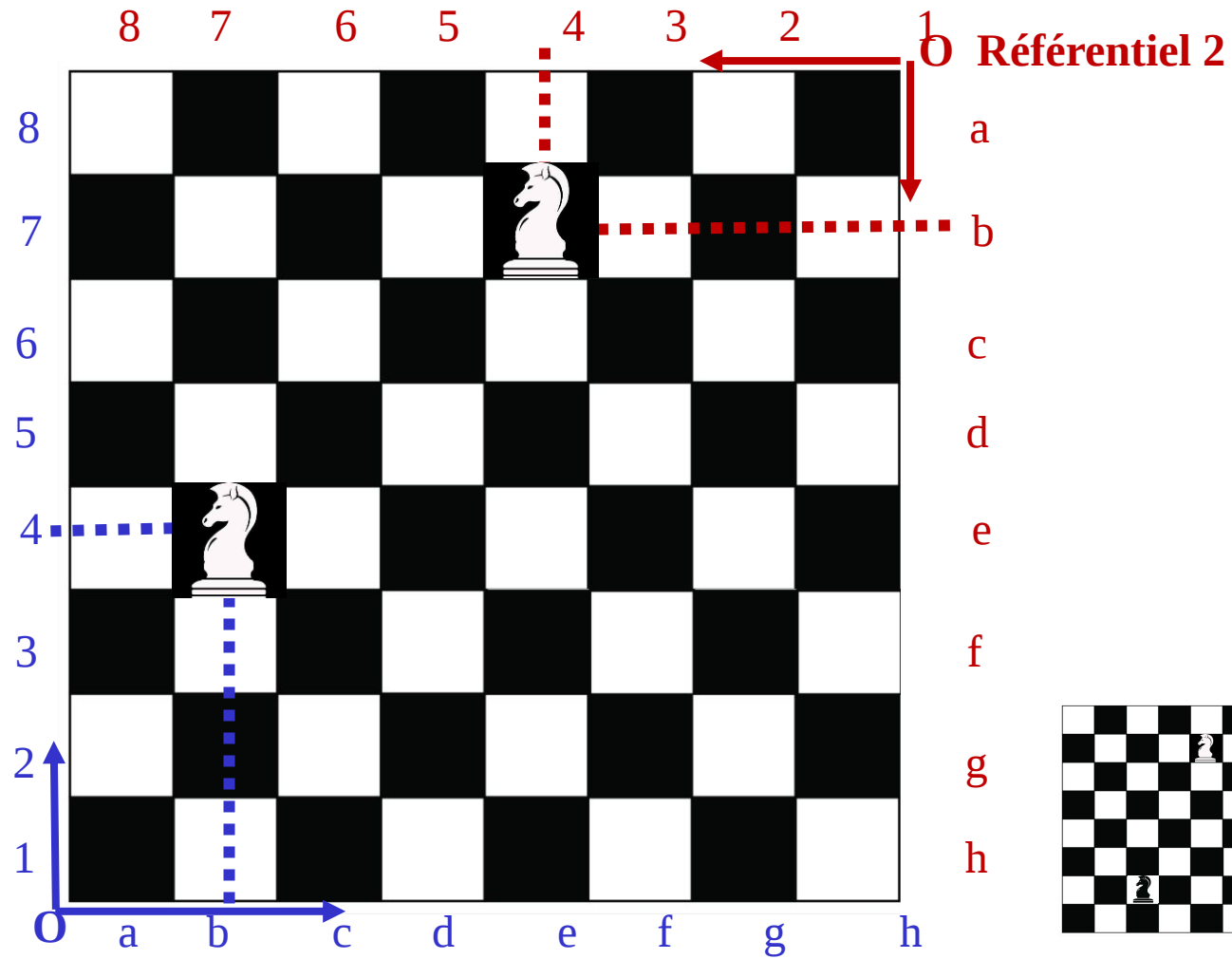
# Considérez l'échiquier muni de 2 référentiels différents



Cavalier noir est en (C,2) dans le référentiel 1



Cavalier blanc est en (b,4) référentiel non précisé ambiguïté cause d'erreur



www.agroparistech.fr



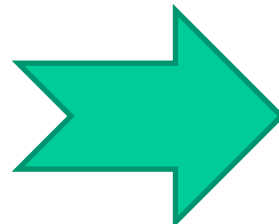
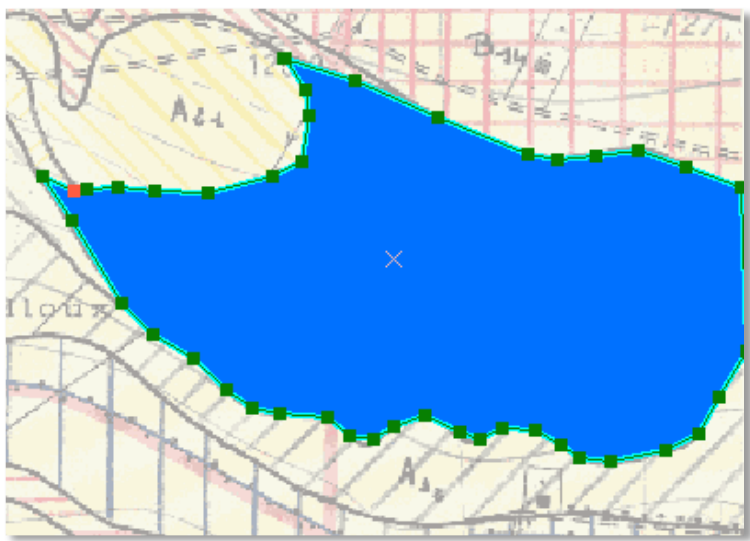
Les formes dans les couches SIG sont constituées des listes de coordonnées

