

# **Modélisation de terrain : calculs de profondeurs, numérisation et données collectées**

Karim Hammoudi

Faculté des Sciences et Techniques  
Université de Haute-Alsace

# Plan

- Principes de calculs de profondeurs
- Systèmes d'acquisition (numérisation)
- Données collectées
- Quelques applications

# Sommaire

- **Principes de calculs de profondeurs**
- Systèmes d'acquisition (numérisation)
- Données collectées
- Quelques applications

# Principes de calcul de profondeurs

## Profondeur issue du laser :

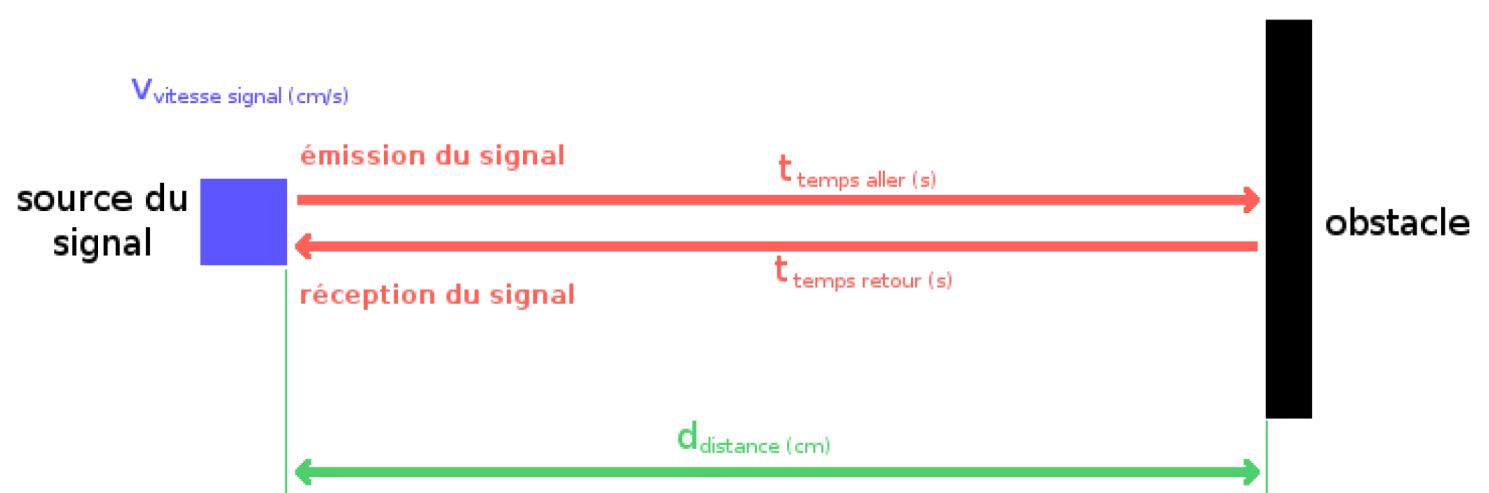
- Un télémètre laser est un appareil permettant de mesurer les distances.



# Principes de calcul de profondeurs

## Profondeur issue du laser :

- Pour mesurer les distances, divers principes
  - En voici un : un rayon laser est projeté sur une cible qui renvoie à son tour le rayon lumineux. Le temps mis par le rayon pour revenir est mesuré et la distance séparant l'utilisateur de la cible est calculée.

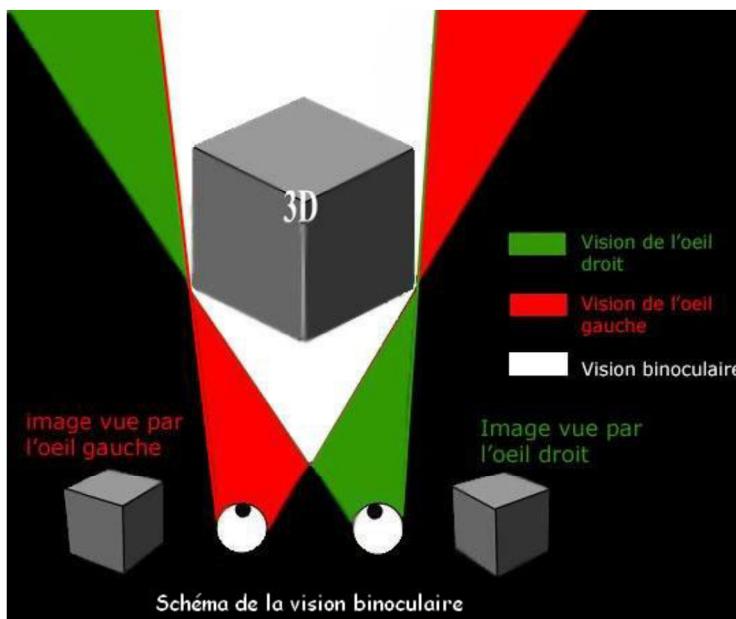


$$d_{\text{distance (cm)}} = V_{\text{vitesse signal (cm/s)}} \times \frac{t_{\text{temps retour (s)}} + t_{\text{temps aller (s)}}}{2}$$

# Principes de calcul de profondeurs

## Profondeur issue d'images :

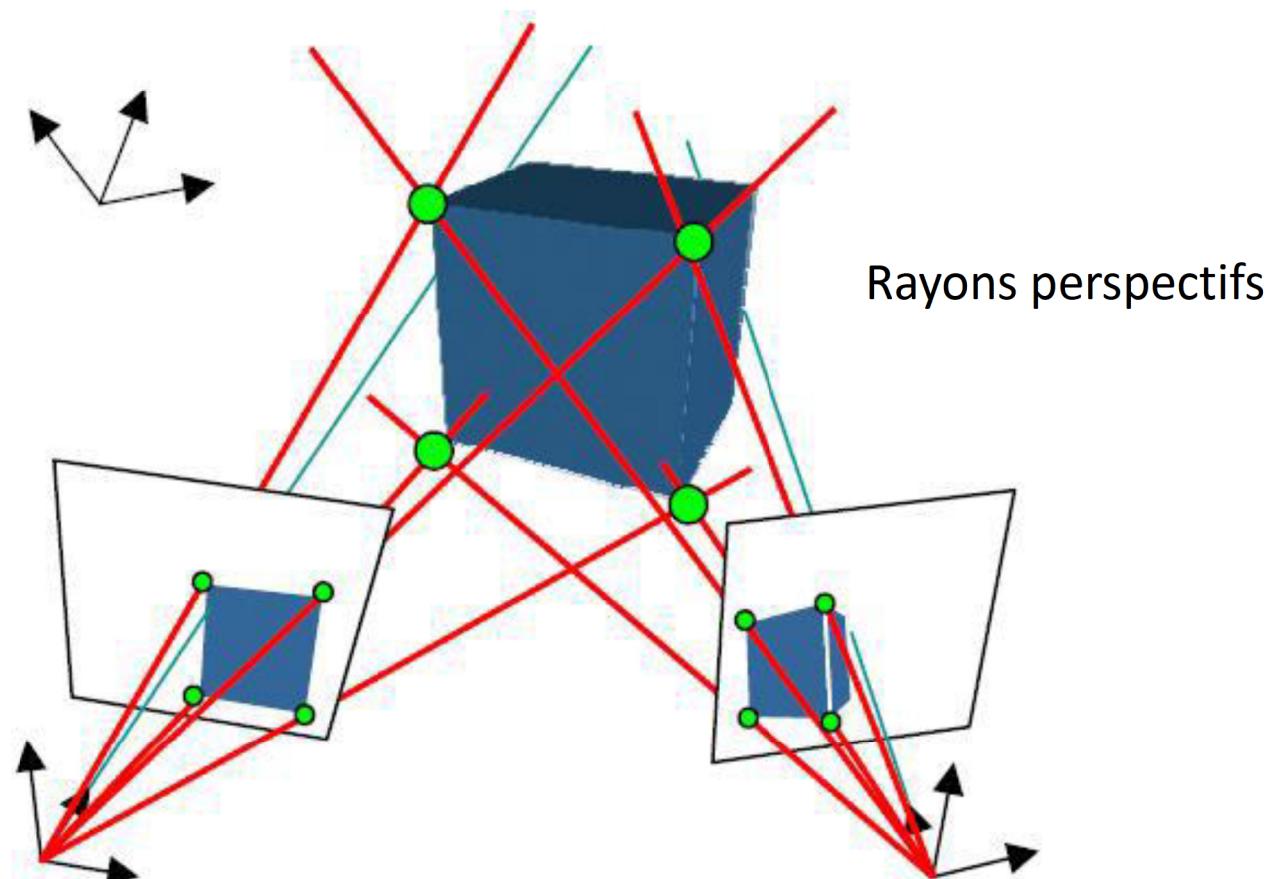
- La vision binoculaire ou stéréovision
  - Elle permet de percevoir le monde qui nous entoure en relief. Quand le cerveau reçoit les deux images transmises par les nerfs optiques, il les associe en repérant les points communs aux images et en les superposant créant la sensation de relief chez l'Homme, le cerveau classe inconsciemment les objets par ordre de profondeur.



