

# Restitution d'un modèle numérique de surface par stéréoscopie spatiale optique

## Principes et enjeux

**Julien Michel (CNES)**, Myriam Cournet (CNES), Jean-Marc Delvit (CNES)

16.03.2017 - Journée PNTS

# Outline

## Introduction

Introduction  
Principes du MNS par stéréoscopie

## S2P et l'atelier 3D

S2P (CMLA et CNES)  
Atelier 3D (CNES)

## Erreurs de mesure, défauts, évaluation

L'erreur de mesure  
Les défauts courants  
Évaluer la précision des MNS

## Exemple et démonstration

Exemple : Camargue  
Démonstration

## Conclusion

# Outline

## Introduction

Introduction  
Principes du MNS par stéréoscopie

## S2P et l'atelier 3D

S2P (CMLA et CNES)  
Atelier 3D (CNES)

## Erreurs de mesure, défauts, évaluation

L'erreur de mesure  
Les défauts courants  
Évaluer la précision des MNS

## Exemple et démonstration

Exemple : Camargue  
Démonstration

## Conclusion

# Introduction

## Pourquoi cette présentation

- ▶ 3D : application phare de Pléiades (et missions VHR en général)
- ▶ Restitution = processus complexe qui impacte la qualité finale

## Objectifs de la présentation

- ▶ Les bases de la restitution
- ▶ Présenter la chaîne utilisée au CNES
- ▶ Clés pour comprendre les défauts et évaluer les performances

## Autres logiciels (libres) pour la restitution

- ▶ MicMac : <https://github.com/micmacIGN/micmac>
- ▶ ASP : <https://github.com/nasa/StereoPipeline>
- ▶ SETSM : <https://github.com/setsmdeveloper/SETSM>

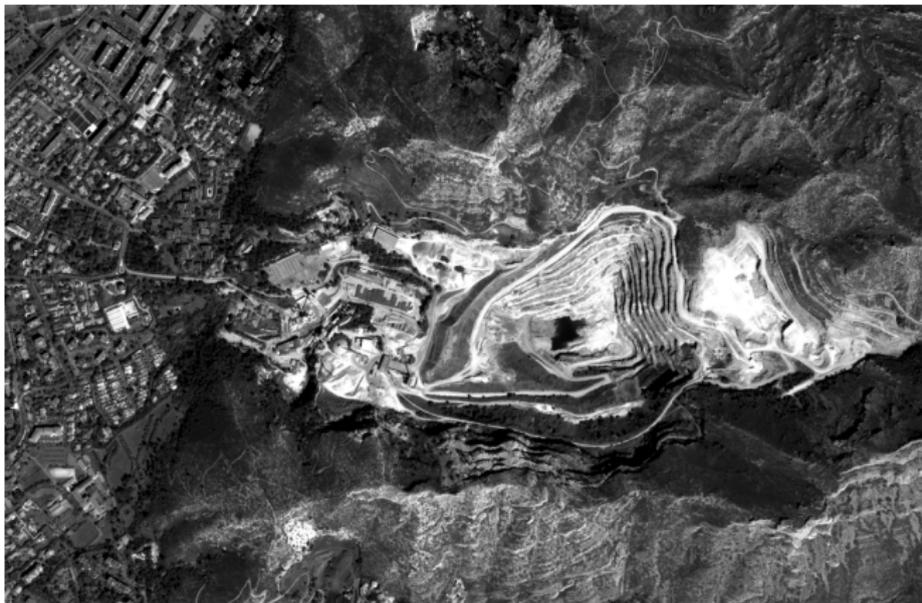
## Données en entrée



Carrière près de Marseille (Pléiades). Angle d'incidence le long de la trace :  $-6^\circ$

©CNES (2013), distribution Airbus DS/ Spot Image

## Données d'entrée



Carrière près de Marseille (Pléiades). Angle d'incidence le long de la trace :  $0^\circ$