Les coordonnées sont définies par rapport à 1 référentiel = origine / unités

Forme SIG

bipoint vecteur

coordonnées

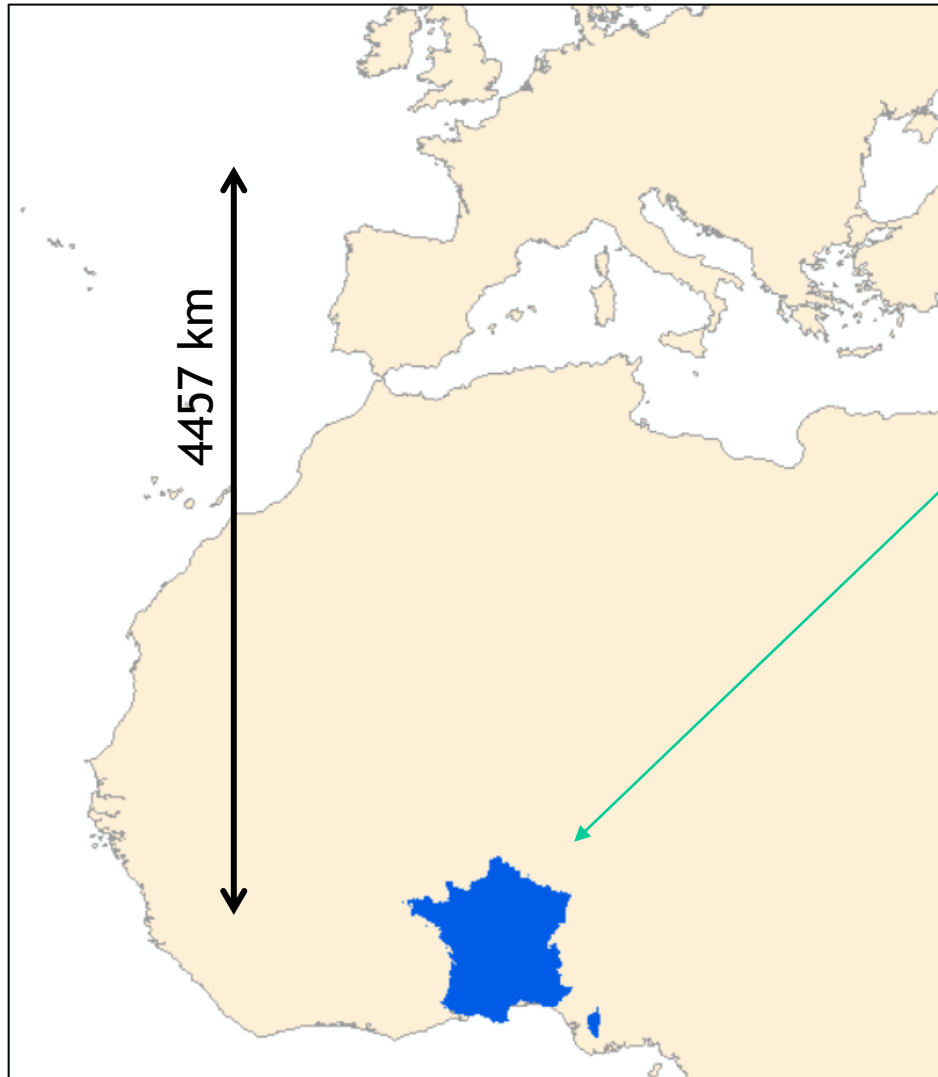


| Modifier les propriétés de la construction |            |             |  |
|--------------------------------------------|------------|-------------|--|
| Terminer la construction                   |            |             |  |
| #                                          | X          | Y           |  |
| <input type="checkbox"/> 0                 | 570293,955 | 1126473,965 |  |
| <input type="checkbox"/> 1                 | 570283,372 | 1126518,945 |  |
| <input type="checkbox"/> 2                 | 570297,262 | 1126561,278 |  |
| <input type="checkbox"/> 3                 | 570302,554 | 1126606,257 |  |
| <input type="checkbox"/> 4                 | 570336,288 | 1126628,085 |  |
| <input type="checkbox"/> 5                 | 570410,372 | 1126620,809 |  |
| <input type="checkbox"/> 6                 | 570411,033 | 1126572,523 |  |
| <input type="checkbox"/> 7                 | 570405,742 | 1126544,080 |  |
| <input type="checkbox"/> 8                 | 570380,606 | 1126499,762 |  |
| <input type="checkbox"/> 9                 | 570318,429 | 1126475,950 |  |



Si le référentiel n'est pas précisé ou n'est pas le bon  
Les coordonnées sont mal interprétées  
Et la forme n'est pas affichée au bon endroit sur la carte

www.agroparistech.fr



Cas typique d'un problème de référentiel

La couche bleue de la France est décalée par rapport aux continents

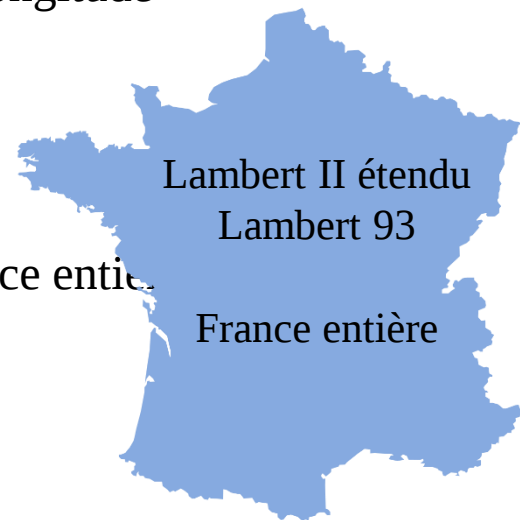
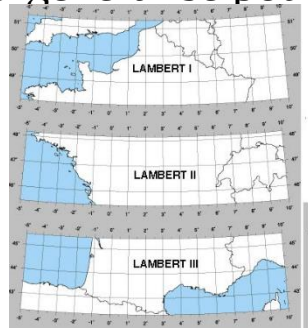


# LES REFERENTIELS

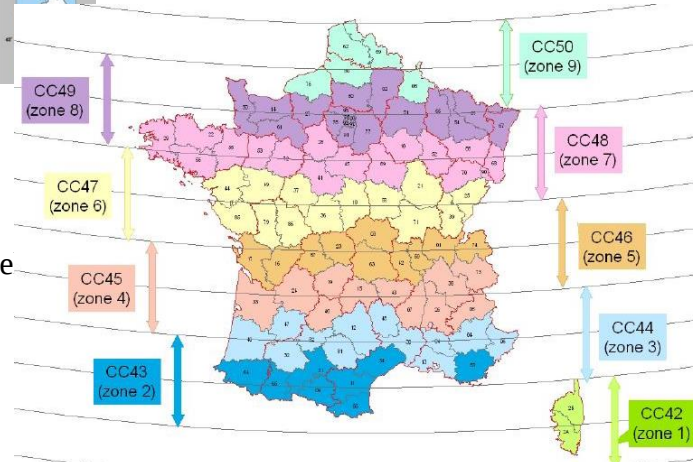
- WGS84 : pour les données mondiales ou en latitude / longitude

Les référentiels Français:

- Lambert NTF (ancien système):
  - NTF Lambert II étendu ou généralisé pour France entière
  - NTF Lambert I Zone
  - NTF Lambert II Zone
  - NTF Lambert III Zone
  - NTF Lambert IV Zone



- Lambert 93 : le Référentiel officiel Français
  - RGF93 Lambert 93** décret en fait la projection officielle
  - 9 projections « Zone » peu utilisées
  - CC42, CC43, CC44, CC45, CC46, CC47, CC48, CC49 et CC50

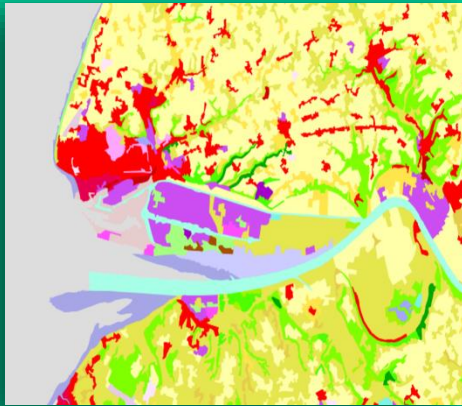


www.agroparistech.fr



## C'EST DEFINI OU LE REFERENTIEL ?

## 1. DANS LES PROPRIETES DE LA COUCHE

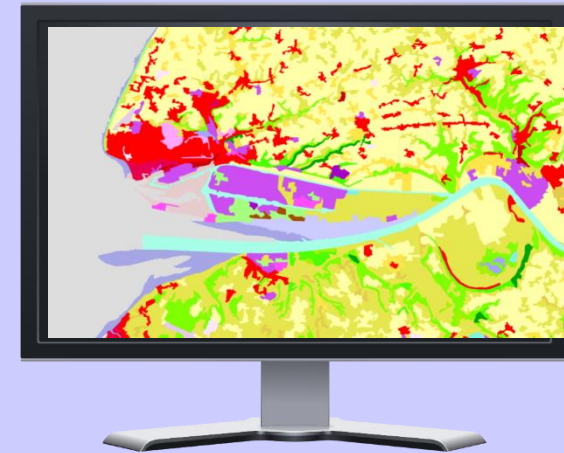


## C'est comme sa carte d'identité de référentiel



On parle de  
référentiel « natif »  
c'est dans ce  
système que sont  
saisies les  
coordonnées