# Principes de calcul de profondeurs

## Profondeur issue d'images :

- La stéréoscopie
  - La partie reconstructible en 3D est celle commune aux deux images

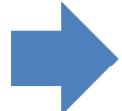


# Principes de calcul de profondeurs

## Profondeur issue d'images :

- Une paire d'images stéréoscopiques
  - Une même caméra qui se déplace
  - Deux caméras
  - Connaissance de la position et de l'orientation des caméras (paramètres extrinsèques)
  - Connaissance de la focale, des coefficients de distorsion, des coordonnées de la projection du centre optique de la caméra sur le plan image, etc (paramètre intrinsèques)

### Le calibrage :

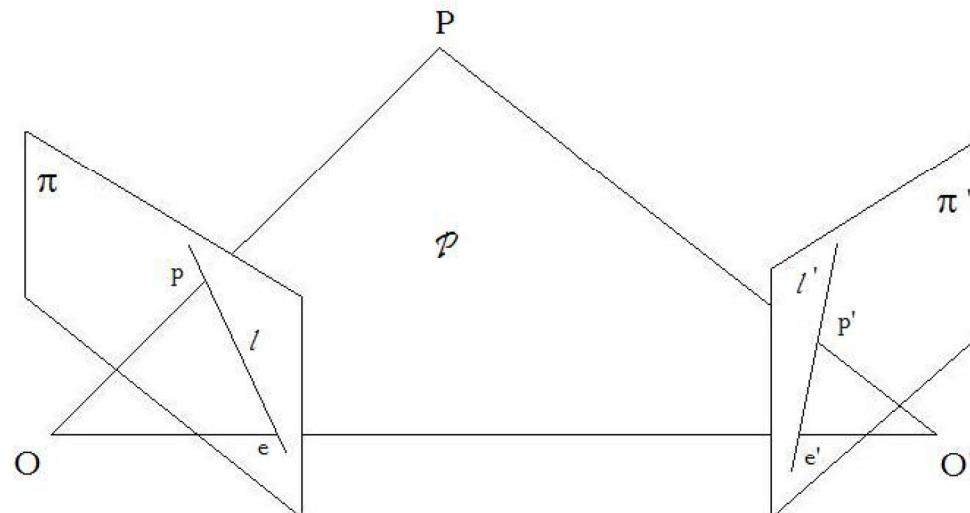


- D'une caméra
- D'un système stéréoscopique

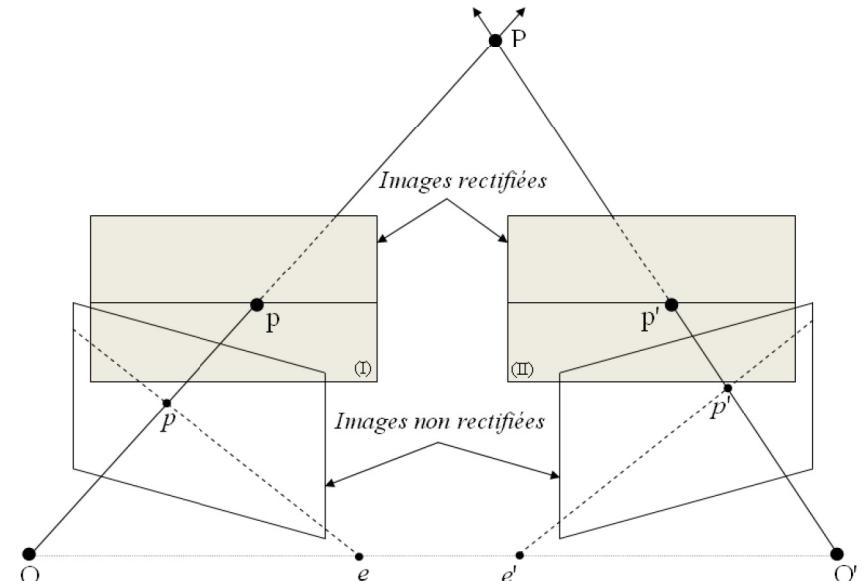
# Principes de calcul de profondeurs

## Profondeur issue d'images :

- La géométrie épipolaire
  - La recherche de correspondances



Contrainte épipolaire

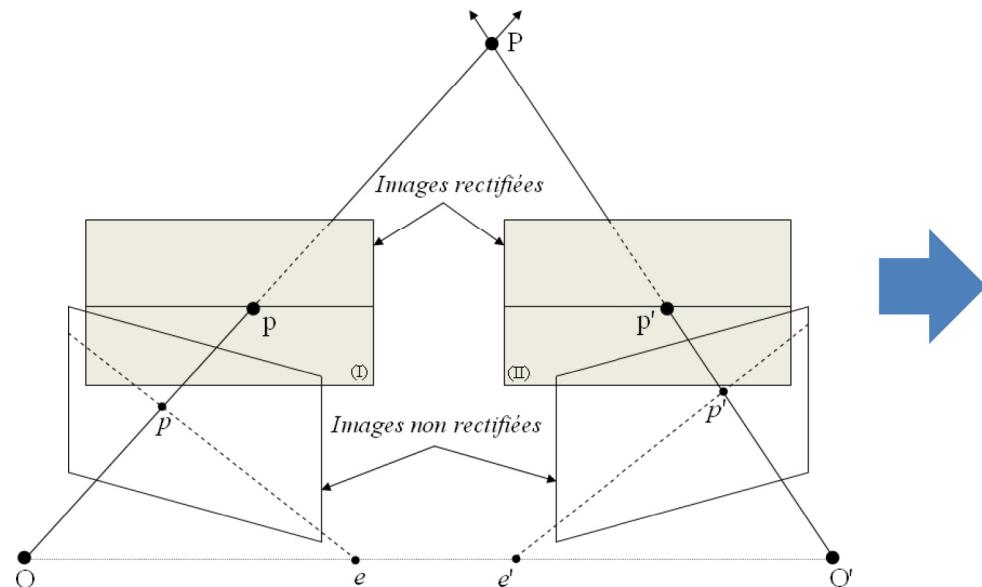


Rectification des images

# Principes de calcul de profondeurs

## Profondeur issue d'images :

- La géométrie épipolaire
  - La recherche de correspondances



Rectification des images

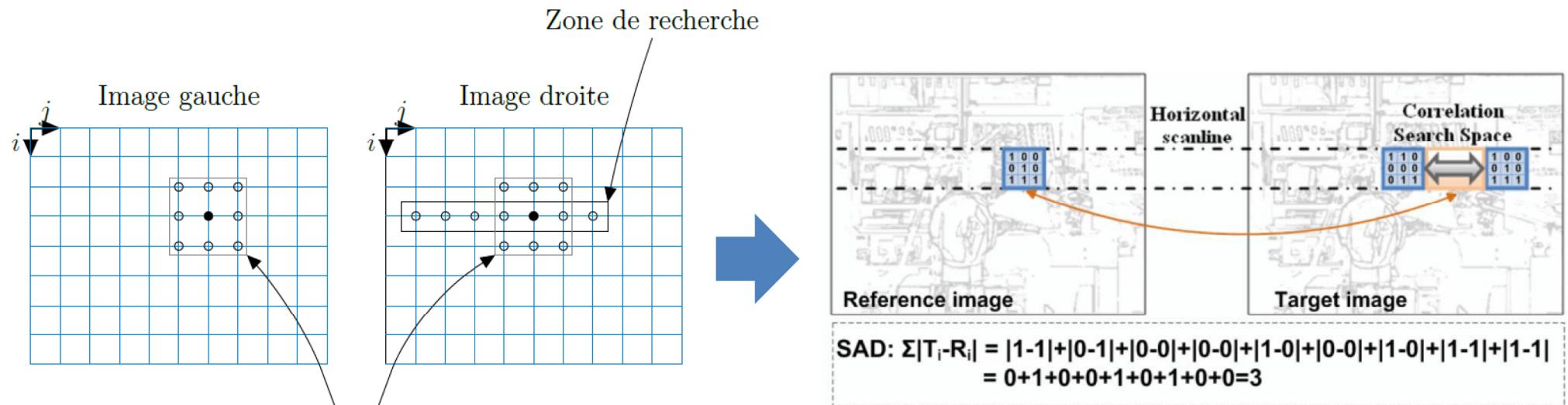
250	210	200	222	255	100	150	188	200	230
180	112	200	200	210	190	180	188	160	200
100	200	50	200	140	90	50	50	170	180
180	112	200	200	210	190	180	188	160	140
180	100	158	200	210	190	180	188	160	200
110	210	210	222	255	100	150	188	200	230

Des difficultés?

