Mesures de déformation par photogrammétrie

JOCHEL Emilie
DE WIT Apolline
GAUER Louis-Marie
BEAUVALLET Clément

ENSG Géomatique
ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES GÉOGRAPHIQUES

IGN
INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE

Introduction :

- Mesure des déformations et du déplacement d'objets au cours du temps.
- La photogrammétrie 2D/3D peut-elle servir à faire de la métrologie ?

Plan :

- I)Expériences en 2D et paramètres de traitement
- II) Expérience en 3D

I) Expériences en 2D et paramètres de traitement

- Acquisition : appareil photo statique depuis un même point de vue.

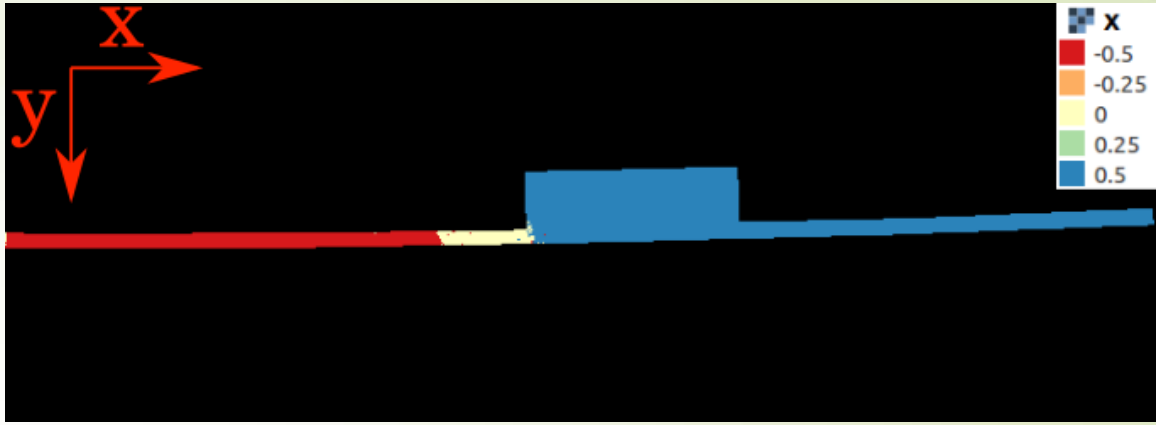
I) Expériences 2D
Paramètres

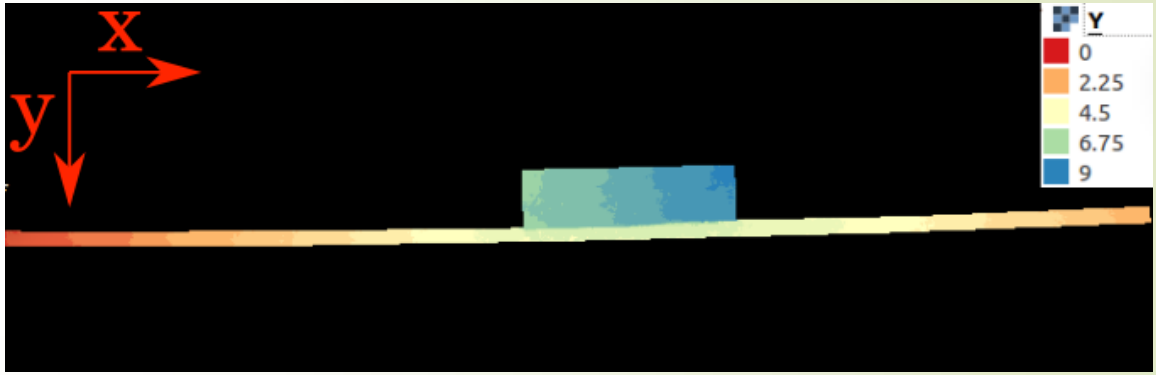
- Comparer le déplacement d'un objet entre deux images (deux états en vérité) et ajouts successifs de boîtes sur la planche entre chaque état du système.
- Mesure du déplacement en pixels