©CNES (2013), distribution Airbus DS/ Spot Image

## Données d'entrée

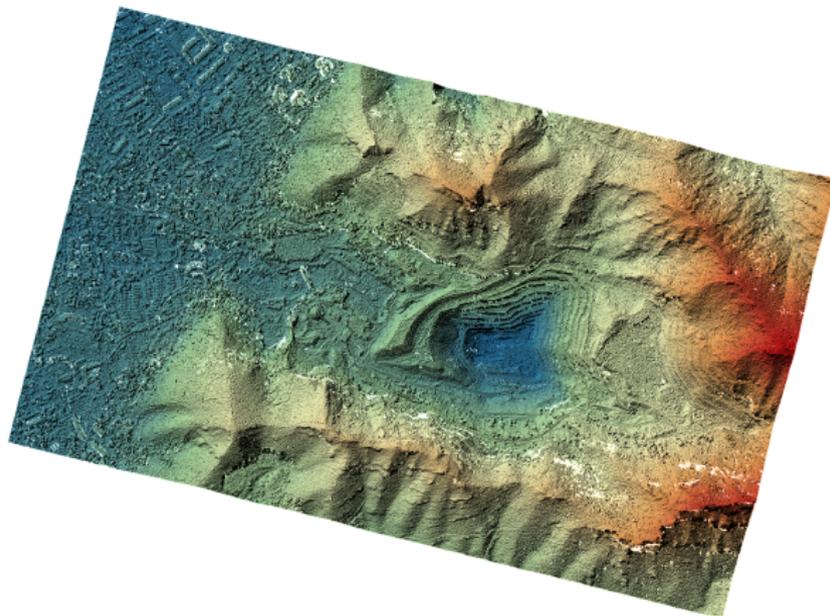


Carrière près de Marseille (Pléiades). Angle d'incidence le long de la trace :  $+7^\circ$

©CNES (2013), distribution Airbus DS/ Spot Image



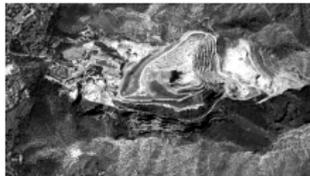
## En sortie



Modèle Numérique de Surface raster généré par S2P et affiché dans QGis (dérivé du nuage de point)