# Principes de calcul de profondeurs

## Profondeur issue d'images :

- Mise en correspondance de pixel (pixel matching)



Exemple de block matching



Vérification de contraintes d'ordre,  
d'unicité, etc

# Principes de calcul de profondeurs

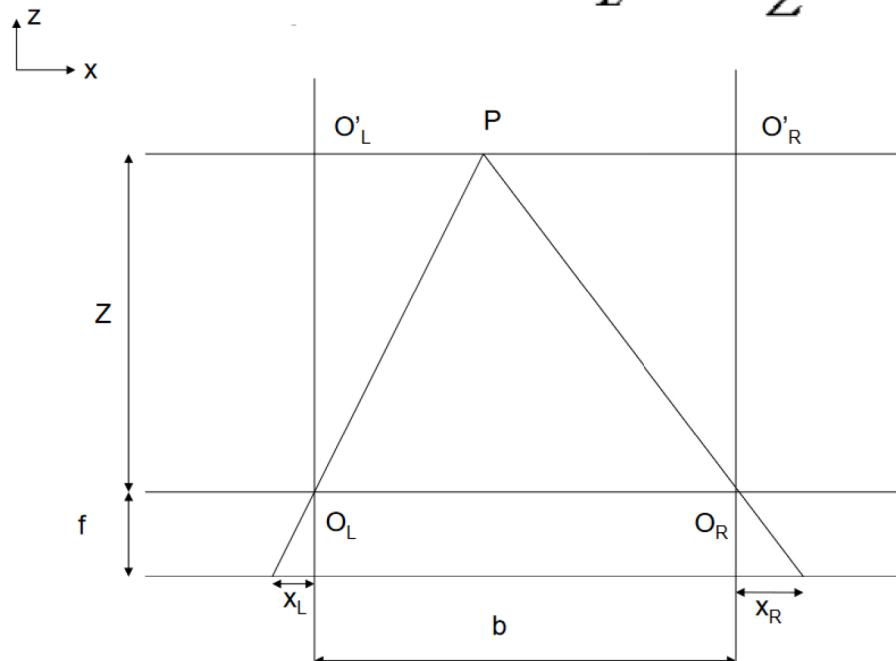
## Profondeur issue d'images :

### ■ Profondeur à partir de disparités

The similar triangles theorem (Thales) links the distances on the camera sensors ( $x_L$  and  $x_R$ ) to the distances  $O'_L P$ ,  $O'_R P$  and  $f$

$$x_L = \frac{f \times O'_L P}{Z}$$

$$x_R = \frac{f \times O'_R P}{Z}$$



$$\begin{aligned}d_P &= x_L - x_R \\&= \frac{f}{Z} (\overline{O'_L P} - \overline{O'_R P}) \\&= \frac{f}{Z} (\overline{O'_L P} + \overline{P O'_R}) \\&= \frac{f}{Z} \overline{O'_L O'_R} = \frac{f}{Z} b\end{aligned}$$

where

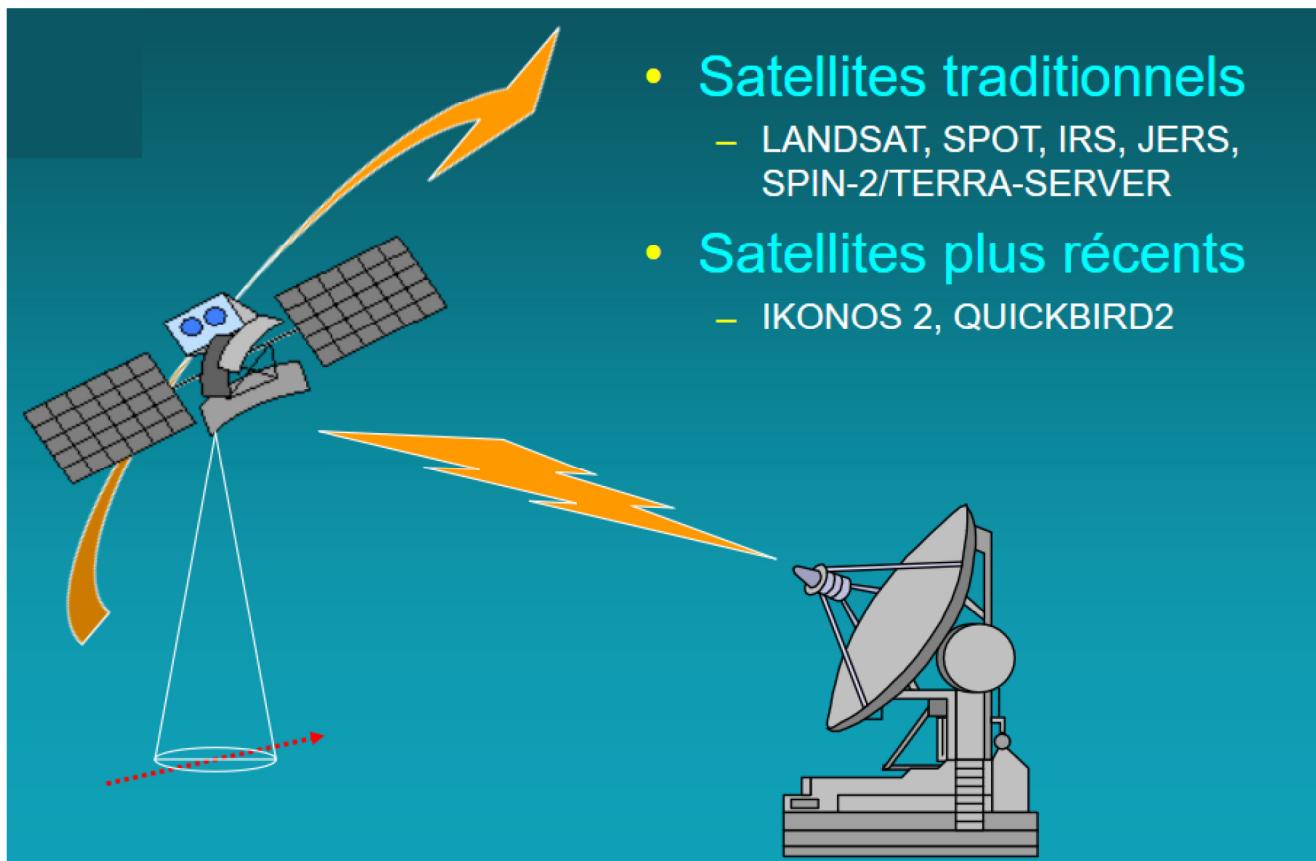
Z = distance along the camera Z axis (meters)  
f = focal length (meters)  
B = baseline (in metres)  
d = disparity (in pixels)

# Sommaire

- Principes de calculs de profondeurs
- **Systèmes d'acquisition (numérisation)**
- Données collectées
- Quelques applications