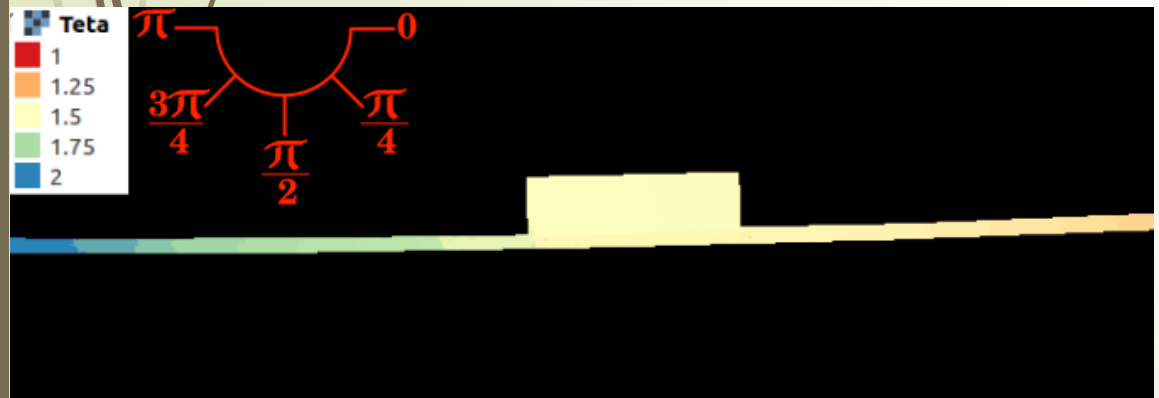
5

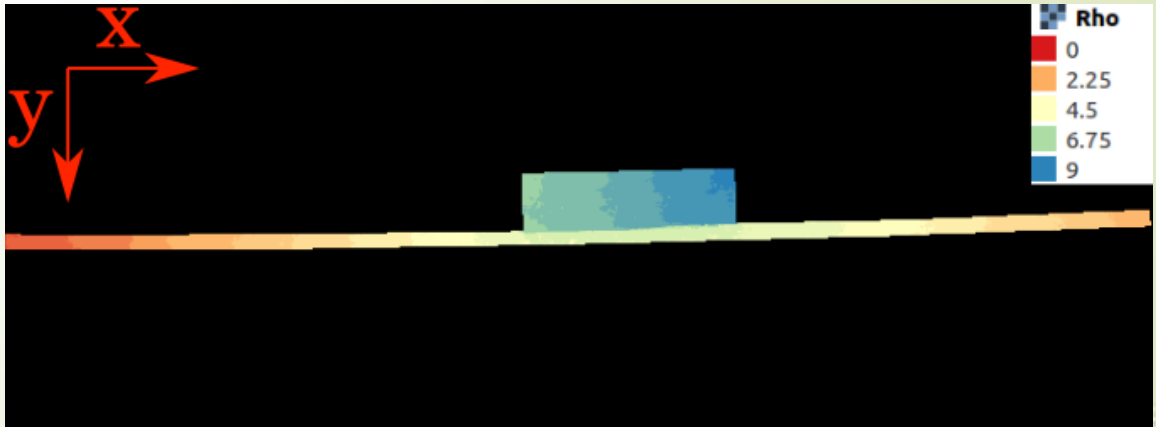
Résultats

- **X et Y :** mesurent le déplacement respectivement selon l'axe X et Y (axes des ordonnées et des abscisses de l'image)
- **Rho et Thêta :** donnent respectivement la norme et la direction du déplacement de chaque pixel.









I) Expériences 2D Paramètres

- **Correl :** donne le score de corrélation obtenu sur chaque pixel de la zone considérée

Corrélation : méthode

- Identifier automatiquement le même détail sur au moins deux images différentes.

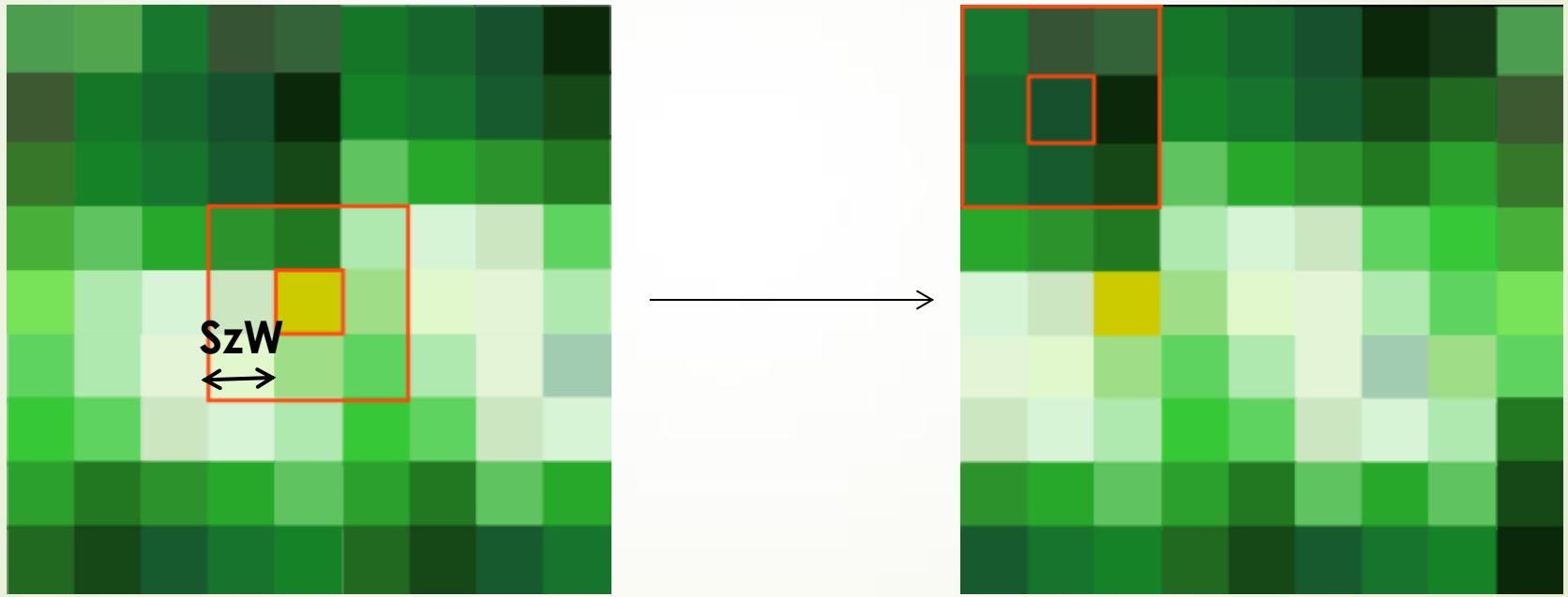


Image 1 Image 2

- **SzW**: taille de la vignette de corrélation.

Paramètres MICMAC et fichier XML

```
<?xml version="1.0"?>
<ParamMICMAC>
        <!-- Reglage des principaux parametres de correlation -->
  - <DicoLoc>
        <Symb> DirMEC=MEC-Resultat-C05-G1-S7-SZ5-XR02-YR02 </Symb>
        <Symb> Chantier=C050-1-S10-Z10-P02-R02 </Symb>
            <!-- Coefficient de correlation minimal-->
        <Symb> CorrelMin=0.5 </Symb>
            <!-- Influence des zones à fortes correlations -->
        <Symb> GammaCorrel=1 </Symb>
            <!-- Taille de la fenetre de corrélation -->
        <Symb> SzW=7 </Symb>
            <!-- Taille de l'interpolateur -->
        <Symb> SzSinCard=5.0 </Symb>
            <!-- Forme de l'interpolateur-->
        <Symb> SzAppodSinCard=5.0 </Symb>
            <!-- Termes de regularisation -->
        <Symb> Px1Regul=0.2 </Symb>
        <Symb> Px2Regul=0.2 </Symb>
            <!-- Taux de sous échantillonage de chaque regroupement de pixel -->
        <Symb> SsResolOptim = 8 </Symb>
            <!--Parametres de dilatation des nappes en profondeur-->
        <Symb> Px1DilatAlti=2 </Symb>
        <Symb> Px1DilatPlani=2 </Symb>
        <Symb> Px2DilatAlti=2 </Symb>
        <Symb> Px2DilatPlani=2 </Symb>
            <!-- Nettoie les fichier dans le cas où on relance le calcul -->
        <Symb> Purge=true </Symb>
    </DicoLoc>
        <!-- Reglage des parametres relatifs au terrain -->
  - <Section_Terrain>
      - <IntervParalaxe>
                <!-- Nappe de recherche au premier niveau de la pyramide -->
            <Px1IncCalc> 10.0 </Px1IncCalc>
            <Px2IncCalc> 10.0 </Px2IncCalc>
                <!-- Valeur moyenne de la parallaxe -->
            <Px1Moy> 0.0 </Px1Moy>
```