## 2. DANS LES PROPRIETES DE L'AFFICHAGE / ECRAN (CARTE / PROJET)



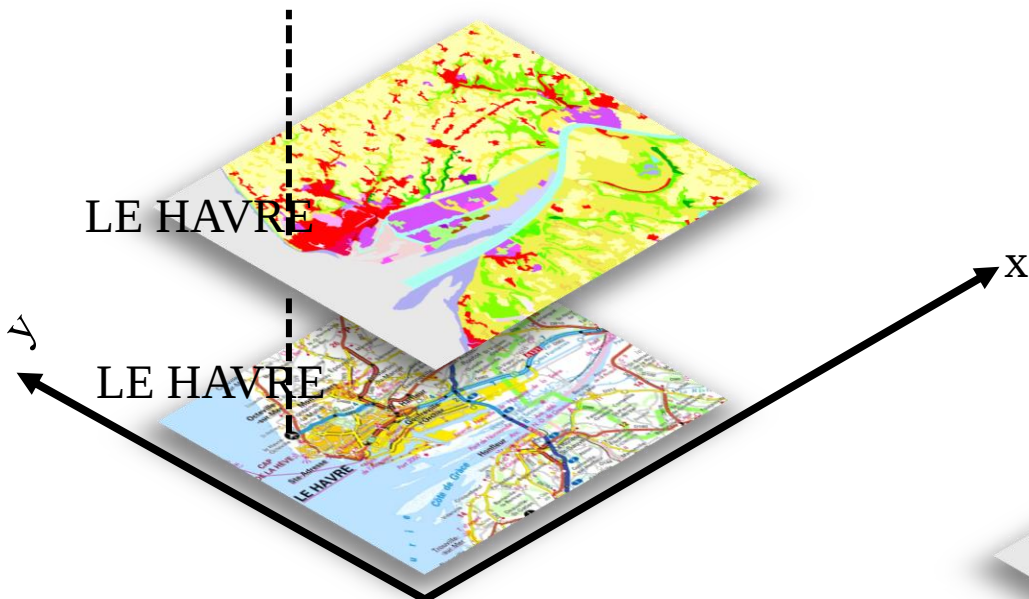
Les coordonnées de toutes les couches doivent être converties dans ce système avant affichage

Il ne peut y avoir qu'un seul référentiel  
à un instant  $t$  à l'écran



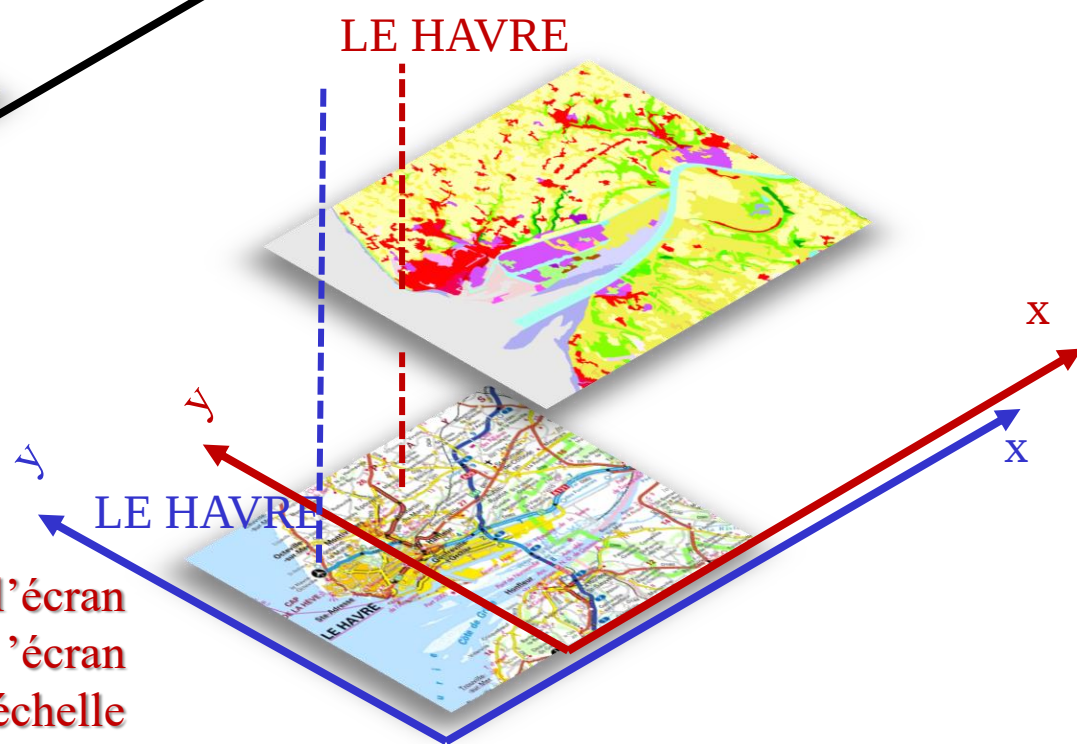
# AFFICHAGE DIRECT DE DEUX COUCHES A L'ECRAN

- 2 couches définies dans le même référentiel géographique



Se superposent à l'écran

- 2 couches définies dans 2 référentiels différents



Ne se superposent pas à l'écran  
décalage à l'écran  
et / ou problème d'échelle

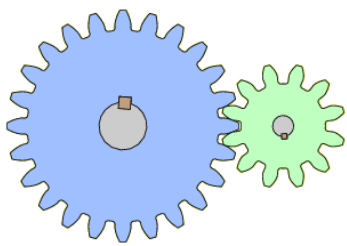
www.agroparistech.fr



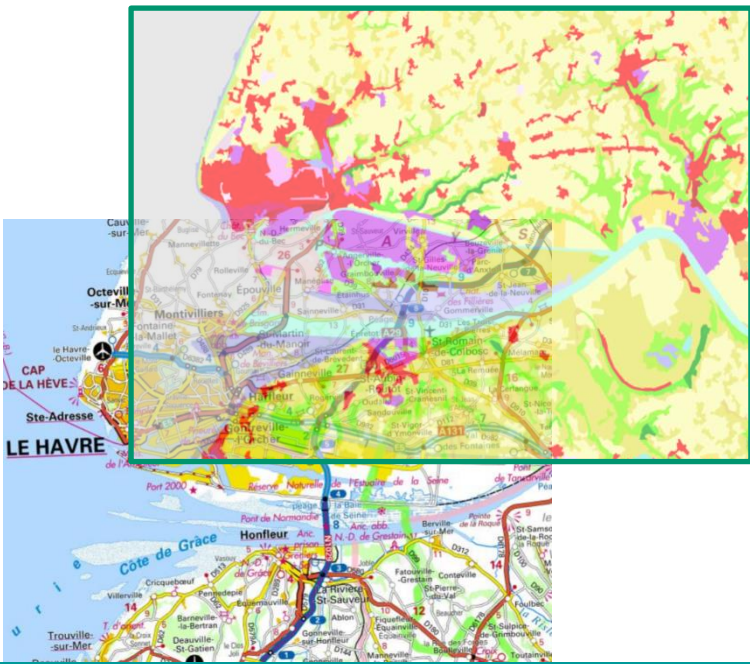
Toutes mes couches doivent être dans le même référentiel dans ma carte ?