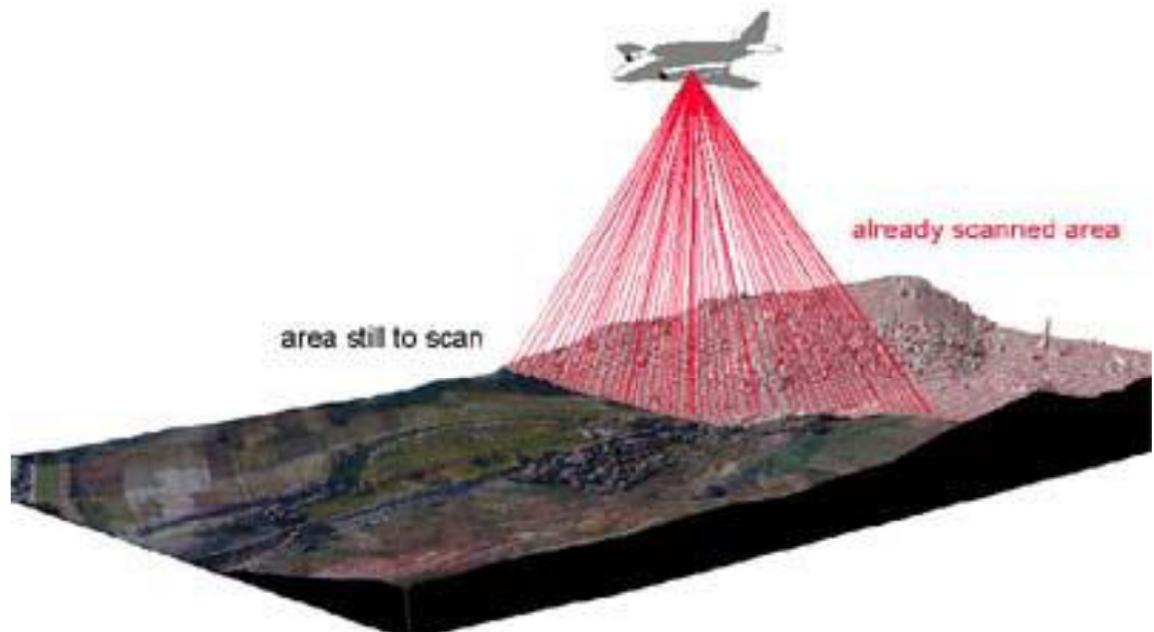
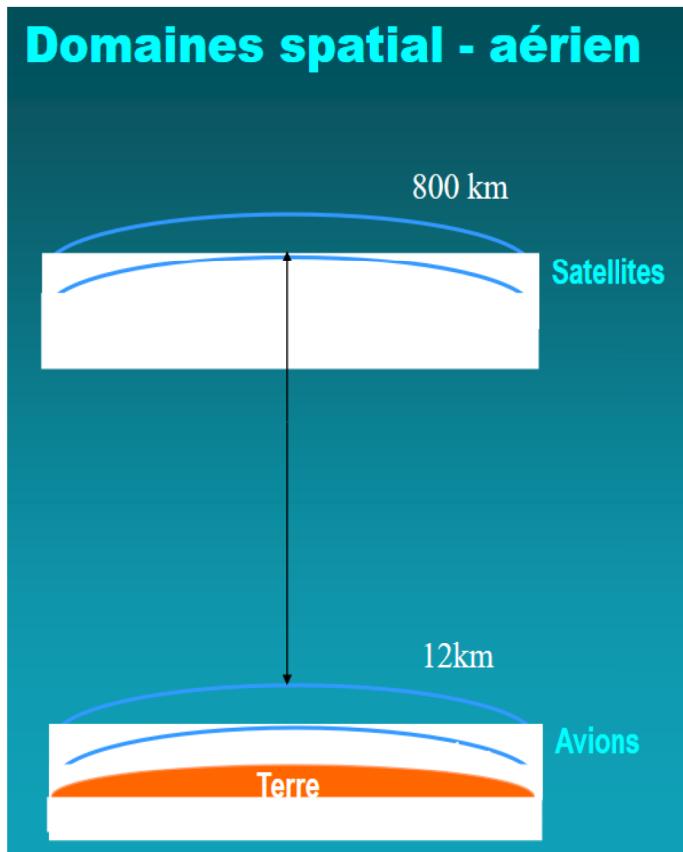
# Systèmes d'acquisition