- **SsResolOptim :** Fixe le taux de sous-échantillonnage
- **ModeInterpolation :** Détermine le type d'interpolation
- **SzSinCard & SzAppodSinCard :** Définit la taille et la forme de l'interpolateur lorsque l'interpolation sinus cardinal est choisie.

Influence des paramètres : exemples

- **CorrelMin** : coefficient de corrélation minimale (compris entre 0 et 1). Lorsque le score de corrélation est inferieur à CorrelMin, il n'est pas pris en compte. Il est optimal vers 0.85

0.5

0.7

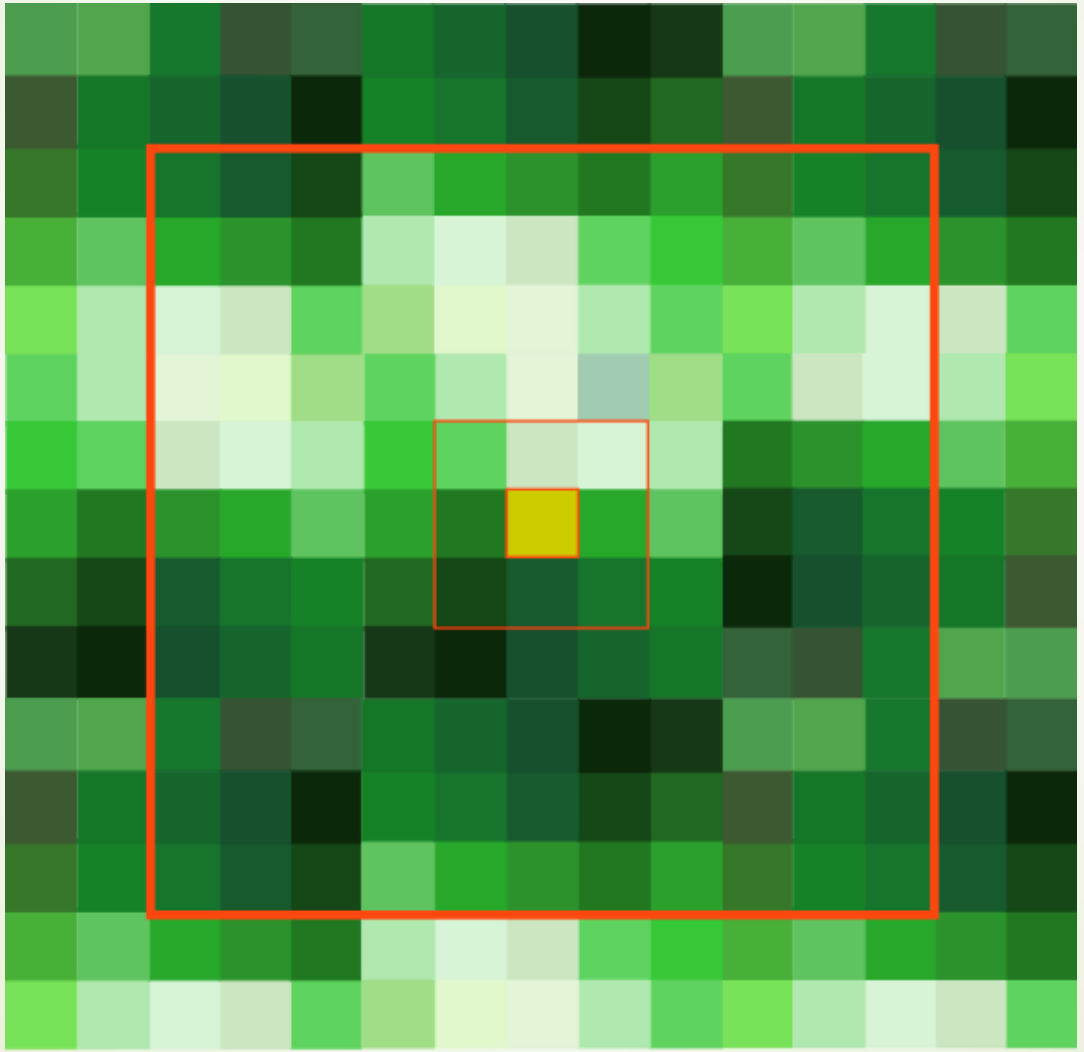
0.85

0.95

- **GammaCorrel :** Quantifie l'influence des zones à fortes corrélations.
- **DynamiqueCorrel :** Active le GammaCorrel, lorsqu'il est égal à eCoeffGamma.