dans le temps ... oui



Mais aujourd'hui NON  
grace à la projection à la volée  
dans les logiciels

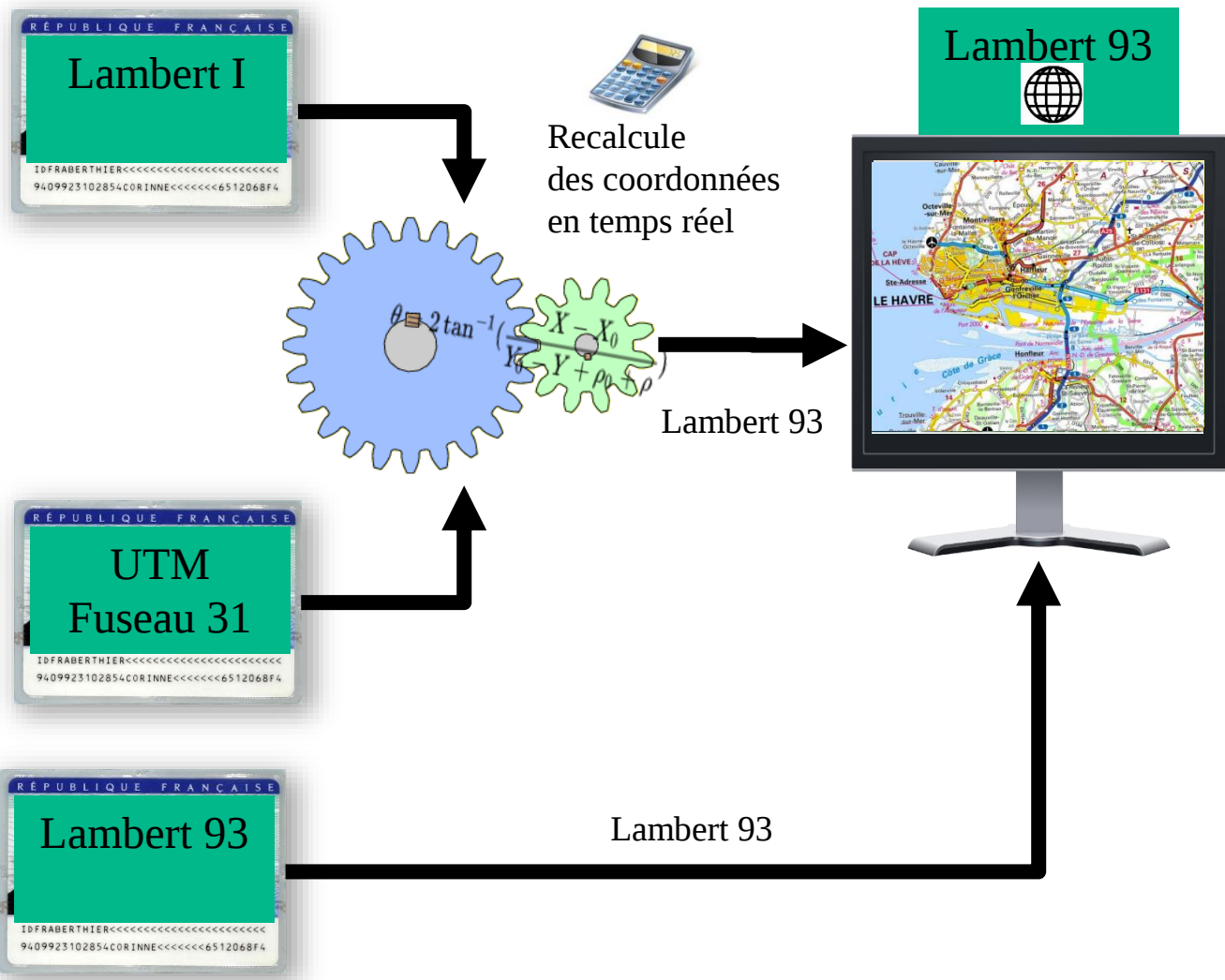
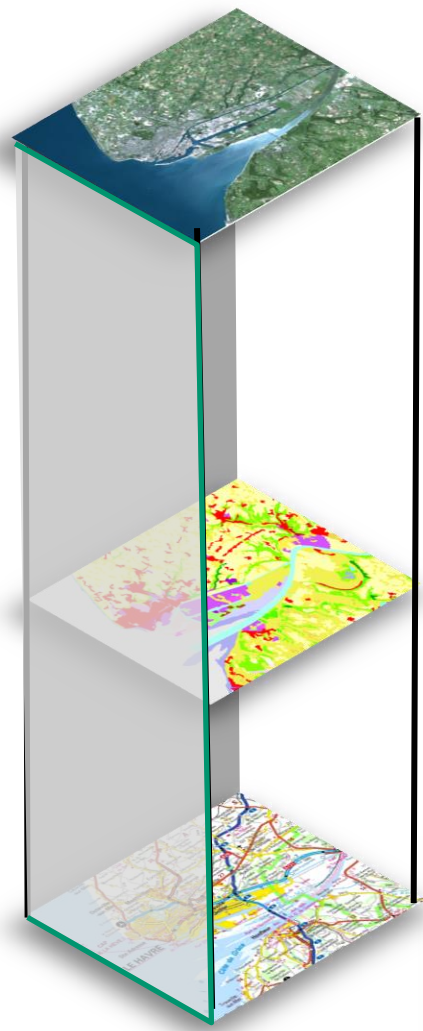


www.agroparistech.fr



# LE MECANISME DE PROJECTION « A LA VOLEE »

www.agroparistech.fr



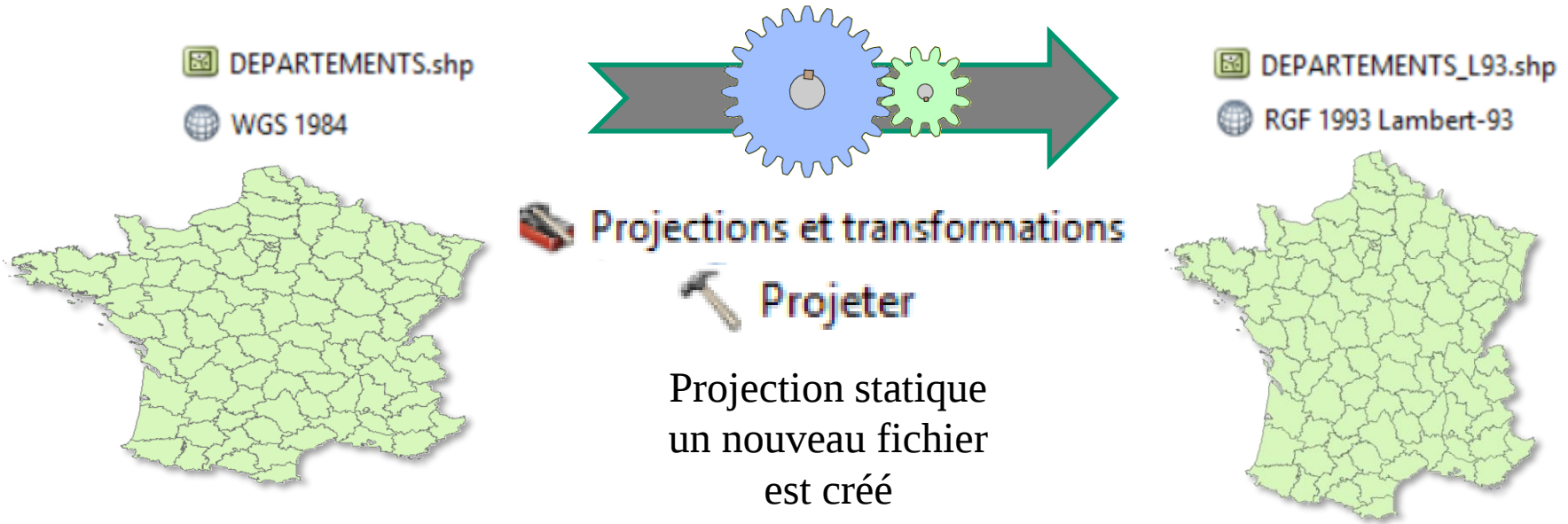


# LE MECANISME DE PROJECTION DYNAMIQUE

## « A LA VOLEE »

- Mécanisme très pratique
  - Mais pas très précis afin d'être rapide (temps réel à l'affichage)
  - Bien adapté pour les couches « d'habillage » peu précises
  - Pour les couches métiers on préférera créer une nouvelle couche dans la bonne projection = reprojection statique
- Couche d'habillage = par ex contours des régions

