

## 1. Calcul des images en géométrie épipolaire

### 1.1. Sélection de la zone traitée

J'ai choisi les images amiens1 et amiens2, avec les carrés délimités par  $X = 1858$ ,  $Y = 1187$  et  $X = 3420$ ,  $Y = 2317$  dans la première image et par  $X = 1564$ ,  $Y = 0$  et  $X = 1550$ ,  $Y = 1130$  dans la deuxième.

### 1.2. Calcul des matrices de rotation 3D pour le passage de la géométrie originale à la géométrie épipolaire

base : 295840.000000 100674.000000 809.000000

-0.9466833258 0.3221562889 -0.0024507699

-0.3221552094 -0.9466864980 -0.0008339941

-0.0025887872 0.0000000000 0.9999966491

Delta y in epipolar plane - two step projection: 0.00000 mm

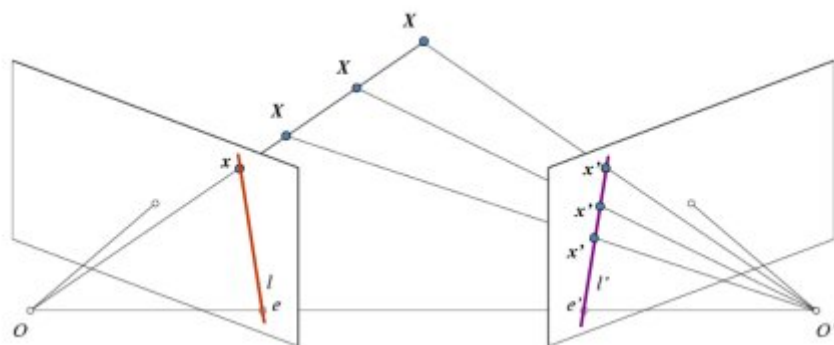
Delta y in epipolar plane - one step projection: 0.00000 mm

Cross comparaison, left : -0.00000, right : 0.00000

New base components (-312501.543, -0.000, 0.000)

**Question 1 :** rappelez quelle propriété doit vérifier le plan dans lequel les deux images sont rééchantillonnées.

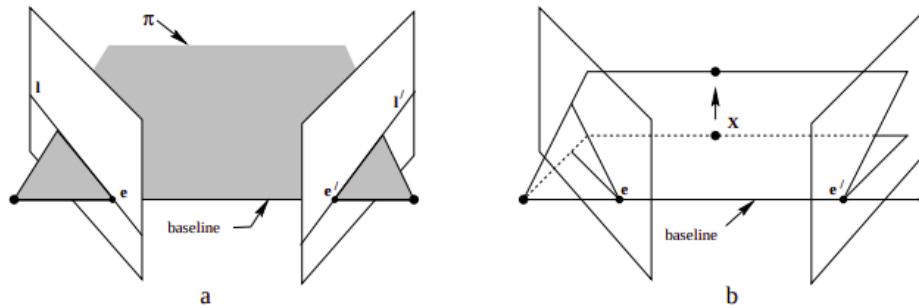
Sur l'image ci-dessous, on a deux caméras avec les centres optiques  $O$  et  $O'$ . Pour rééchantillonner les deux images de ces caméras, il faut choisir un plan qui contienne la droite  $OO'$  (en reliant les deux centres optiques).



Source : [https://docs.opencv.org/3.4/da/de9/tutorial\\_py\\_epipolar\\_geometry.html](https://docs.opencv.org/3.4/da/de9/tutorial_py_epipolar_geometry.html)

**Question 2 :** à quelle transformation géométrique 2D est équivalente cette rotation du plan image autour du centre optique ?

Cette rotation est équivalente à une translation verticale en 2D, comme on peut observer ci-dessous.