I) Expériences 2D
Paramètres

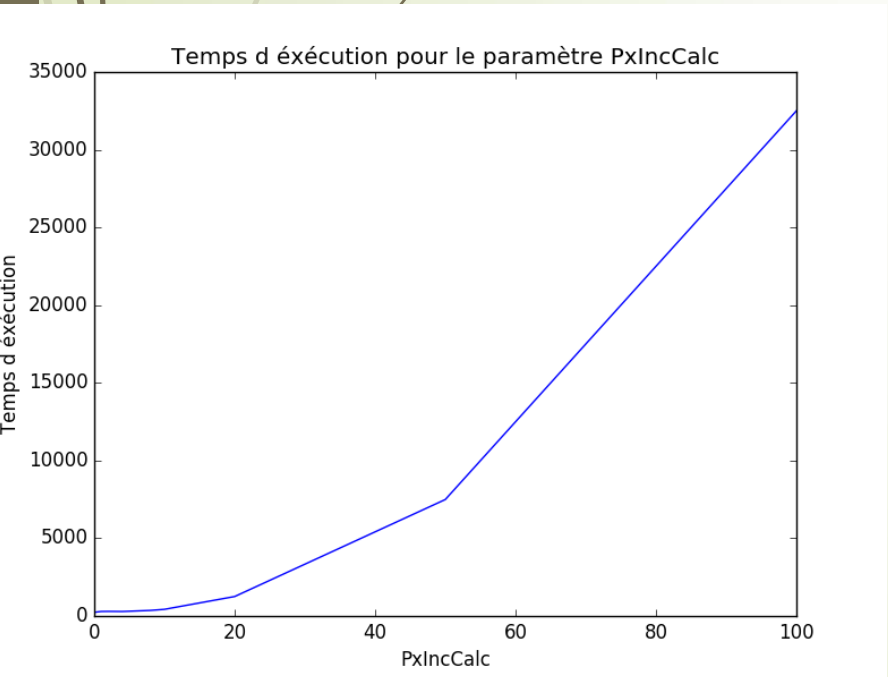
- **PxIncCalc** : Nappe de recherche au premier niveau de la pyramide. Il définit la largeur de la zone de calcul du score de corrélation.