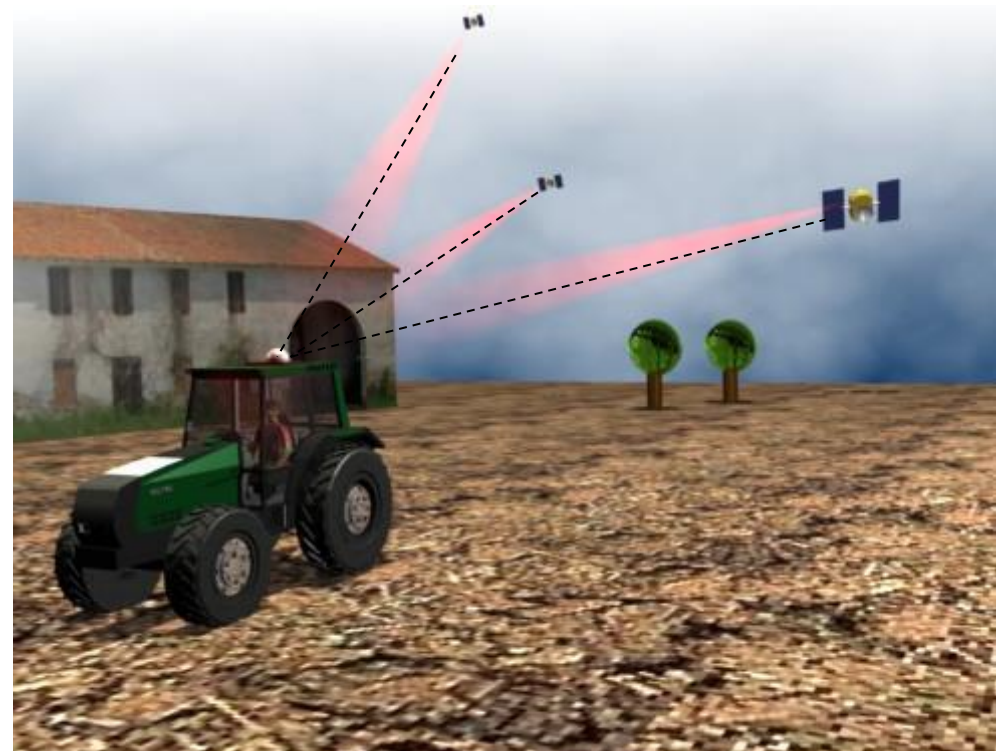
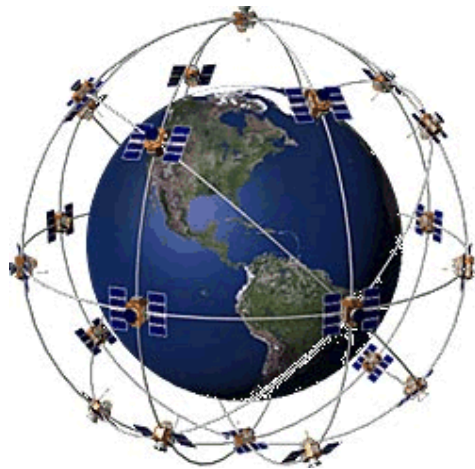
www.agroparistech.fr





## Le système G.P.S. : Global Positioning System

Le GPS (Global Positioning System) est un système de localisation par un réseau satellites mis en place par le département américain de la défense dans les années 1970



AgroParisTech Jean-marc.gilliot@agroparistech.fr 2009

3D blender



On parle aujourd'hui de GNSS:

## **GNSS. Global Navigation Satellite System**

système de positionnement par satellites

Il y a maintenant plusieurs constellations de satellites  
Les appareils GNSS sont souvent multi-constellation



GPS américain



GLONASS : Global Navigation Satellite System Russe



Beidu le GNSS chinois



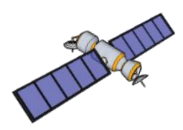
GALILEO

Le système européen de navigation par satellites

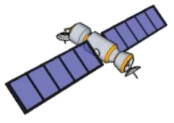


# GPS vs DGPS

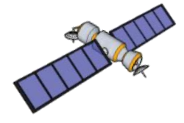
Abonnement omnistar 1600€ TTC/ an



Waas / EGNOS

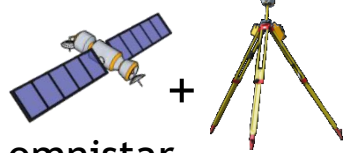


omnistar



omnistar

+ RGP



omnistar



GPS

5m - 20m

100 €



« DGPS »