Source : <https://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/hzbook/hzbook2/HZepipolar.pdf>

### 1.3. Calcul des coordonnées caméra en géométrie épipolaire

Image 1:

(-8.041, -0.063)

( 3.877, 12.683)

(-6.298, 14.010)

( 2.065, -1.352)

x\_strat -8.04, y\_start 14.01

x\_size 1324, y\_size 1706

Image 2:

(-19.0832, -0.239)

(-8.832, -1.625)

(-19.098, -0.365)

(-8.816, -1.500)

x\_strat -19.10, y\_start -0.24

x\_size 1142, y\_size 153

### 1.4. Rééchantillonnage en géométrie épipolaire de la zone sélectionnée dans les deux images aériennes

**Question 3 :** Pourquoi doit-on choisir la même ordonnée <y start> pour le rééchantillonnage des deux images en géométrie épipolaire ?

Sinon, on n'aura pas les points épipolaires de la première image sur les droites épipolaires de la deuxième image.

### 1.5. Vérification de la géométrie épipolaire, et sélection de l'intervalle de disparité

**Question 4 :** comment cet intervalle de disparité pourrait-il être calculé à partir des données de prise de vue ?

On obtient cette valeur en regardant la différence des coordonnées horizontales (puisque la valeur y initial est la même pour les deux images) d'un certain point dans les deux images.

J'ai trouvé une valeur de 47, mais il faut avoir une certaine marge, donc j'ai choisi l'intervalle  $[-52, 52]$  (une marge de 10%).

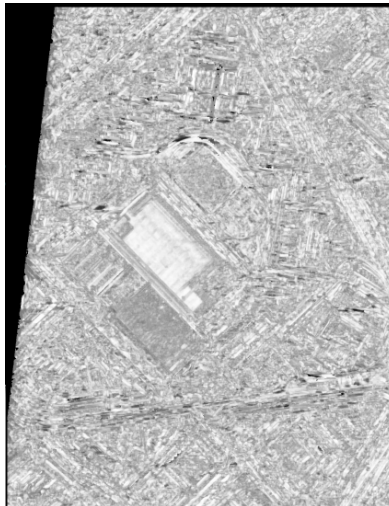
## 2. Calcul de l'image de disparité

### 2.1. Corrélation croisée centrée normalisée

Corrélation :



Rayon 5, intervalle  $[-52, 52]$

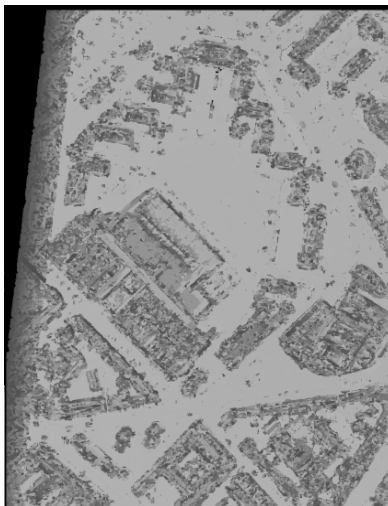


Rayon 5, intervalle  $[-26, 26]$

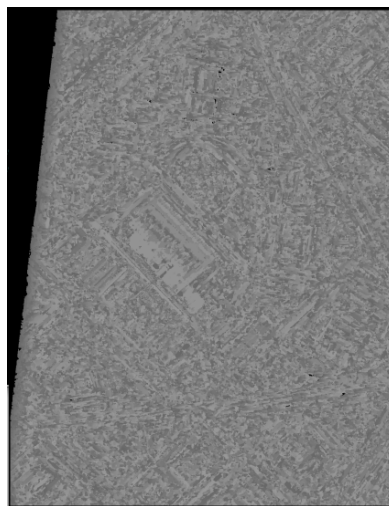


Rayon 5, intervalle  $[-52, 52]$

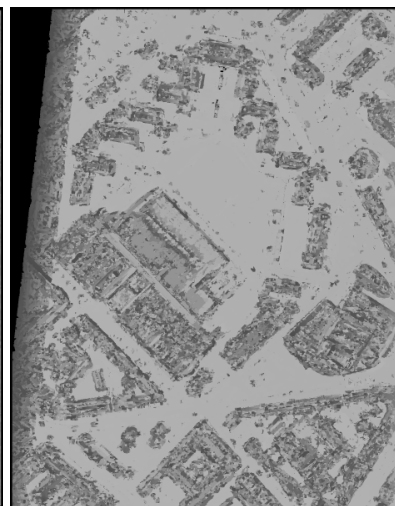
Disparité :