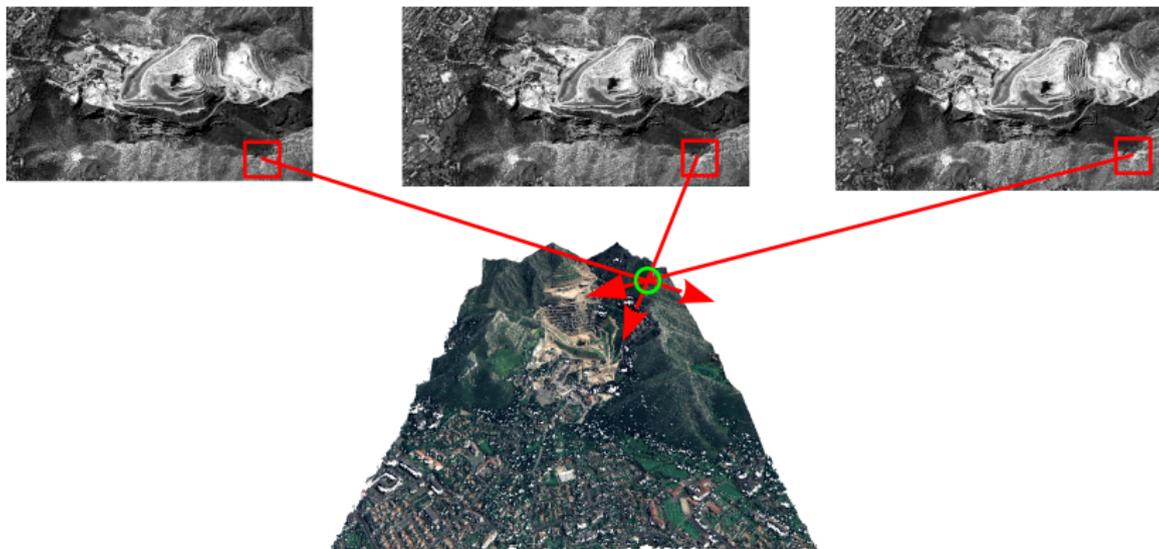
16.03.2017 - Journée PNTS

# Principe





# Principe



2 : Utiliser la modélisation de la prise de vue pour trianguler les lignes de visées générées par ces correspondances, afin de retrouver le point 3D au sol

# Outline

## Introduction

Introduction  
Principes du MNS par stéréoscopie

## S2P et l'atelier 3D

S2P (CMLA et CNES)  
Atelier 3D (CNES)

## Erreurs de mesure, défauts, évaluation

L'erreur de mesure  
Les défauts courants  
Évaluer la précision des MNS

## Exemple et démonstration

Exemple : Camargue  
Démonstration

## Conclusion

## S2P (développement CNES - CMLA)

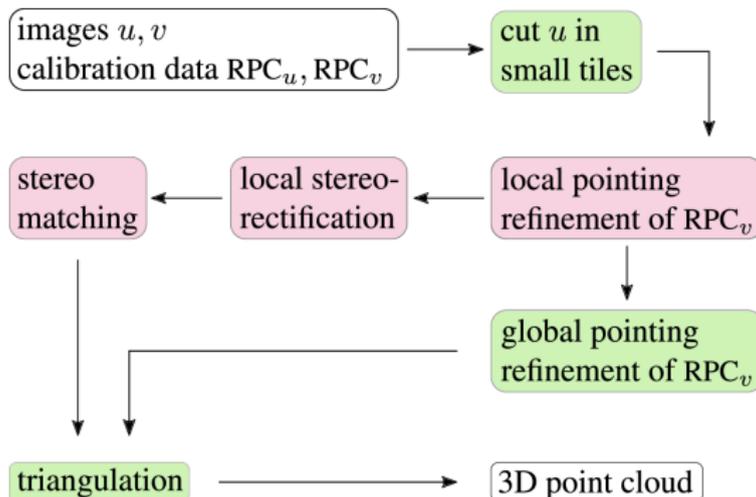


### Références

- ▶ **Code source** <https://github.com/MISS3D/s2p>
- ▶ **Démo en ligne** <http://dev.ipol.im/~carlo/s2p>
- ▶ de Franchis C., Meinhardt-Llopis E., Michel J., Morel J.-M., Facciolo G., 2014a. An automatic and modular stereo pipeline for pushbroom images. In ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. <http://dx.doi.org/10.5194/isprsannals-II-3-49-2014>
- ▶ Michel J., de Franchis C., Meinhardt-Llopis E., Morel J.M., Facciolo G., S2P : a new open-source stereo pipeline for satellite images. Geomatics Workbooks n12 - FOSS4G Europe Como 2015.