< 3m

100 €



DGPS

1m

5000 à 10000 €



DGPS

50 cm

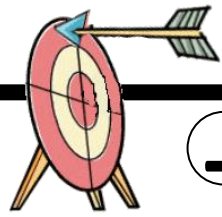
5000 à 10000 €



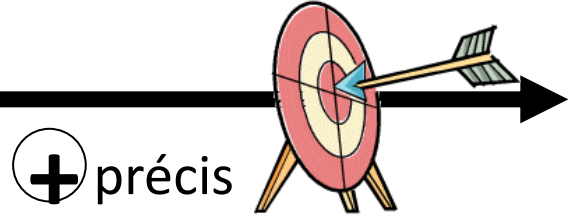
DGPS

centimétrique

2 x 10000 €  
100 000€



- précis

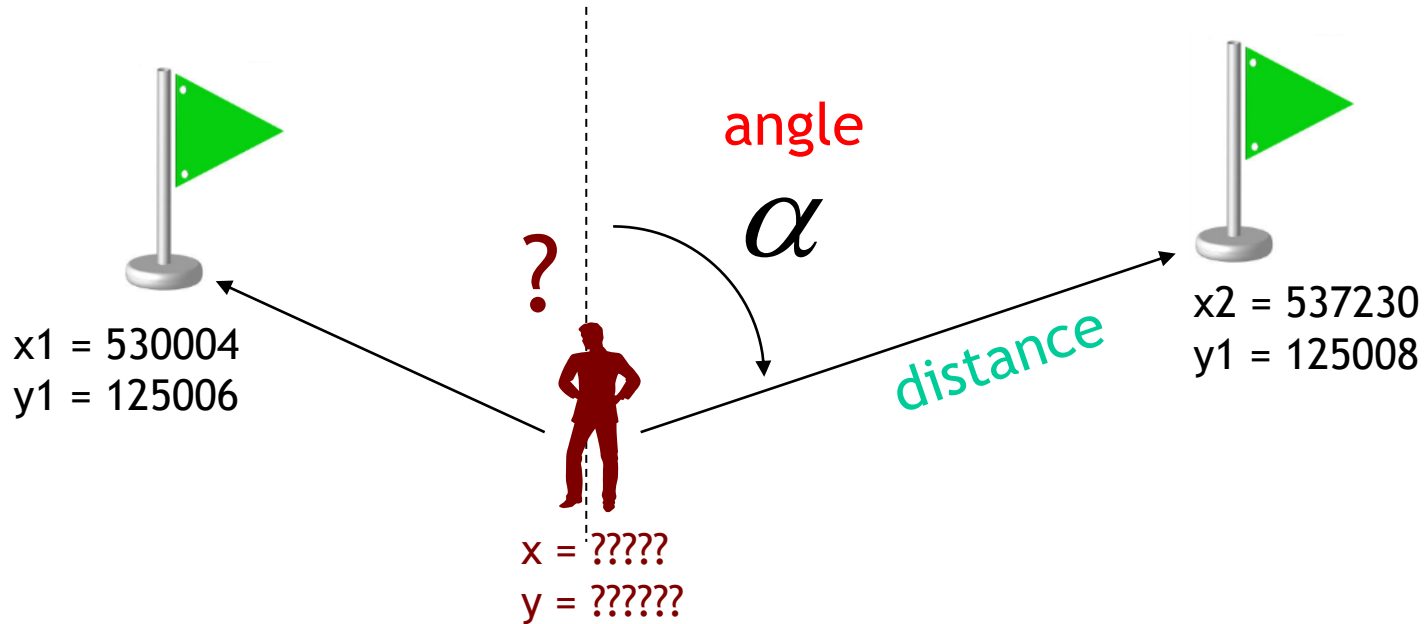


+ précis

www.agroparistech.fr



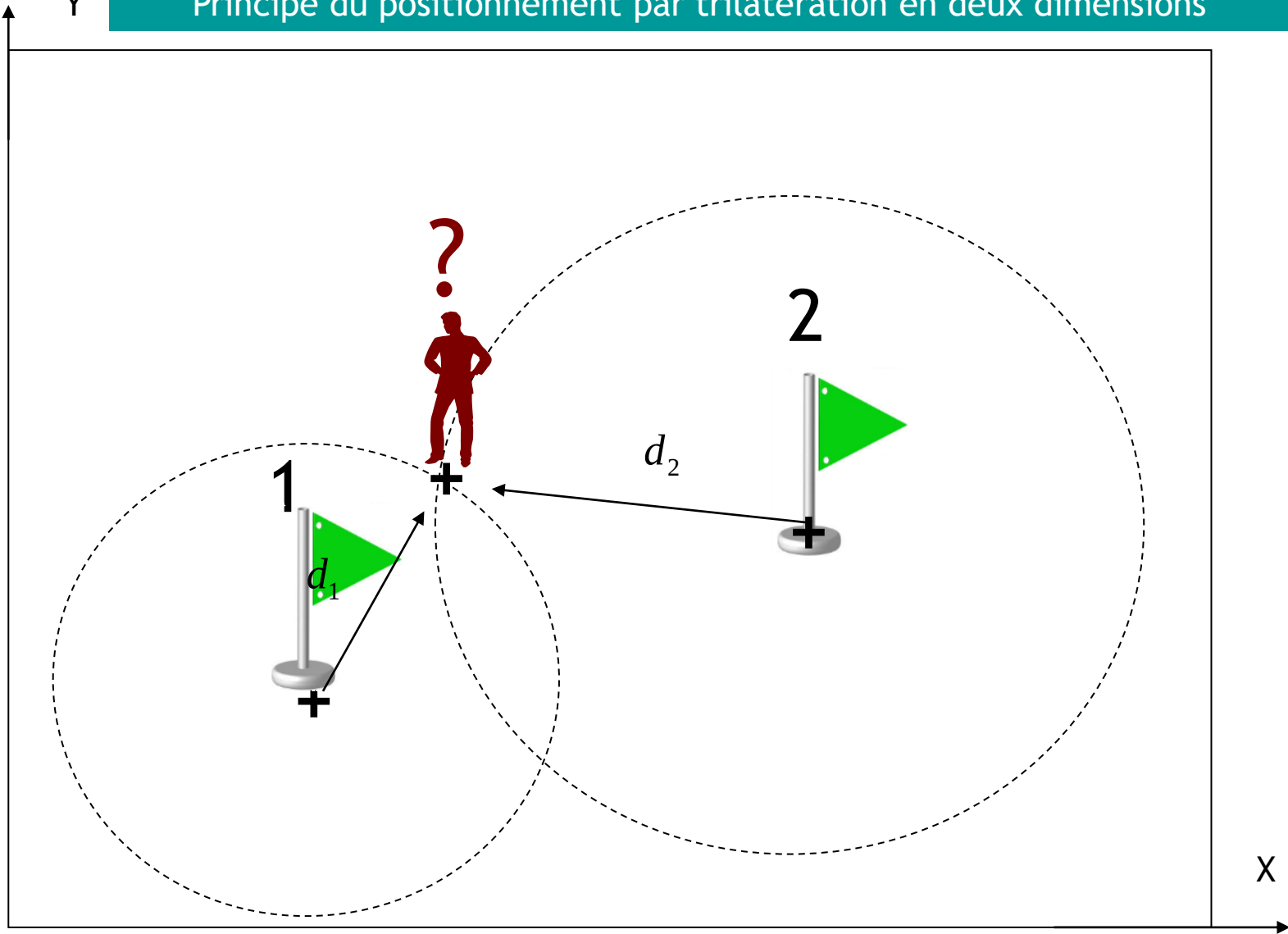
### Localisation Géographique Par rapport à des points de référence de position connue



- **Triangulation** : positionnement par des mesures d'angles
- **Trilatération** : positionnement par des mesures de distances



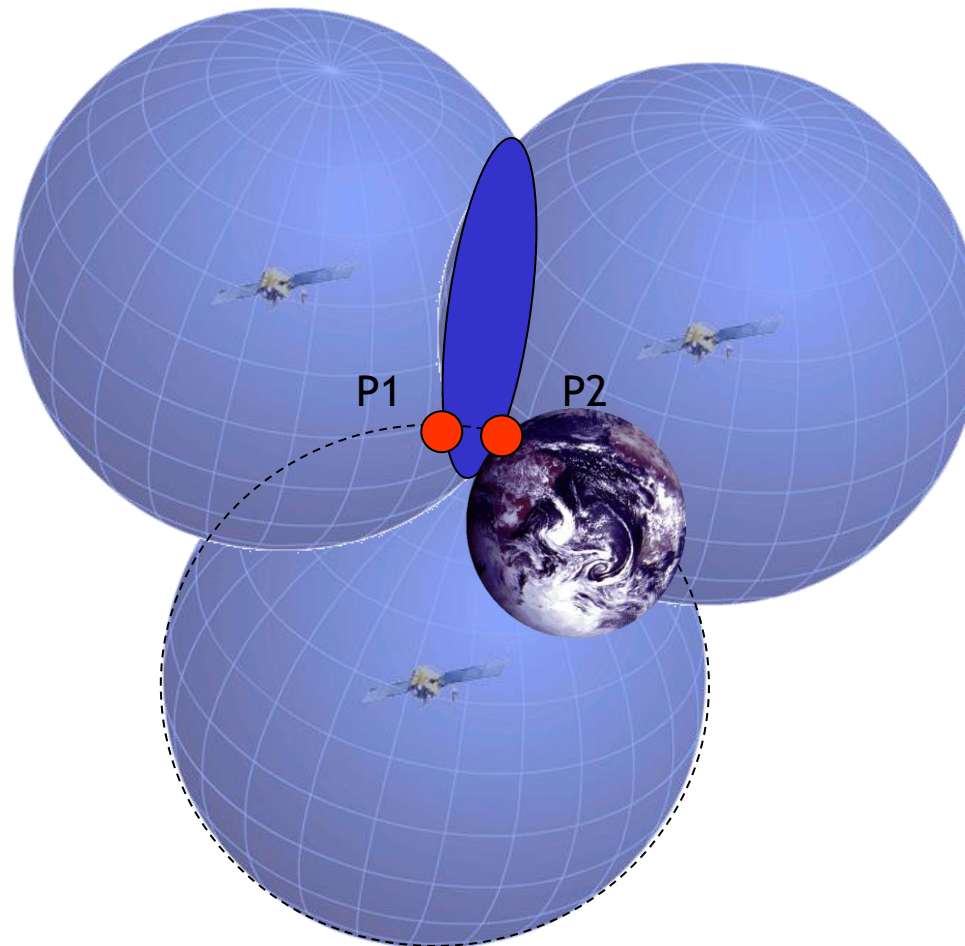
Principe du positionnement par trilatération en deux dimensions