## ■ Systèmes d'imagerie satellitaires



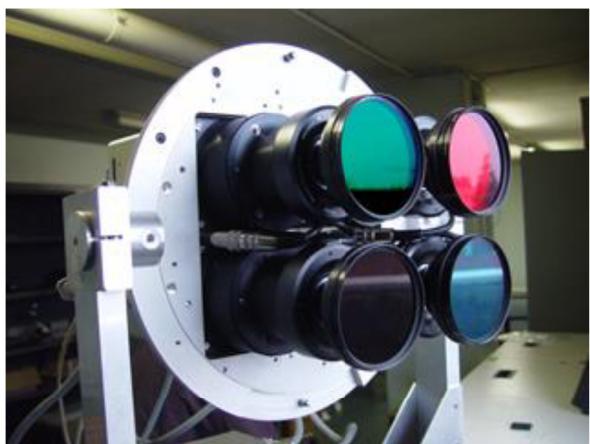
# Systèmes d'acquisition

## ■ Systèmes laser aéroportés



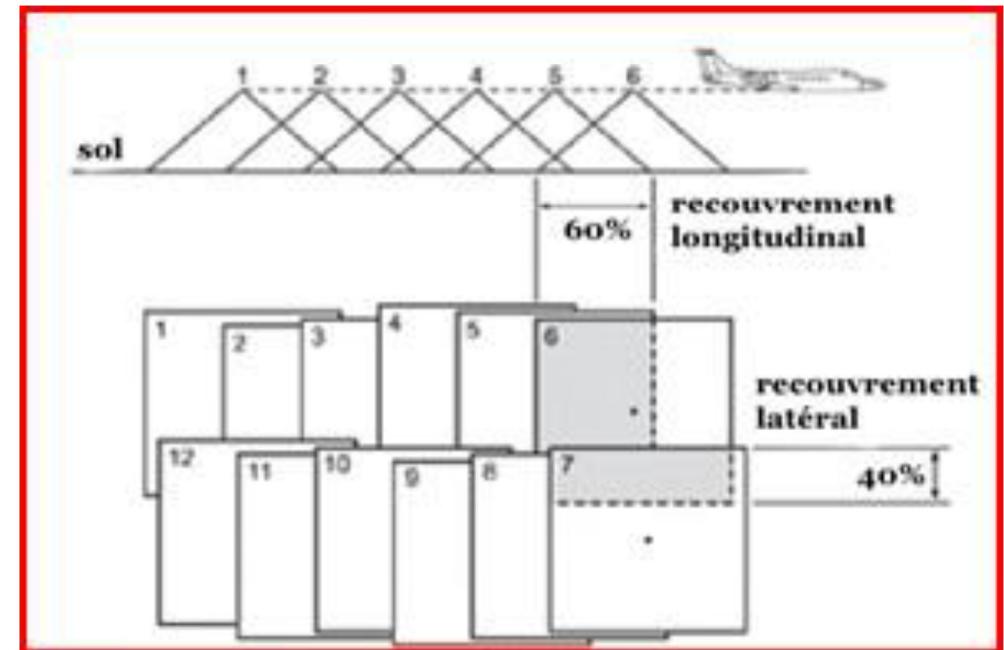
# Systèmes d'acquisition

- Systèmes de caméra numérique aéroportée



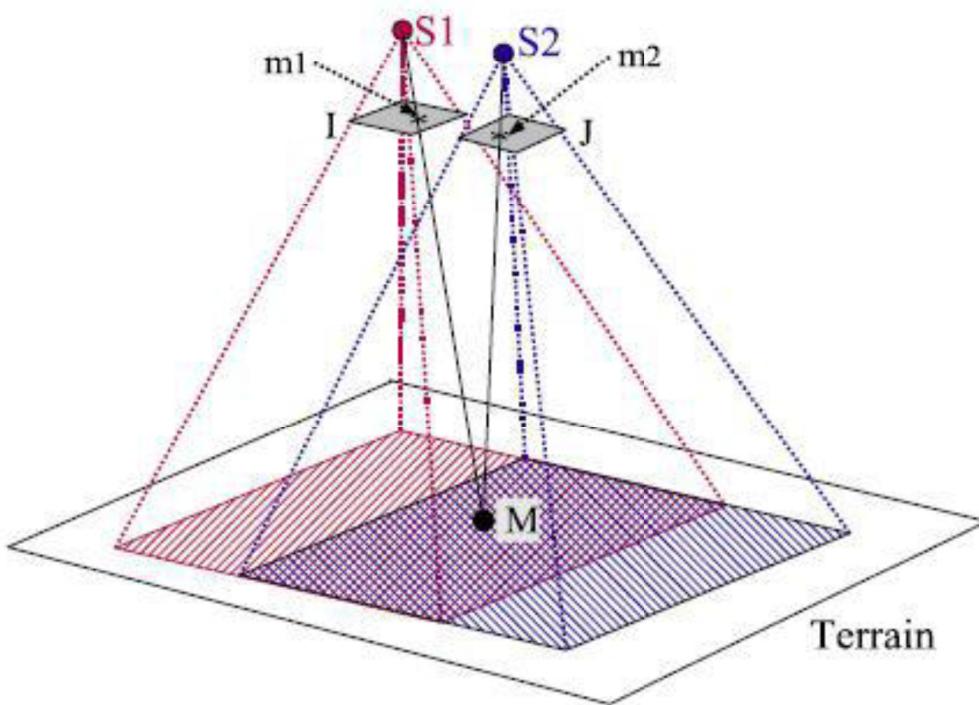
# Systèmes d'acquisition

- Systèmes de caméra numérique aéroportée

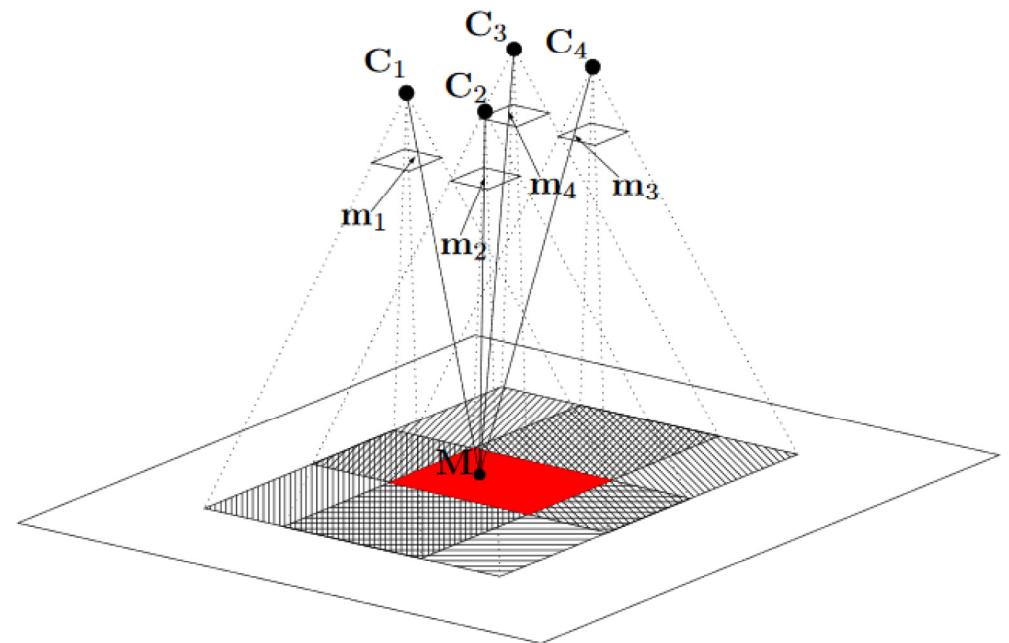


# Systèmes d'acquisition

- Systèmes de caméra numérique aéroportée



Stéréoscopie



Multiscopie

# Systèmes d'acquisition

- Systèmes d'acquisition d'images aériennes par drone



# Systèmes d'acquisition

- Systèmes d'acquisition laser et image terrestres véhiculaires



# Systèmes d'acquisition

- Robot mobile avec LIDAR



# Systèmes d'acquisition

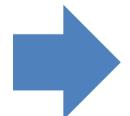
- Systèmes d'acquisition laser et image terrestres sur trépied (LIDAR)



# Systèmes d'acquisition

- Caractéristiques :

- Disponibilité matériel
- Portée
- Précision
- Densité
- Résolution
- Temps de traitement applicatifs
- Coût



**Chaque type de système sera fonction des applications :**

Cartographie, Imagerie robotique (navigation), Archéologie, Sauvegarde du patrimoine, Cartographie d'urgence, Surveillance, Imagerie de synthèse (augmenter le réalisme de simulateurs), ...

# Sommaire

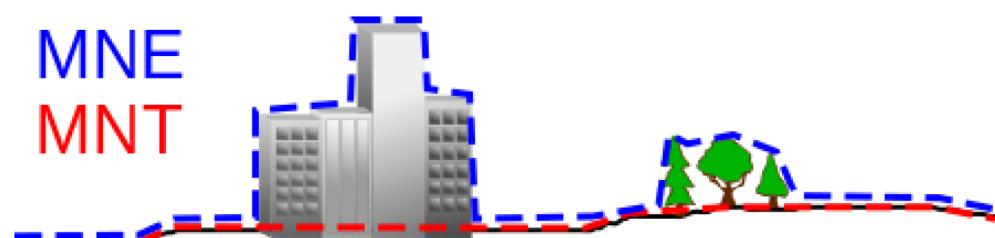
- Principes de calculs de profondeurs
- Systèmes d'acquisition (numérisation)
- **Données collectées**
- Quelques applications

# Données collectées

- Nuage de points 3D
  - Structurés :
    - Modèle Numérique d'Elévation
    - Modèle Numérique de Surface
  - Non structurés :
    - Ex : Lidar
- Images :
  - Conventionnelles
  - Ortho-images (ex : images aériennes)

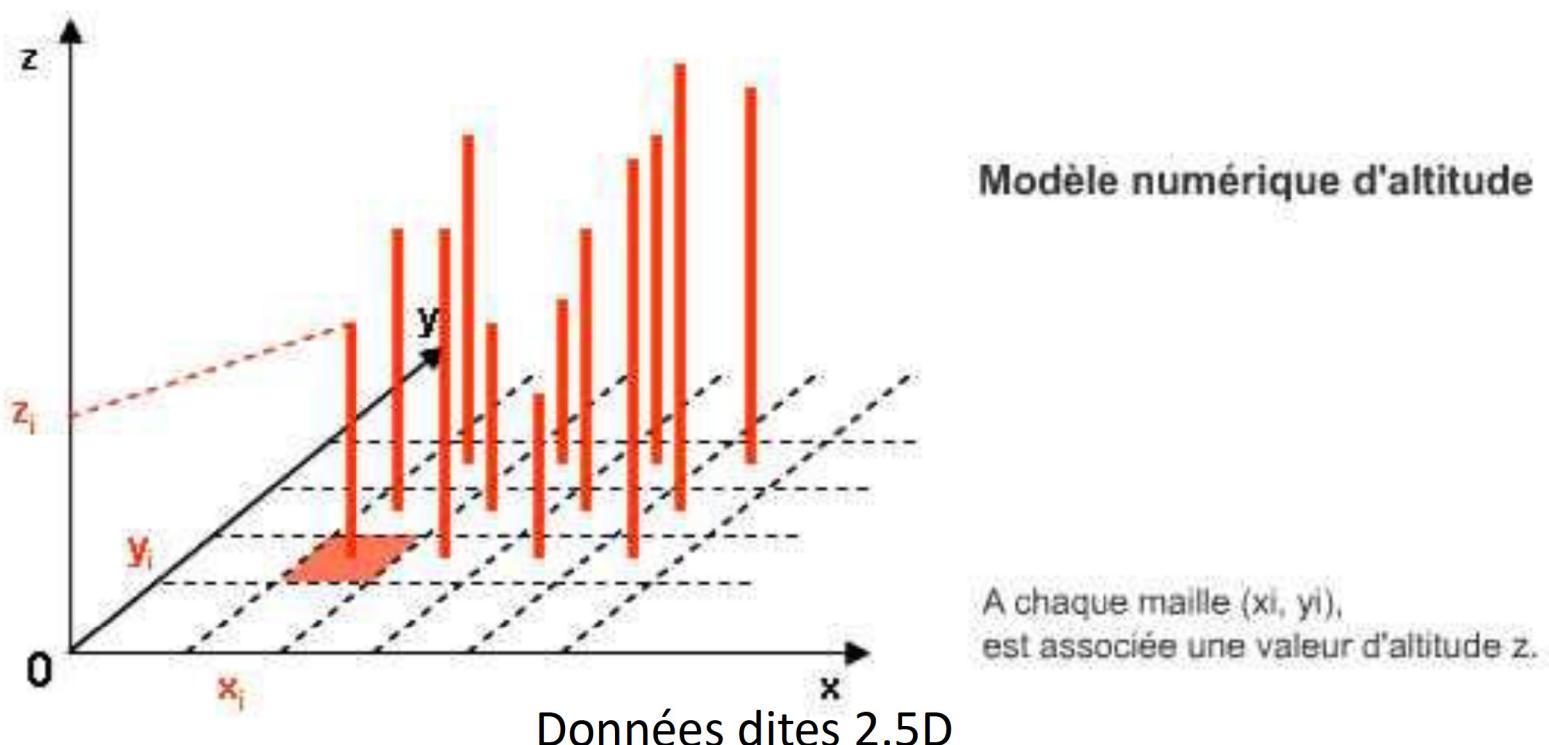
# Données collectées

- Modèle Numérique d'Elévation (MNE) :
  - Il s'agit d'une représentation des élévations sur un terrain comprenant la végétation et les bâtiments.
- Modèle Numérique de Terrain (MNT) :
  - Il sagit d'une représentation 3D de la surface d'un terrain créée à partir des données d'altitude du terrain. Le MNT ne prend pas en compte les objets présents à la surface du terrain.