## S2P : Principes

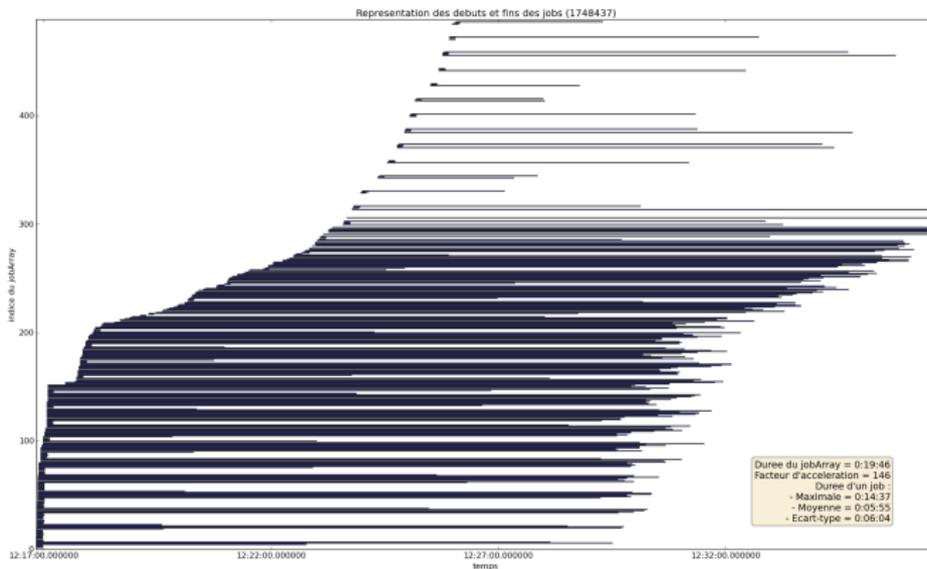
- ▶ N vues : traitements par paire et par tuile
- ▶ Stéréo-rectification locale (géométrie épipolaire)
- ▶ Mise en correspondance : algorithme au choix (MSMW, SGBM, MGM, MicMac, Flots Optiques ...)



Source : De Franchis, C. (2015). Earth Observation and Stereo Vision (Doctoral dissertation, Université Paris-Saclay).

## Déploiement S2P sur cluster CNES

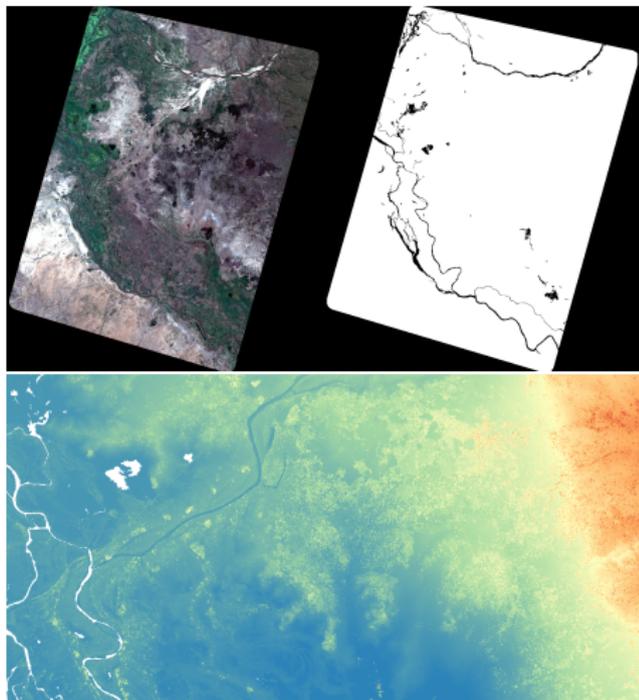
Distribution du traitement des tuiles sur les noeuds du centre de calcul du CNES



## Pré et post-traitements automatisés

### Chaîne MNS Pléiades

- ▶ Fusion P+XS avec OTB
- ▶ Calcul d'un masque d'eau avec OTB
- ▶ **Paramétrage et exécution S2P**
- ▶ Filtrage des nuages de points (outliers) avec PCL
- ▶ Mise en forme du MNS final avec OTB
- ▶ Ingestion LidarViewer + Potree (Visualisation)



### Logiciels

- ▶ OTB : [www.orfeo-toolbox.org](http://www.orfeo-toolbox.org)
- ▶ PCL : [www.pointclouds.org](http://www.pointclouds.org)

# Outline

## Introduction

Introduction  
Principes du MNS par stéréoscopie

## S2P et l'atelier 3D

S2P (CMLA et CNES)  
Atelier 3D (CNES)