www.agroparistech.fr

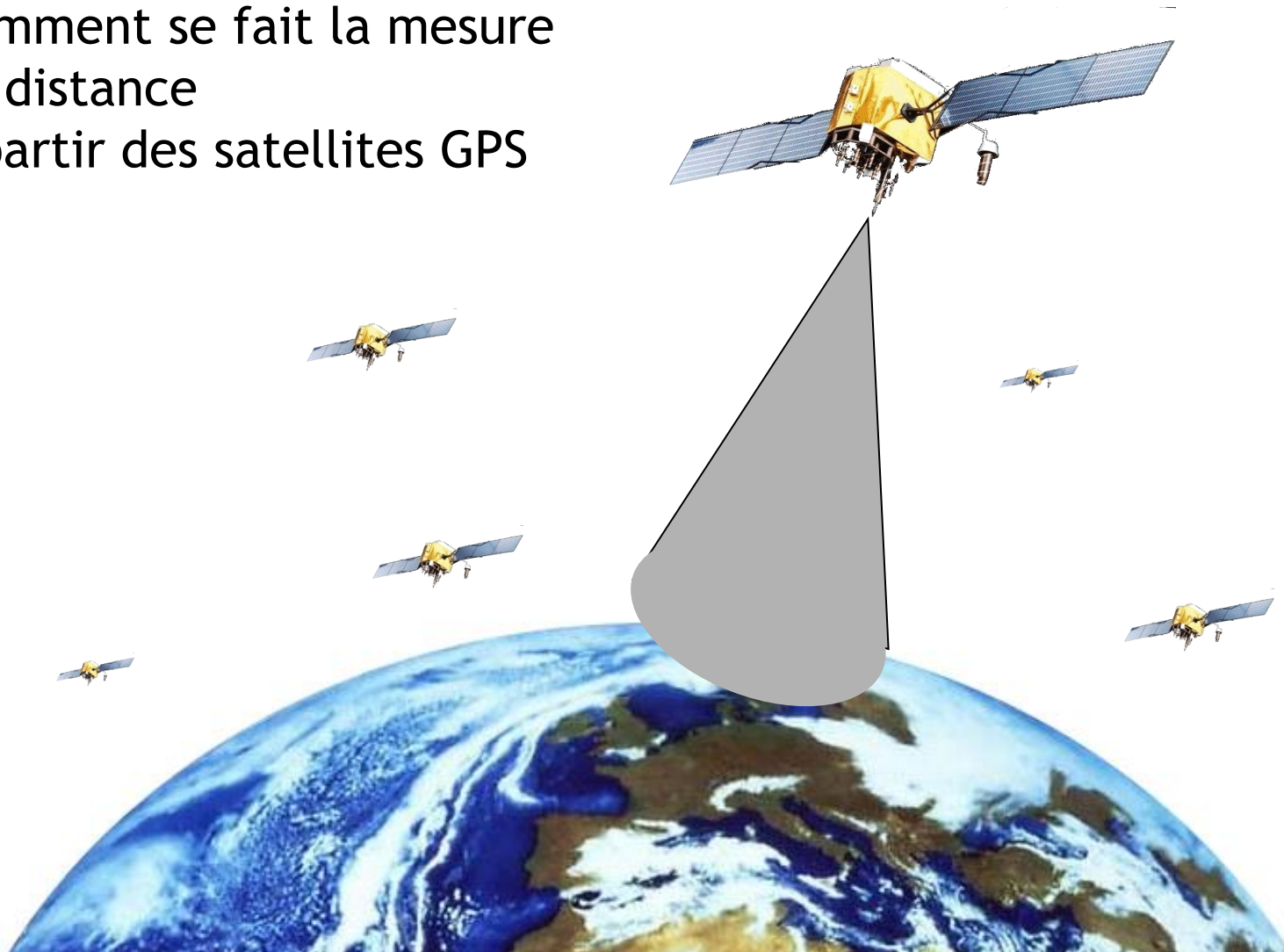


En 3 dimensions: avec des sphères à la place des cercles





Comment se fait la mesure  
de distance  
à partir des satellites GPS





Pour simplifier le satellite envoie  
dans un code, l'heure d'émission du signal



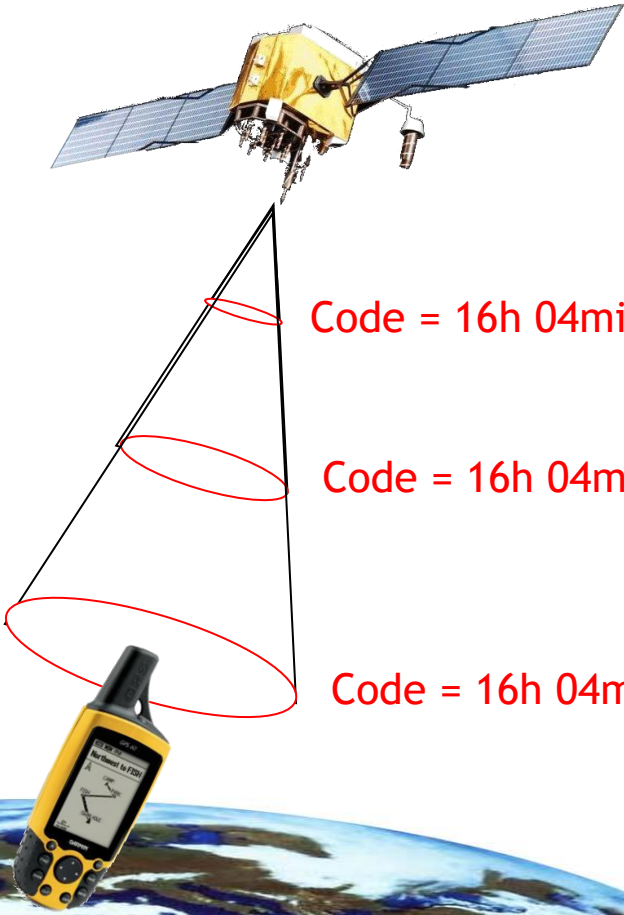
T0 = 16h 04min 01sec 00  
émission du signal



T1 = 16h 04min 01sec 03  
Le signal se propage



T2 = 16h 04min 01sec 06  
Le signal arrive au récepteur



Code = 16h 04min 01sec 00

Code = 16h 04min 01sec 00

Code = 16h 04min 01sec 00

( T2 - code ) = 6 centièmes de seconde =>  $300\,000 \times 6 \cdot 10^{-2} \sim 20\,000 \text{ km}$

www.agroparistech.fr

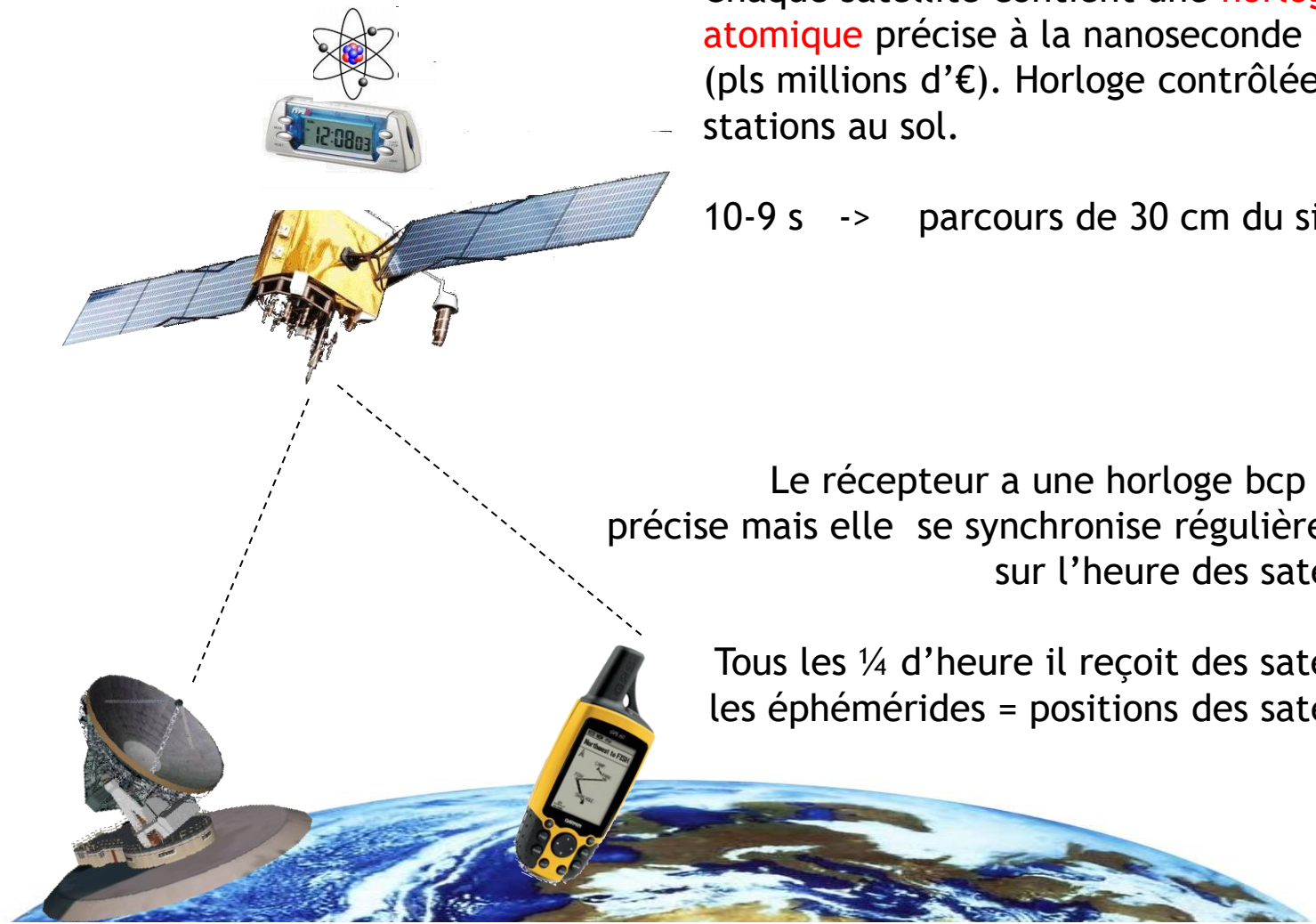


Chaque satellite contient une horloge atomique précise à la nanoseconde =  $10^{-9}$  s (pls millions d'€). Horloge contrôlée par les stations au sol.