Rayon 5, intervalle  $[-52, 52]$



Rayon 5, intervalle  $[-26, 26]$



Rayon 5, intervalle  $[-52, 52]$

**Question 5 : quelle information fournit l'image correl.tif ?**

Les images de corrélation montrent le maximum de la corrélation entre le point épipolaire d'une image et les points sur la droite de l'autre : le plus blanc, le plus fort est la corrélation. On ne trouve pas une bonne corrélation aux bords des structures, et si on utilise une valeur très petite pour l'intervalle de disparité l'algorithme ne va pas trouver que des points avec une corrélation faible.

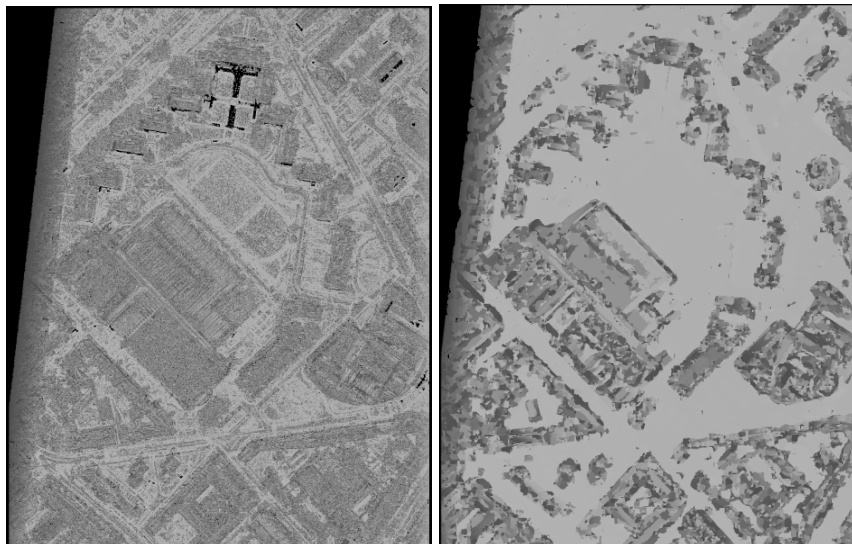
**Question 6 : quelle information fournit l'image dispa.tif ?**

Les images de disparité nous montrent la différence horizontale entre un pixel dans une image et le pixel correspondant dans l'autre.

**Question 7 : quelles sont les conséquences d'un intervalle de disparité mal choisi (trop petit ou trop grand) ?**

Comment on peut observer sur les images ci-dessus, avec une valeur trop petite pour l'intervalle l'algorithme va rater les points correspondants, on aura une faible corrélation partout dans l'image, et avec une valeur trop grande l'image de disparité semblera plus bruitée, parce que l'algorithme pourra choisir des points plus éloignés.

**Question 8 : comment évolue la carte de disparité dispa.tif si l'on fait varier le rayon de la fenêtre de corrélation ?**



Carte de disparité avec rayon 1 (à gauche) et 10 (à droite)

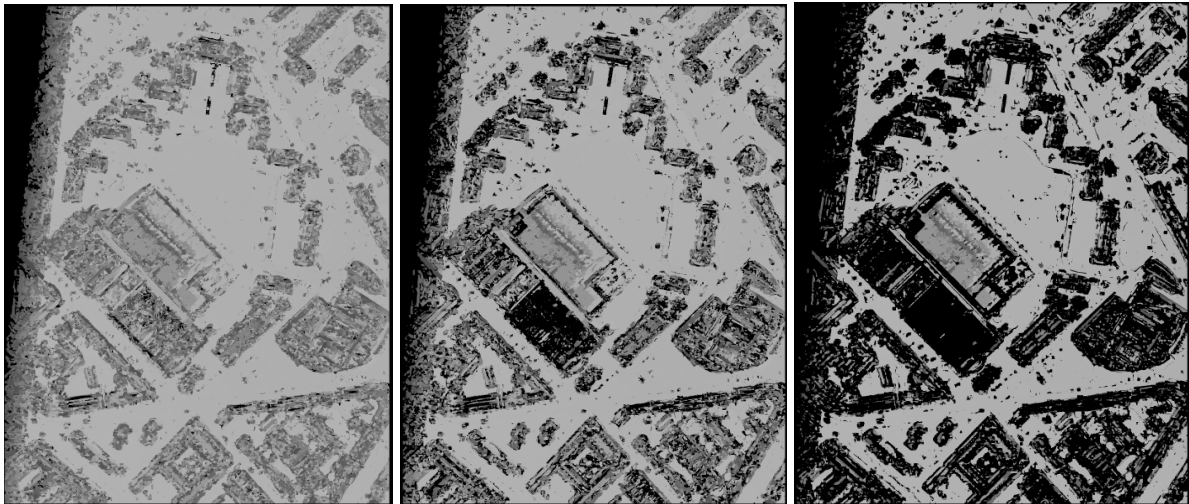
On peut voir que le plus grand le rayon de la fenêtre, plus l'image résultante aura des zones homogènes.