## Erreurs de mesure, défauts, évaluation

L'erreur de mesure  
Les défauts courants  
Évaluer la précision des MNS

## Exemple et démonstration

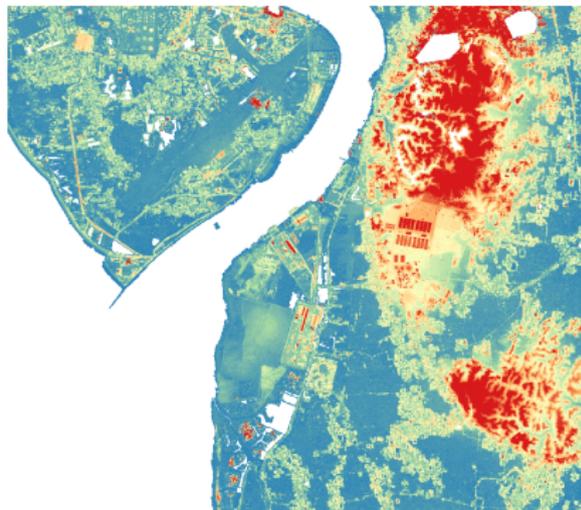
Exemple : Camargue  
Démonstration

## Conclusion



## Données manquantes

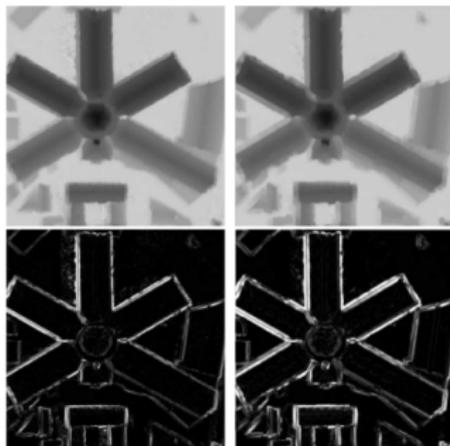
- ▶ Échec de la mise en correspondance :
  - ▶ Oclusions (point visible dans une seule vue)
  - ▶ Bruit ou variance insuffisante (eau, ombres ...)
  - ▶ Mouvements pour la stéréo asynchrone (eau, véhicules ...)
  - ▶ Nuages
  - ▶ Ambiguïtés
- ▶ Certaines méthodes interpolent, régularisent ou laisse le choix à l'utilisateur (score de corrélation)
- ▶ MAIS : Tous les MNS ont des trous (qui peuvent ensuite être interpolés)



## Adhérence, outliers

### Adhérence

Hypothèse de disparité constante dans la fenêtre d'analyse

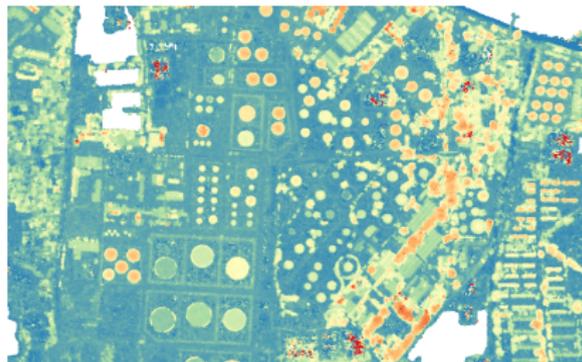


Source : Blanchet, G., Buades, A., Coll, B., Morel, J. M., & Rougé, B. (2011). Fattening free block matching. *Journal of mathematical imaging and vision*, 41(1-2), 109-121.

### Outliers

Erreurs de mise en correspondance :

- ▶ Détection a priori
- ▶ Filtrage a posteriori (nuages de points ou carte de disparité)



Difficile à filtrer en cas de bruit structuré  
(paquets d'outliers cohérents)

## Précautions

On demande souvent une précision en mètre ... Mais cela a-t-il du sens ?