PxIncCalc = 5

I) Expériences 2D Paramètres

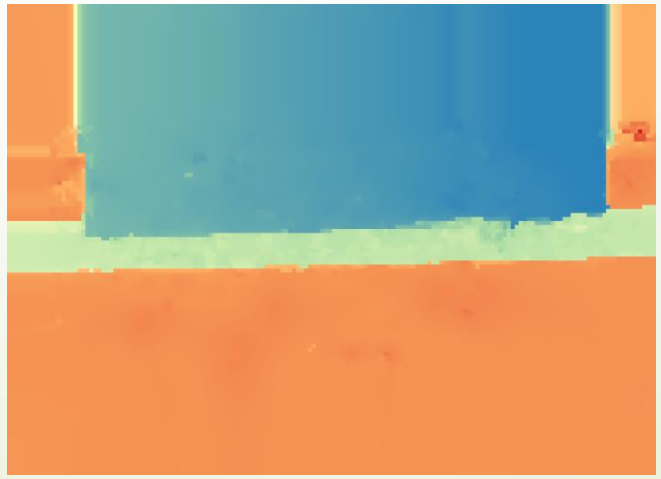
- **PxIncCalc**

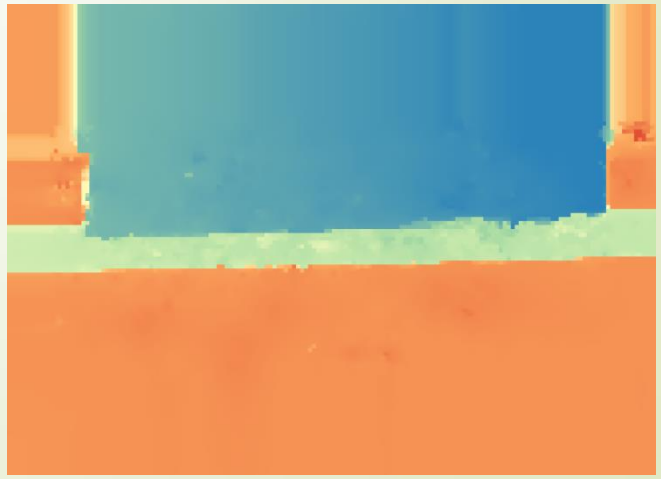


0,1

1

10



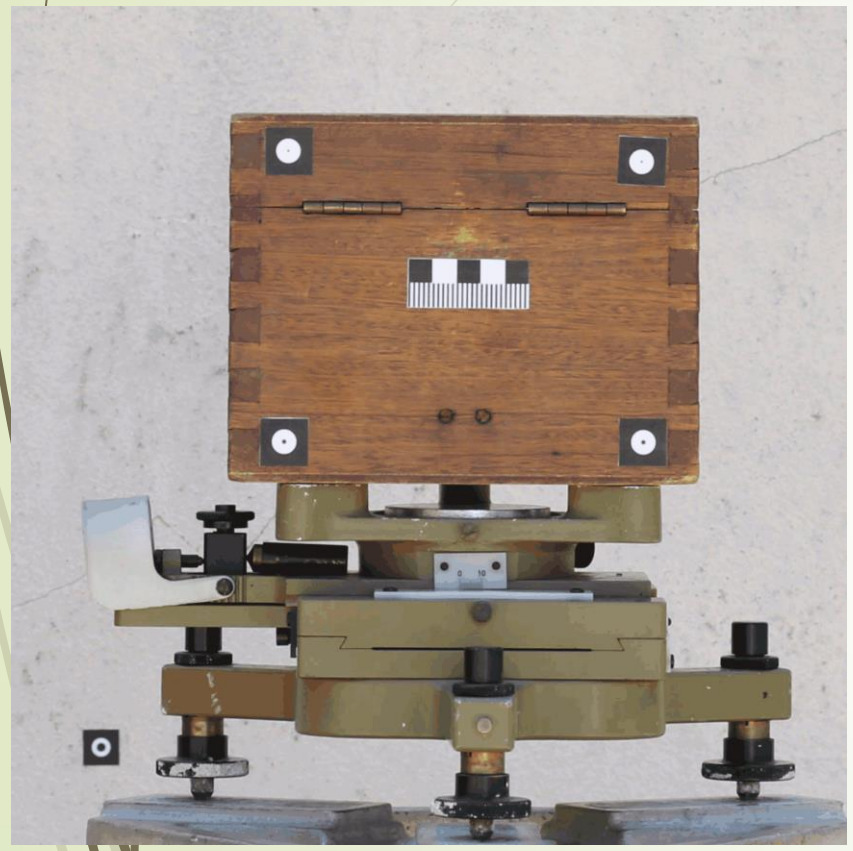


100

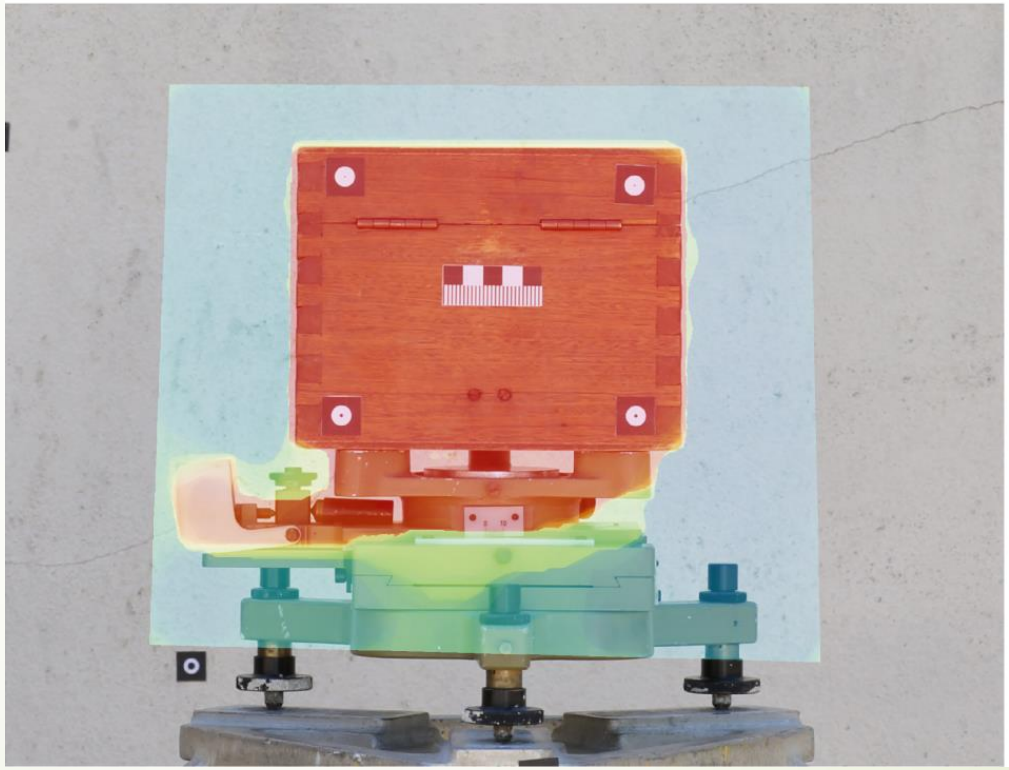
Expériences contrôlées : mouvement d'une boîte.

- Utilisation d'un pied lourd pour une stabilité accrue
- Déplacement contrôlé et quantifié (vérité terrain)

Résultats



Déplacement horizontal de 0.5 mm



Légende

Déplacement horizontal (en pixel)

- -0.439
- 0.122
- 0.684
- 1.25
- 1.81

Statistiques sur le déplacement horizontal :

Moyenne = 1.6757 pixels
Mediane = 1.6711 pixels
Variance = 0.0012 pixels
Ecart-type = 0.0348 pixels
Xmin = 1.3334 pixels
Xmax = 1.7588 pixels

Slide rajouté après la soutenance

Déplacement de 0,1mm
Tests de répétabilité

	Statistiques sur la boîte (pixel)		Statistiques sur le fond (pixel)	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Test 1	0,358	0,024	-0,021	0,006
Test 2	0,473	0,024	0,0003	0,010
Test 3	0,578	0,031	-0,018	0,009
Test 4	0,598	0,034	-0,022	0,007

- Valeur théorique pour le déplacement : 0,7 pixel

- Le déplacement de 0,1mm est bien détecté à chaque fois
- Cependant, la valeur mesurée sur la boite, bien qu'homogène au sein de chaque test, est variable entre les tests et est éloigné de la valeur théorique
  - Erreur de la photogra ou du vernier de l'embase à décentrement ?

Test sur la limite minimale de déplacement détectable

Image	Déplacement attendu (pixel)		Déplacement calculé (pixel)	
	Boite	Fond	Boite	Fond
Initiale	x	0	0,454	-0,021
SousEch 22 %	0,1	0	0,098	-0,014
SousEch 11 %	0,05	0	0,04	0,001
SousEch 2 %	0,01	0	0,002	-0,02

I) Expériences 2D Paramètres

- Expérience réelle : déformation d'un pont.
  - Observe la déformation d'un pont lors du passage de véhicules

Résultats

Déformation verticale sur le pont de Mane

Légende

Déplacement vertical (en pixel)