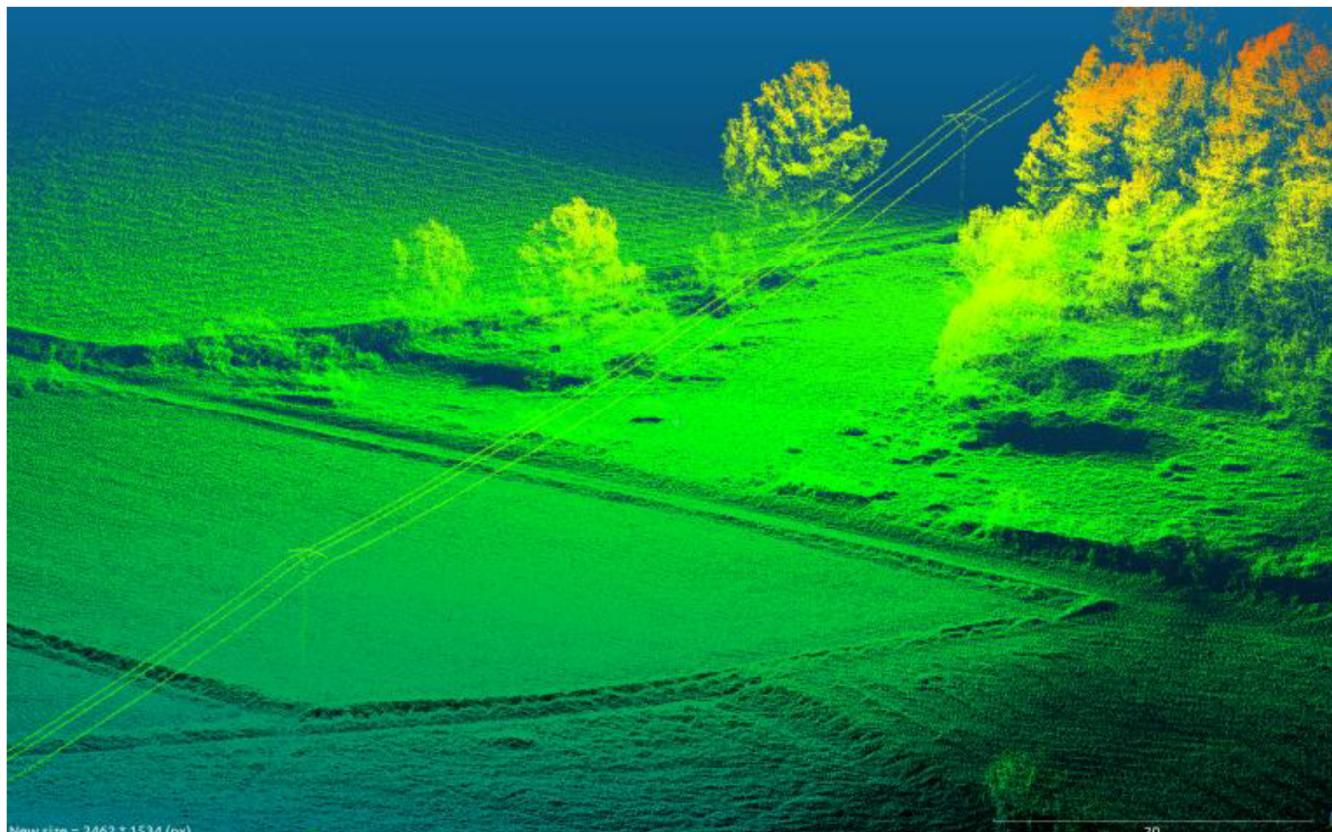
# Données collectées

- MNE et MNT sont des modèles numériques d'altitude dérivés d'images ou de données laser :
  - Données structurées selon une grille régulière
  - Nuage de points 3D (difficultés de représentation?)



# Données collectées

- Données lidar
  - Nuage de points 3D dense colorisé



Que représentent les couleurs?

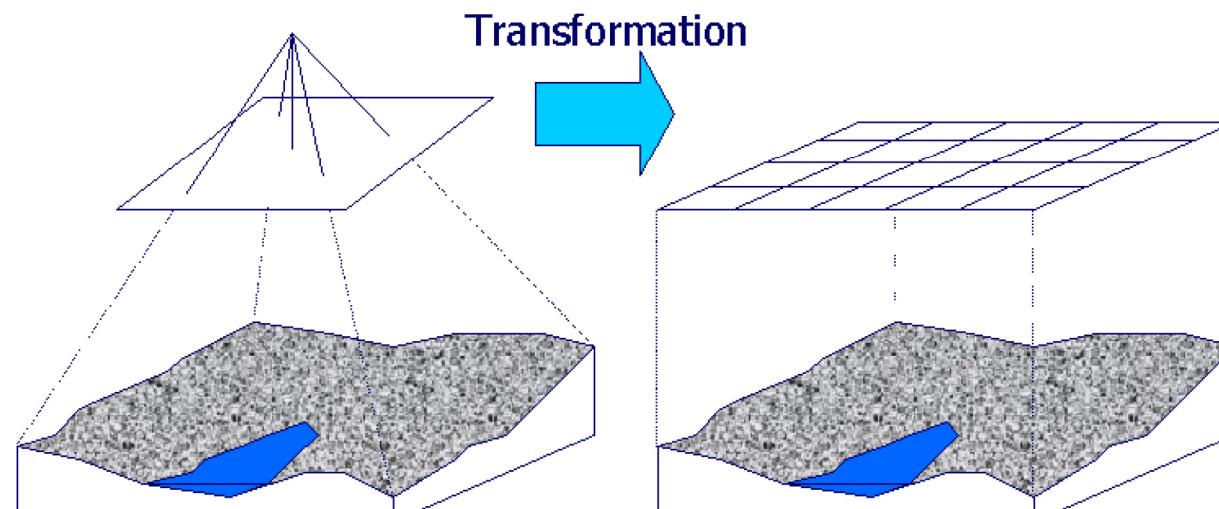
# Données collectées

- Ortho-image :

- Image aérienne ou satellite déformée de manière à être superposable à une carte

Perspective  
Projection

Orthographic  
Projection



Rétro-projection et interpolation

# Sommaire

- Principes de calculs de profondeurs
- Systèmes d'acquisition (numérisation)
- Données collectées
- Quelques applications

# Quelques applications

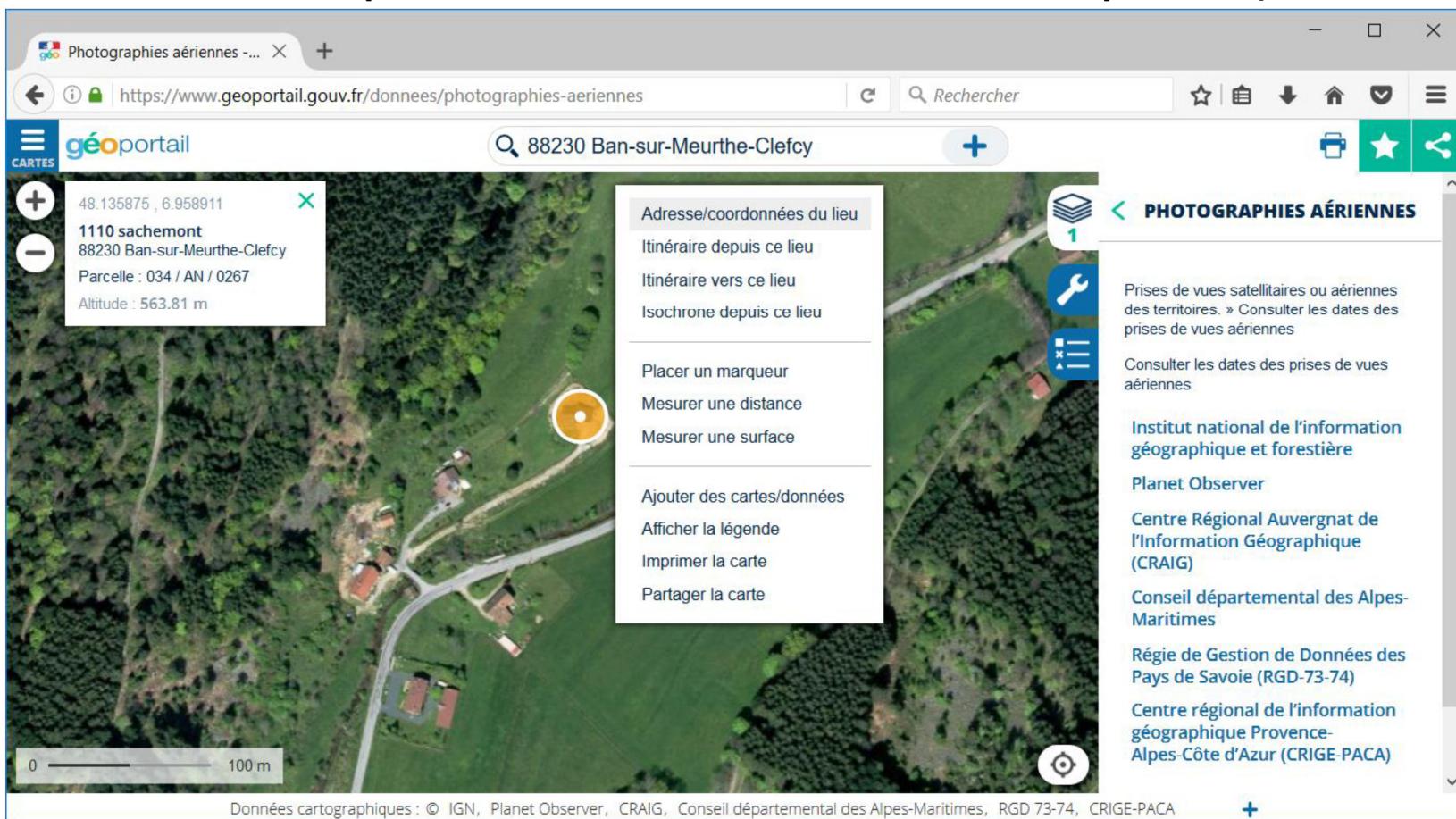
- Le geoportail :