## **2.2. Seuillage sur le coefficient de corrélation**

J'ai choisi utiliser les cartes obtenues avec le rayon 5 et l'intervalle  $[-52, 52]$ . Les résultats peuvent être observés ci-dessous.

**Question 9 : quel compromis êtes-vous obligés de faire en choisissant ce seuil ?**

Il y a un compromis entre avoir dans l'image seulement les points avec les plus fortes corrélations et maintenir l'information présente dans l'image (si la valeur de seuillage est trop haute, on garde uniquement les points où nous sommes sûrs de la correspondance, mais on perd l'information du reste de l'image).



Seuillage avec seuil = 0.25, 0.50 et 0.75, respectivement

## 2.3. Corrélation aller-retour

**Question 10 : expliquez le principe de cette méthode et dites pourquoi elle peut permettre de rendre compte des parties cachées.**

L'idée de cette méthode est de calculer les cartes de disparité gauche-droite et puis droite-gauche, ensuite vérifier la cohérence entre ces deux cartes. Cette méthode permet de rendre compte des parties cachées car elles ne seront pas cohérentes dans ces deux cartes.

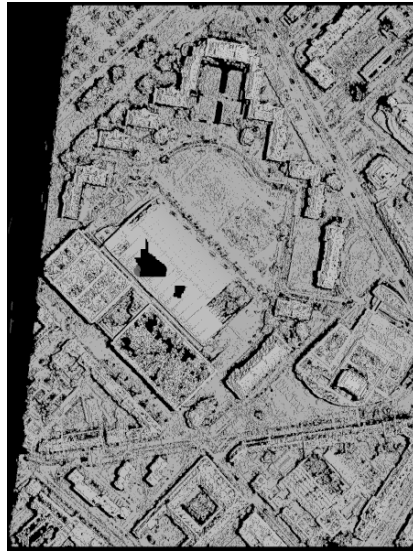


Corrélation aller-retour avec rayon 5 et intervalle  $[-52, 52]$

## 2.4. Approche hiérarchique avec relaxation

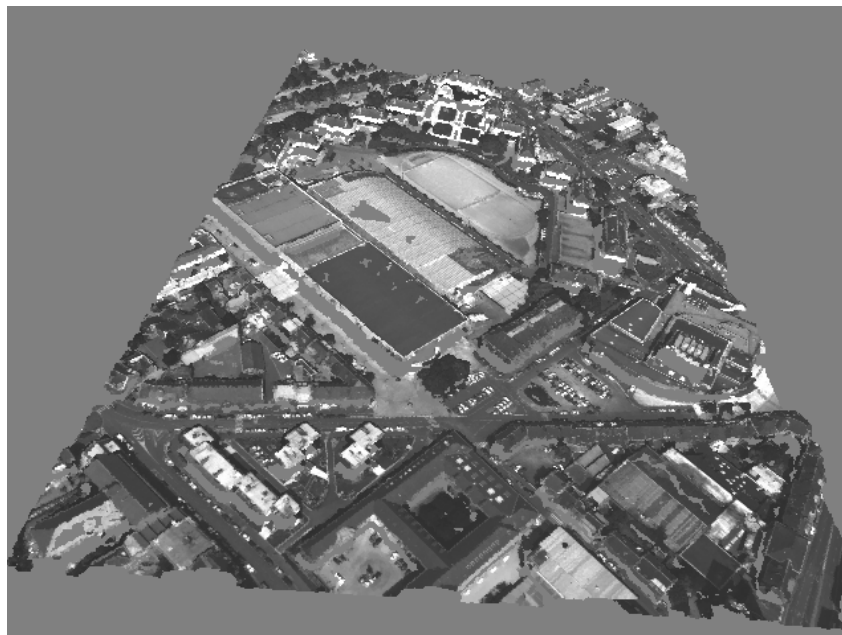
**Question 11 : pouvez-vous indiquer pour quels types de zone de la scène traitée cette méthode ne fournit pas d'information : points à 0 de la carte de disparité `dispa-amiens.tif` ?**