- 0
- 0.025
- 0.05
- 0.075
- 0.1

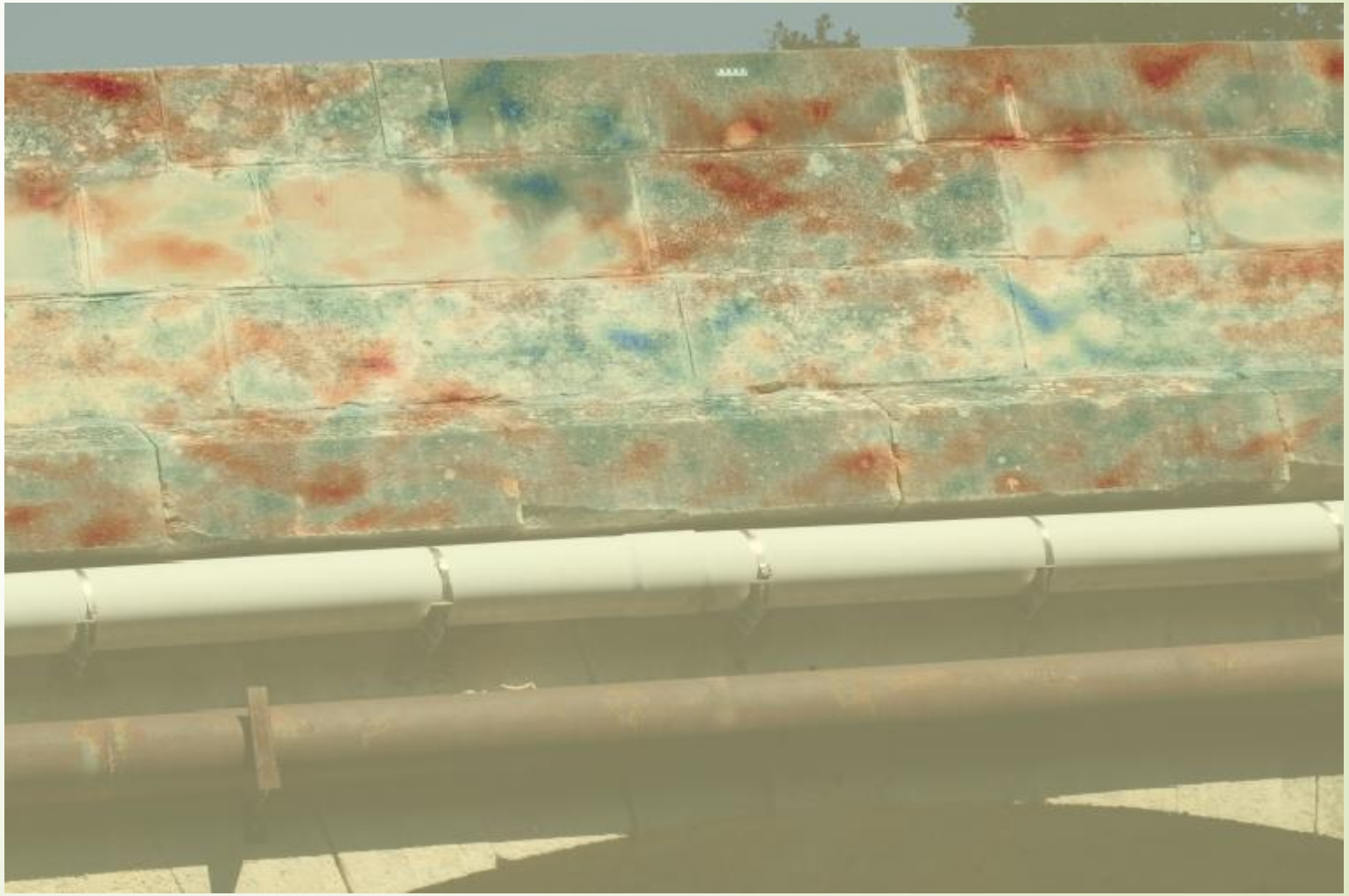
2,5 mm/pixel

Statistiques sur la déformation verticale :

Moyenne = 0.1096 pixels
Variance = 0.0010 pixels
Ecart-type = 0.0316 pixels
Xmin = -0.1789 pixels
Xmax = 0.7188 pixels