<https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/photographies-aerielles>

- Saisir l'adresse : 88230 Ban-sur-Meurthe-Clefcy
- Des données d'altitudes sont superposées aux images
  - Mesurer une distance entre 2 points
  - Identifier la position 2D et l'altitude d'un point
  - Trouver les coordonnées d'un point dans un référentiel choisi
  - Etablir un profil altimétrique

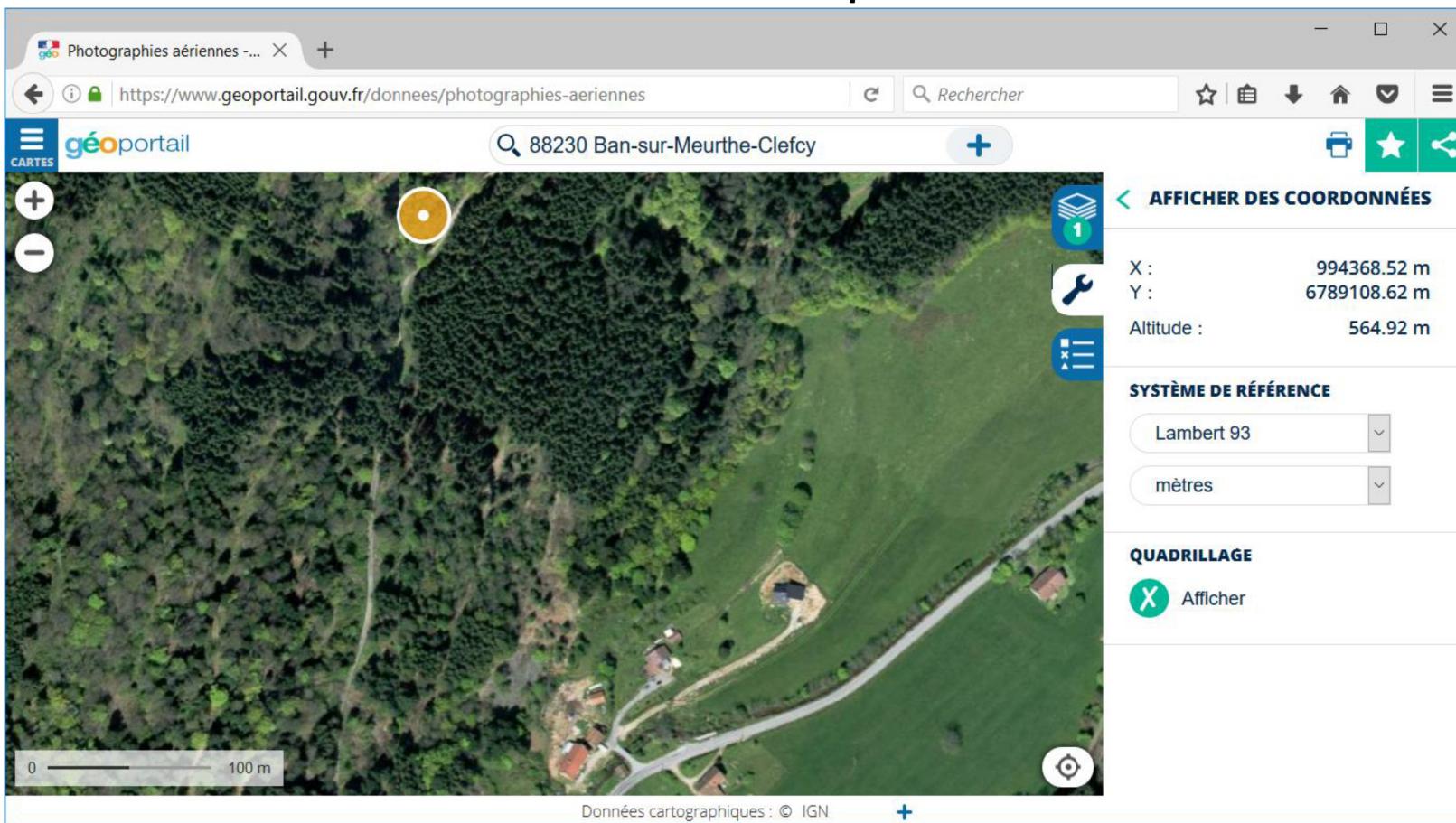
# Quelques applications

- Le geoportail : des données d'altitudes sont superposées aux images
  - Identifier la position 2D et l'altitude d'un point (clic droit)



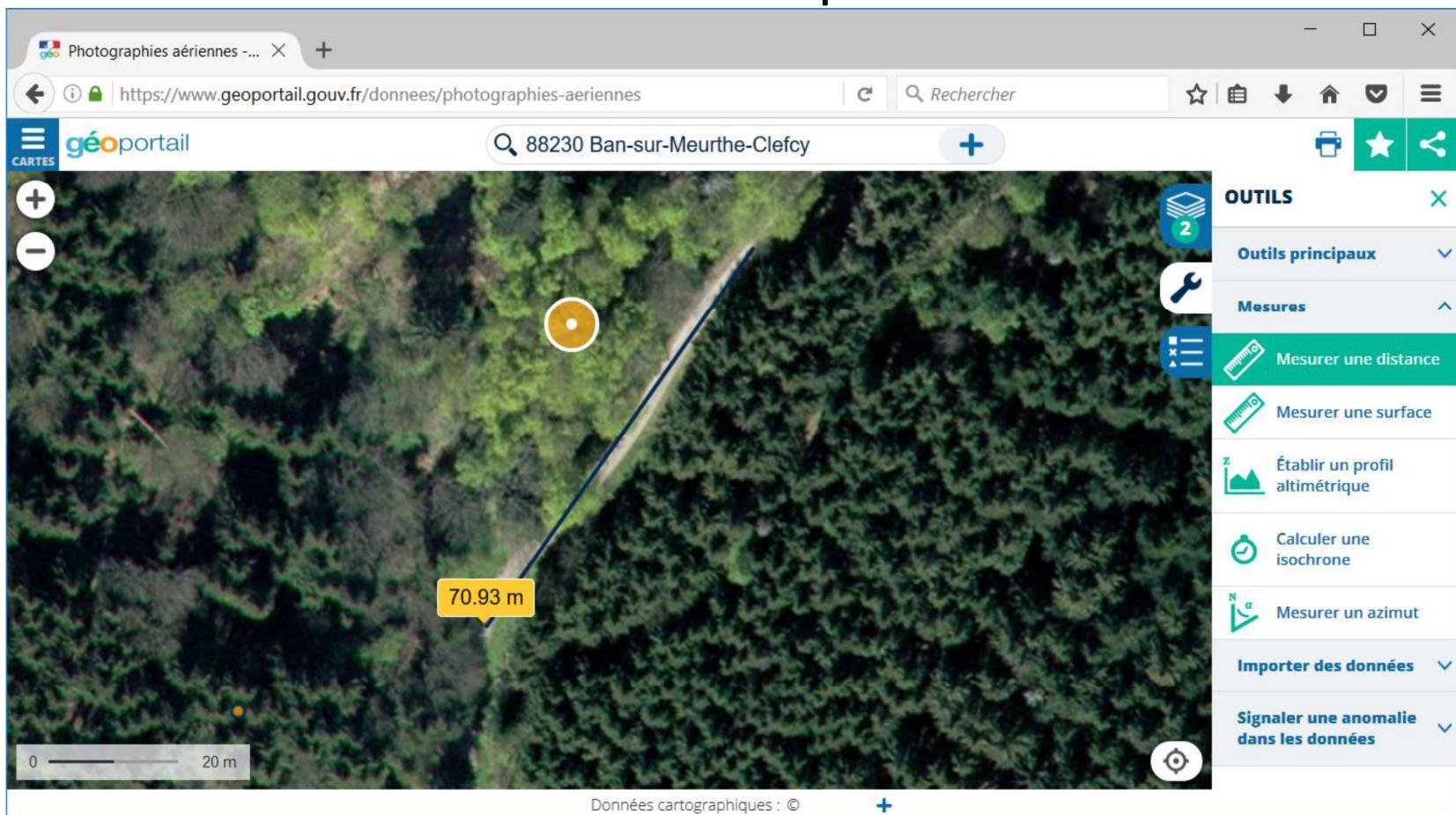
# Quelques applications

- Le geoportail : des données d'altitudes sont superposées aux images
  - Trouver les coordonnées d'un point dans un référentiel choisi