### Que mesure-t-on ?

- ▶ Contribution géométrique de l'erreur :
  - ▶ Décalage altimétrique basse fréquence
  - ▶ ... Mais aussi décalage planimétrique
  - ▶ Défauts liés au capteur, pas au MNS !
- ▶ Attention aux outliers dans les statistiques

### Quelle référence ?

- ▶ Référence Lidar :
  - ▶ Desynchro temporelle
  - ▶ Quelle est la qualité de la donnée de référence ?
  - ▶ Raster ou nuage de points ?
- ▶ Référence GPS (ou IceSat) :
  - ▶ Quelle taille pour le spot ?
  - ▶ Comment s'assurer du calage ?
  - ▶ Qualité des données ?

## Bilan

- ▶ Ce qu'on sait faire : mesures statistiques globales non biaisées par les outliers et par l'erreur géométrique
- ▶ Ce qu'on ne sait pas faire : interpréter localement l'erreur et la fidélité morphologique (ex. bâtiments)
- ▶ A considérer également : qualités intrinsèques (complétude, régularité ...)

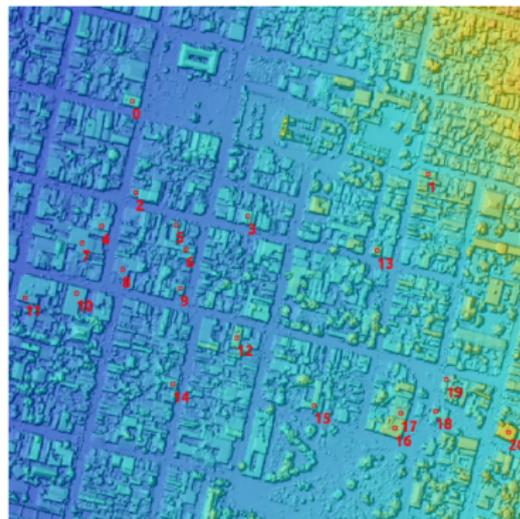
## Quelques méthodologies : Berthier et al. (LEGOS)

- ▶ Données : Paire PHR1B 10.10.2013, b/h=0.45 (Tungnafellsjökull, Islande)
- ▶ Référence : Lidar à 2m 08.2011 (précision médiane 0.03 m, écart-type 0.24m) + traces GPS
- ▶ Correction planimétrique et altimétrique par minimisation de l'écart-type des différences avec la référence (hors neige et glace)
- ▶ Statistiques sur dh hors neige et glaces : moyenne, médiane écart-type, NMAD
- ▶ Complétude (pourcentage de données manquantes)

Soft	Min_dh OFF (m)	Max_dh OFF (m)	Stddev_dh OFF (m)	NMAD_dh OFF (m)
<b>Median All DSM</b>			<b>0.47</b>	<b>0.29</b>
Angelo DLR No Gap	-11	14	0.43	0.24
Berthier Geomatica	-49	53	0.49	0.26
deFranchis S2P	-83	15	0.80	0.48
<b>Michel s2p 2017</b>	<b>-49</b>	<b>14</b>	<b>0.46</b>	<b>0.25</b>
Delomenie No Gap	-65	19	0.48	0.30
Durand Mic Mac	-11	13	0.44	0.28
Ferry ERDAS	-71	14	0.47	0.22
Gascoin ERDAS	-26	45	0.48	0.22
Girod Mic Mac	-22	16	1.06	0.86
Guerin Mic Mac	-11	13	0.47	0.32
Howat SETSM No Gap	-11	13	0.42	0.27
Lacroix ASP	-15	21	0.65	0.41
Berthier ASP v2.5.1	-14	24	0.49	0.29
Magnusson ERDAS	-99	16	0.70	0.45
Rosu Mic Mac	-11	13	0.43	0.30
<b>Rup/Del MicMac</b>	<b>-11</b>	<b>13</b>	<b>0.45</b>	<b>0.29</b>
Stumpf Imagine	-12	43	0.46	0.24