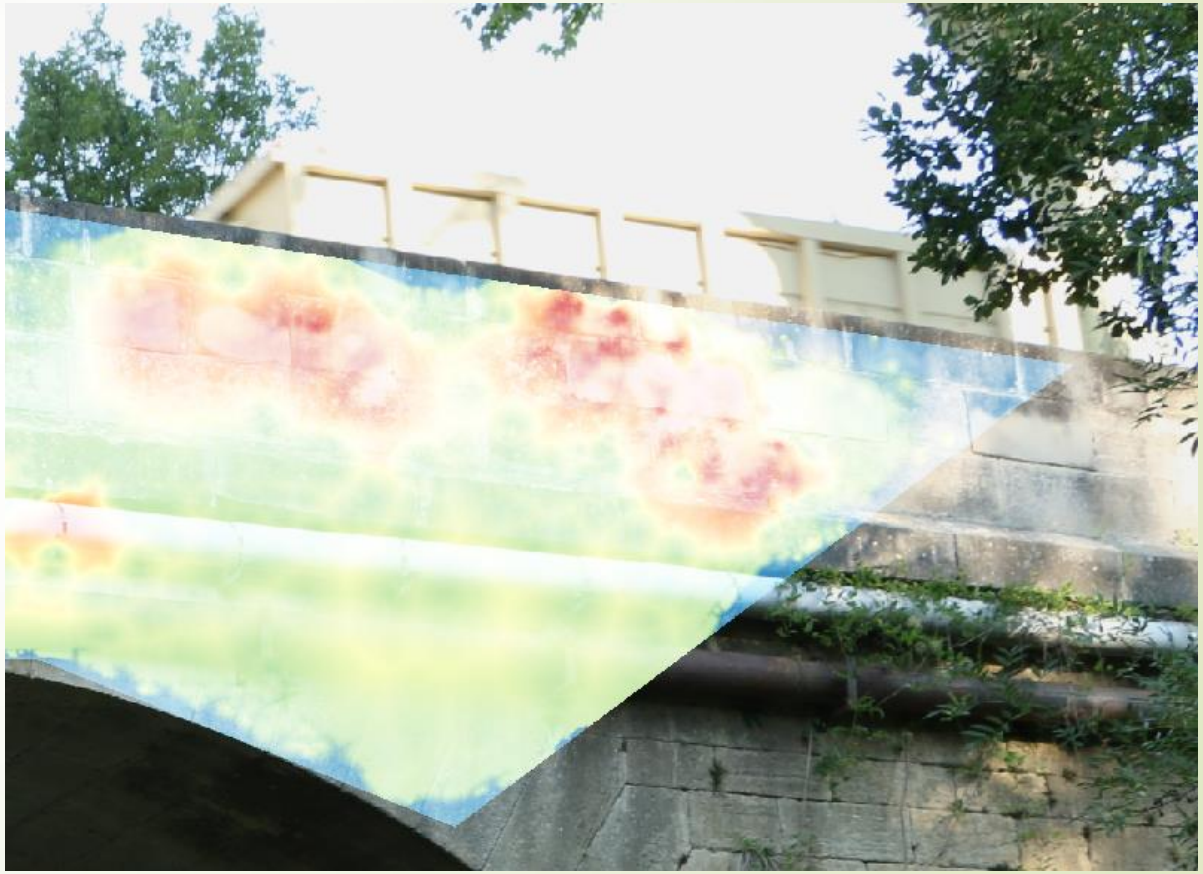
Limites de la technique

- Problèmes liés à la chaleur



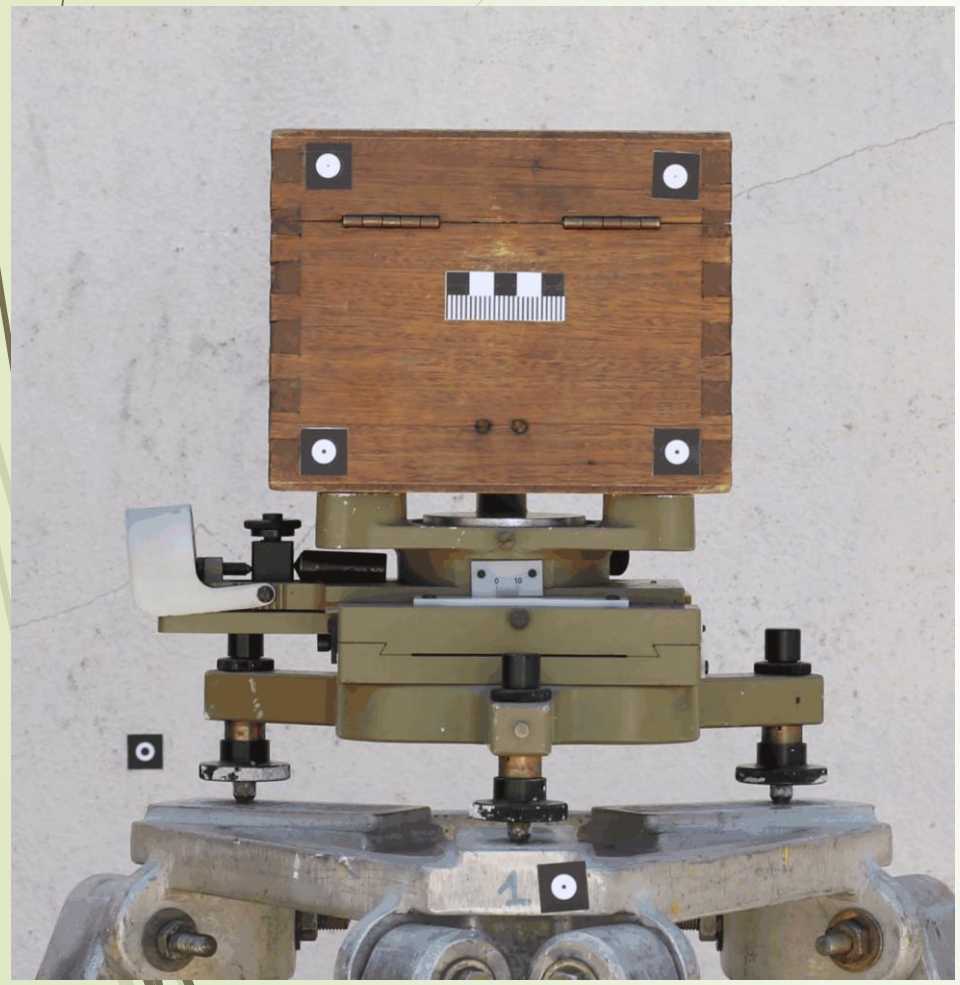
I) Expériences 2D
Paramètres

- Différence de radiométrie et ombre



I) Expériences 2D
Paramètres

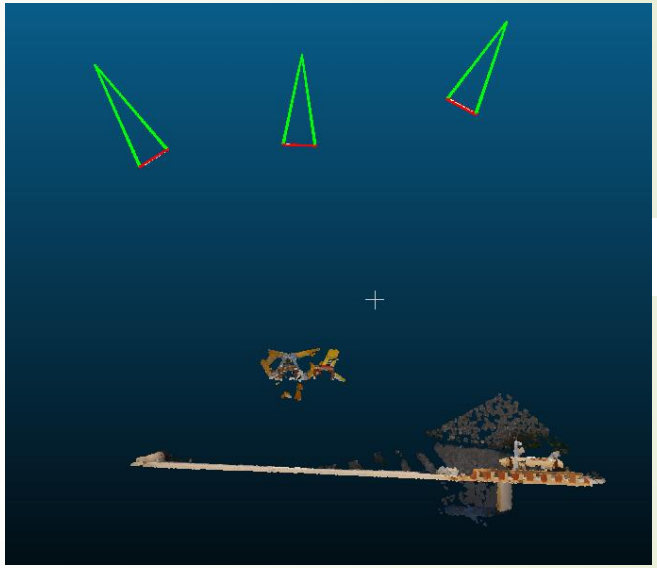
- Instabilité de l'appareil photo



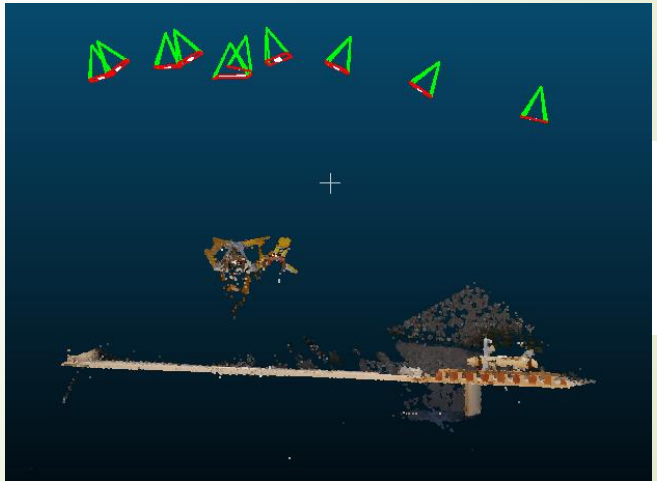
- Lors d'un déplacement minime des deux clichés :
  - *mm3d SEL <dossier> <Image1> <Image2> KH=S*
- Permet de recaler deux images en s'appuyant sur un plan immobile

II) Expérience 3D

- Obtenir un déplacement dans les trois dimensions
- Trois appareils photos sont utilisés. Ils restent fixes.