$10^{-9}$  s -> parcours de 30 cm du signal

Le récepteur a une horloge bcp moins précise mais elle se synchronise régulièrement sur l'heure des satellites

Tous les  $\frac{1}{4}$  d'heure il reçoit des satellites les éphémérides = positions des satellites



.agroparistech.fr



## GPS et théorie de la relativité

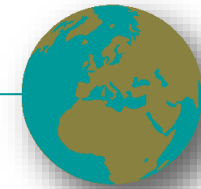


en raison de sa vitesse, une horloge à bord d'un satellite GPS prend quelques microsecondes de retard par jour par rapport à une horloge au sol (principe de relativité restreinte) ;

d'autre part, en raison de son altitude, à cause de la gravitation, elle prend quelques dizaines de microsecondes d'avance par jour sur celle au sol (principe de relativité générale).

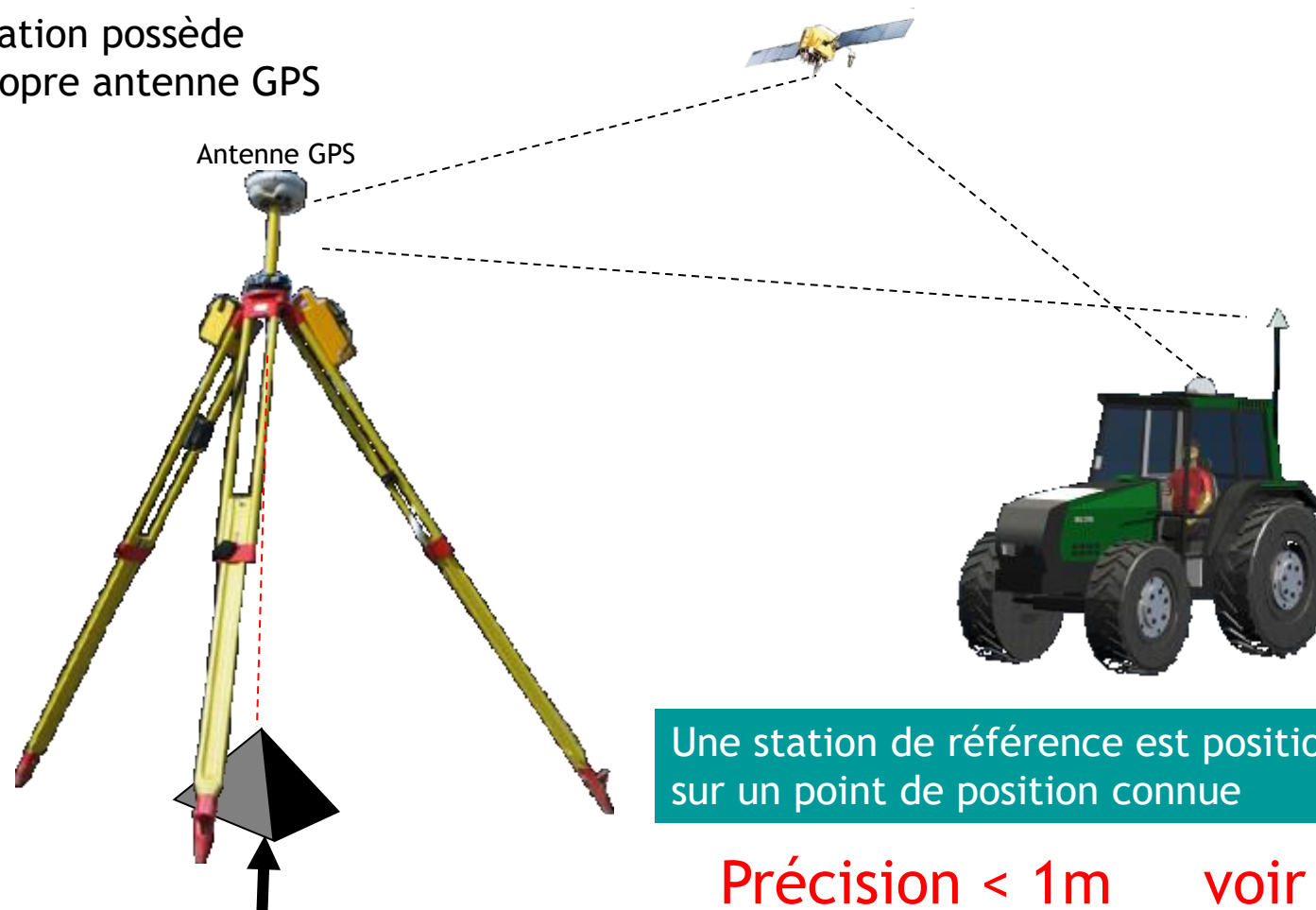
Sans correction, l'estimation de la durée du voyage des signaux GPS serait erronée et la localisation précise serait impossible

Les 2 erreurs relatives sont de l'ordre de  $10^{-10}$  s (soit une nanoseconde par seconde), ce qui donne **une erreur d'environ 10 mètres après 5 minutes.**



# DGPS : GPS différentiel

La station possède sa propre antenne GPS



Une station de référence est positionnée sur un point de position connue

**Précision < 1m voir 1cm**

Borne : coordonnées géographiques connues



La station de référence est positionnée sur un point de position connue

www.agroparistech.fr



borne



Fil à plomb



# 3. TRAITEMENTS SIG: VOIR TD AVEC QGIS

Informatique graphique  
+  
Traitements de base de données



Traitements SIG vecteur

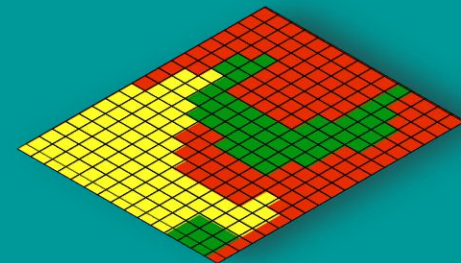


Bases : 1A D1-D3  
Avancées : 2A D3

Traitements type « analyse d'images »



Traitements SIG Raster



3A: IDEA, PIST, IEVU ...  
M2 GSSE



## PLACE A LA PRATIQUE TD S.I.G AVEC QGIS



***Venir au TD  
avec une clé USB***



Dalila Harjar



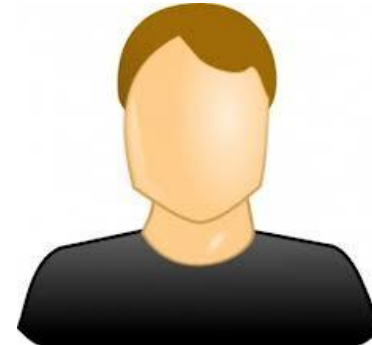
Cristina Manfredotti



Jean-Marc Gilliot



Emmanuelle Vaudour



Michel Cartereau