J'ai dû changer la valeur de l'intervalle pour obtenir un bon résultat. Il semble que les points où la méthode ne fournit pas d'information sont les points cachés (on peut voir que les contours des immeubles sont noirs).



Approche hiérarchique avec relaxation, intervalle  $[-100, 100]$

## 3. Visualisation du nuage de points 3D



Visualisation du nuage de points 3D de la région choisi

## 4. Géométrie épipolaire et matrice fondamentale

J'ai utilisé le *script rectification.sh* pour obtenir la matrice fondamentale de la scène "fruit". Le programme a donné la sortie suivante:

```
best matching found: 8 points log(nfa)=-inf (500 iterations)
F= [ 3.55271e-15 2.27374e-13 -8.8221e-11; -2.27374e-13 5.68434e-14 0.00138107;
    8.6402e-11 -0.00138107 0.00138107 ]
Geometric error threshold: 0
LM iterations: 1 f=1024
K_left: [ 1024 0 255.866; 0 1024 256; 0 0 1 ]
K_right: [ 1024 0 255.551; 0 1024 256; 0 0 1 ]
Initial rectification error: 0.707107 pix
Final rectification error: 0.00925759 pix
Disparity: -11 1
```

## 5. Amélioration du résultat

### 5.1. Pré-traitement (images en géométrie épipolaire) : filtrage passe-bas ou passe-haut, gradient

**Question 12 : quels sont les prétraitements envisageables des images avant la recherche de correspondances denses ? médian, moyenne, deriche**

Il faut utiliser un filtre médian pour réduire le bruit impulsif, et c'est envisageable de faire aussi l'égalisation d'histogramme des deux images pour améliorer le contraste.

**Question 13 : quels pré-traitements faut-il éviter ?**

Il faut éviter les filtres passe-bas. Les filtres passe-bas font que les pixels soient entourés par des autres pixels de valeurs similaires, et comme ça c'est difficile de trouver la bonne correspondance du pixel d'une image dans l'autre image.

### 5.2. Post-traitement (carte de disparité) : filtrage, morphologie mathématique...

**Question 14 : quels post-traitements permettraient d'améliorer la carte de disparité ? médian, ouvre, ferme**

On peut utiliser la fermeture morphologique ou le filtre médian. Avec la fermeture morphologique, toutes les régions que peuvent être contenues dans l'élément structurant seront supprimés.

**Question 15 : donnez le pseudo-code d'un traitement qui permettrait de boucher les petits trous de la carte de disparité fournie par stereo-relax, sans modifier la disparité des points connus.**



```
for each point in image:
    if point.value == zero:
        point.value == median(plus proche voisins)
```

### **5.3. Couple stéréo en couleur**

**Question 16 : comment montrer ou infirmer l'intérêt d'utiliser ces trois canaux pour la stéréovision ?**

Comment montrer l'intérêt : c'est plus facile pour les yeux humains de visualiser les résultats qu'on a vus si les images sont en couleurs.

Comment infirmer l'intérêt : du point de vue mathématique, ce n'est pas intéressant d'utiliser ces trois canaux parce qu'ils ont déjà une forte corrélation, donc les autres deux canaux ne portent pas beaucoup d'information com