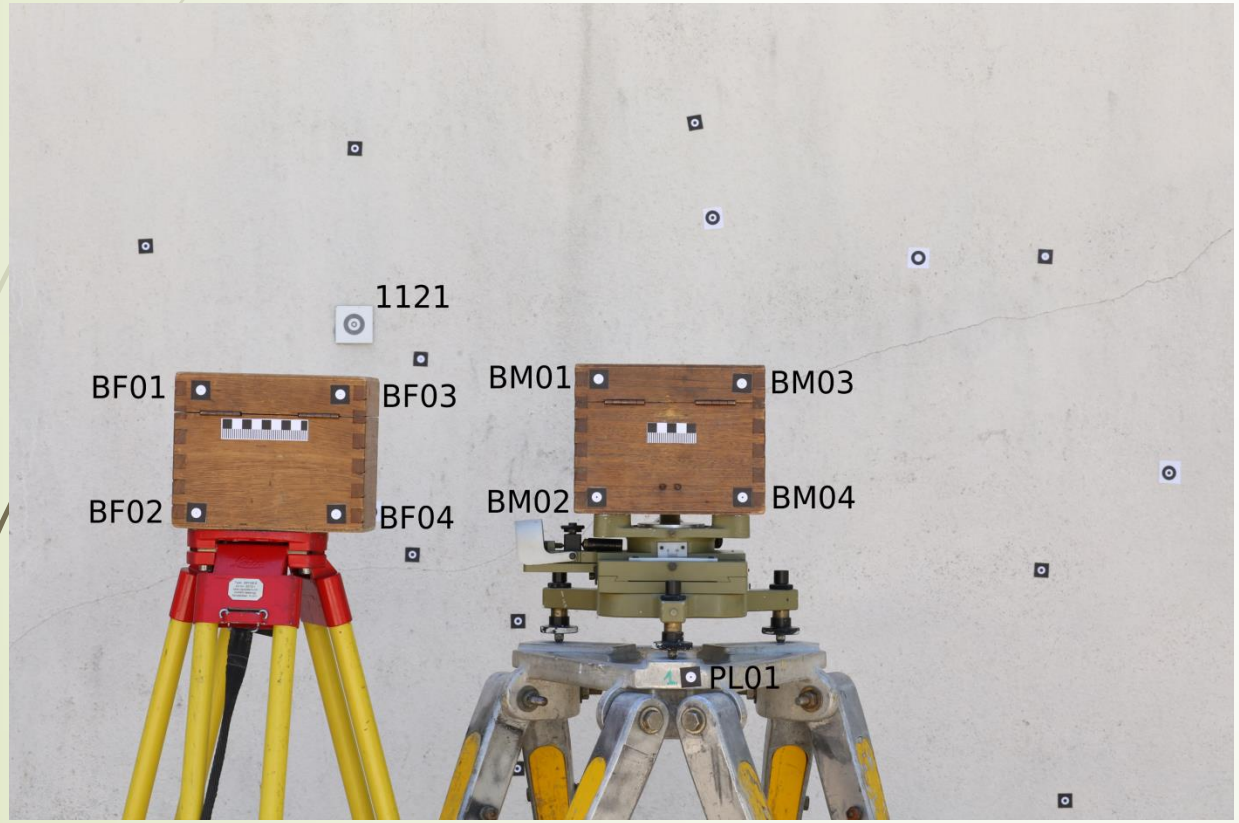


Appareils Fixes



Prises de vue pour l'orientation

Passage du repère local au repère défini dans le plan de la boîte



Cibles à pointer pour comparer le déplacement entre deux états

II) Expérience 3D

- Une fois les cibles créées pointées avec la commande SaisieAppuisPredicQt on obtient un fichier *-S3D.xml pour chaque état

```
<OneAppuisDAF><Pt>503.030296261861679 502.895816346027857 599.836072780177574</Pt>
    <NamePt>BF02</NamePt>
    <Incertitude>1 1 1</Incertitude>
</OneAppuisDAF>
```

- En comparant les coordonnées entre deux états on obtient :

Point	dX (en mm)	dY (en mm)	dZ (en mm)	
Erreur de stabilité	-0.083	0.004	-0.264	Moyenne du déplacement sur les points fixes
Déplacement moyen	-2.155	-2.020	-0.294	Moyenne du déplacement sur les points mobiles
Déplacement moyen corrigé	-2.072	-2.024	-0.030	
Valeurs attendues	-2.0	-2.0	0	Translation effectuée
Erreur sur la moyenne	0.155	0.020	0.293	
Erreur sur la moyenne corrigée	0.072	0.024	0.030	

II) Expérience 3D

- Problème de stabilité et d'orientation

Point	dX (en mm)	dY (en mm)	dZ (en mm)	
Erreur de stabilité	0.056	0.006	-0.406	
Déplacement moyen	0.094	-4.054	-0.608	
Déplacement moyen corrigé	0.039	-4.060	-0.201	
Valeurs attendues	0	-4.0	0	
Erreur sur la moyenne	-0.0943	0.054	0.608	
Erreur sur la moyenne corrigée	-0.039	0.060	0.201	

Conclusion

- Potentiel de la photogrammétrie pour de la mesure de déformation
- Les résultats obtenus satisfaisants :
  - Détection de mouvements de 0.1mm
  - Possibilité de détecter jusqu'au 1/20 px
- Limites de la photogrammétrie : contraintes terrain et beaucoup de paramètres.

Merci de votre attention !