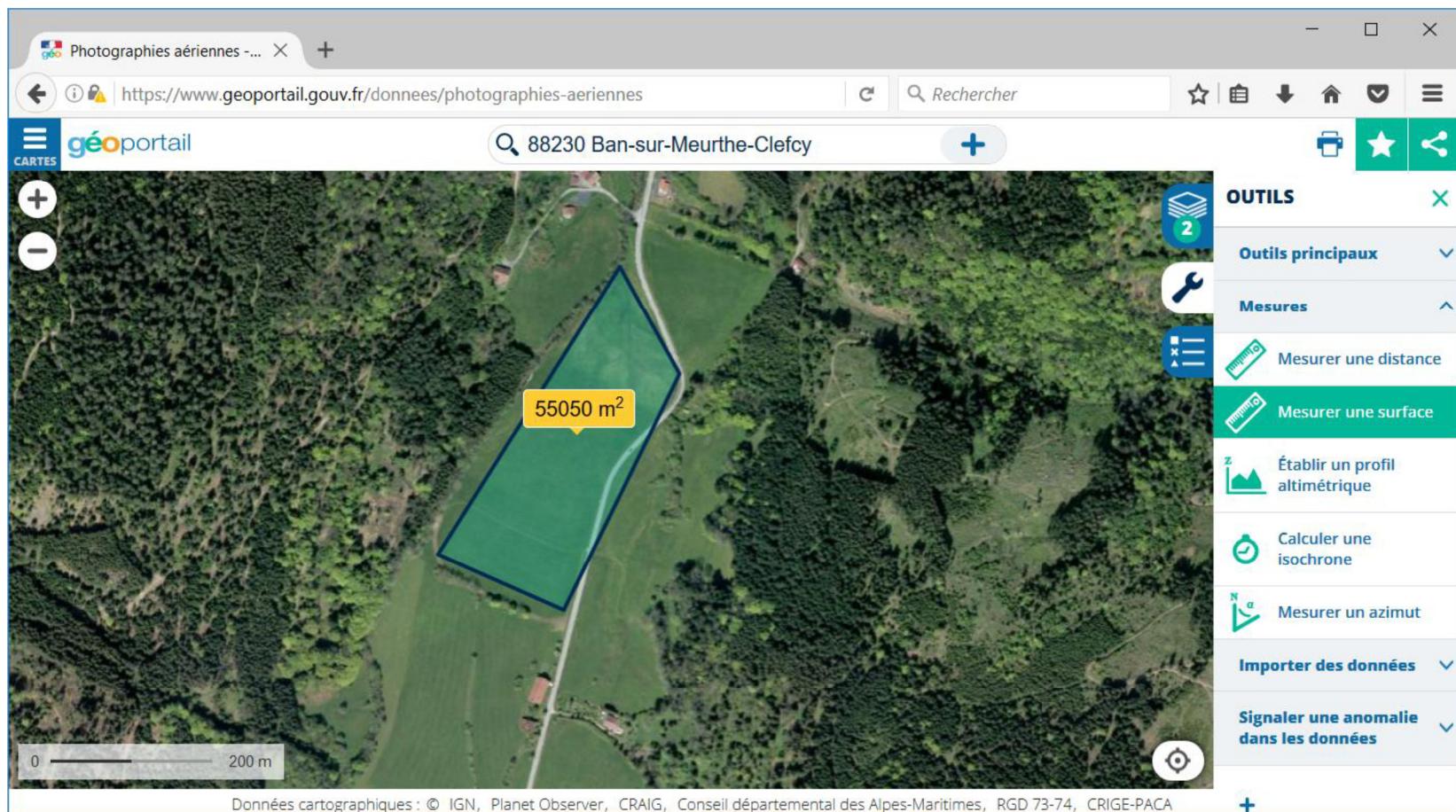
# Quelques applications

- Le geoportail : des données d'altitudes sont superposées aux images
  - Mesurer une distance entre 2 points



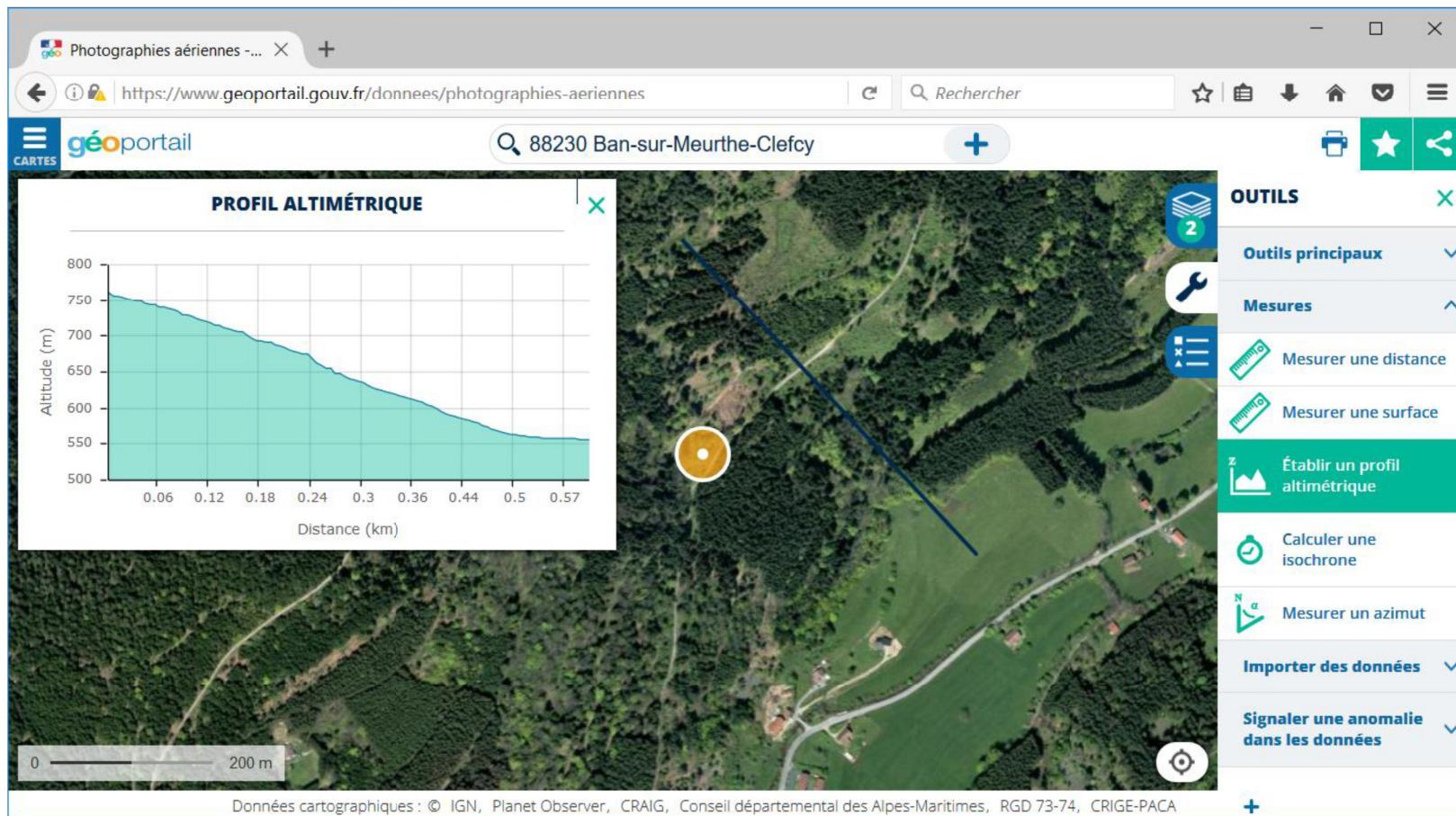
# Quelques applications

- Le geoportail : des données d'altitudes sont superposées aux images
  - Mesurer une surface



# Quelques applications

- Le geoportail : des données d'altitudes sont superposées aux images
  - Etablir un profil altimétrique (ex : un dénivelé)



Données cartographiques : © IGN, Planet Observer, CRAIG, Conseil départemental des Alpes-Maritimes, RGD 73-74, CRIGE-PACA

# Références

- Institut Géographique National (IGN)
- Ecole Nationale des Sciences Géographiques (ENSG)
- Guillaume Gales. Mise en correspondance de pixels pour la stéréovision binoculaire par propagation d'appariements de points d'intérêt et sondage de régions.