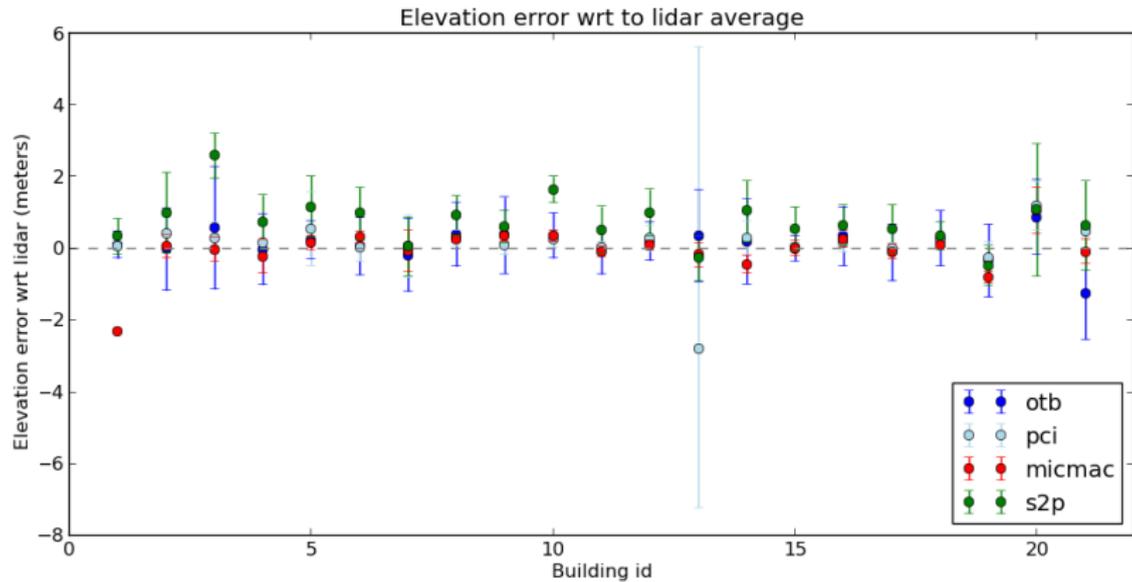
## Quelques méthodologies : Durand et al.

- ▶ Données : Triplet PHR 19.06.2012 (Port aux Princes, Haïti)
- ▶ Référence : lidar à 1m 01.2010 (précision altimétrique : 0.039m)
- ▶ Correction planimétrique manuelle
- ▶ Digitalisation Manuelle de 21 emprises carrées de 5mx5m au centre de bâtiments à toit plat
- ▶ Moyenne et écart type de la différence avec la moyenne du Lidar sur chaque emprise



Durand A., Michel J., de Franchis C., Allenbach B., Giros A., 2013. Qualitative assessment of four DSM generation approaches using Pleiades - HR data. EARSeL Symposium, pp. 499-510.

## Quelques méthodologies : Durand et al.



## Quelques méthodologies : challenge IARPA

<https://www.iarpa.gov/challenges/3dchallenge.html>

- ▶ Challenge organisée par la IARPA
- ▶ Données : 50 images Worldview à 30 cm (Buenos Aires)
- ▶ Référence : Lidar, pas d'information complémentaire
- ▶ Recalage par translation  $x,y,z$  avant comparaison
- ▶ Calcul de l'erreur RMS
- ▶ Calcul de la complétude

Challenge remporté par le CMLA avec une solution basée sur S2P

# Outline

## Introduction

Introduction  
Principes du MNS par stéréoscopie

## S2P et l'atelier 3D

S2P (CMLA et CNES)  
Atelier 3D (CNES)

## Erreurs de mesure, défauts, évaluation

L'erreur de mesure  
Les défauts courants  
Évaluer la précision des MNS

## Exemple et démonstration

Exemple : Camargue  
Démonstration

## Conclusion

## Exemple : Camargue

### Données

- ▶ Stéréo PHR1B du 14 avril 2015 (max 12°)
- ▶ Stéréo PHR1B du 1er avril 2015 (max 14°)
- ▶ Stéréo PHR1B du 17 mai 2015 (max 8°)
- ▶ Stéréo PHR1A du 30 mai 2015 (max 10°)

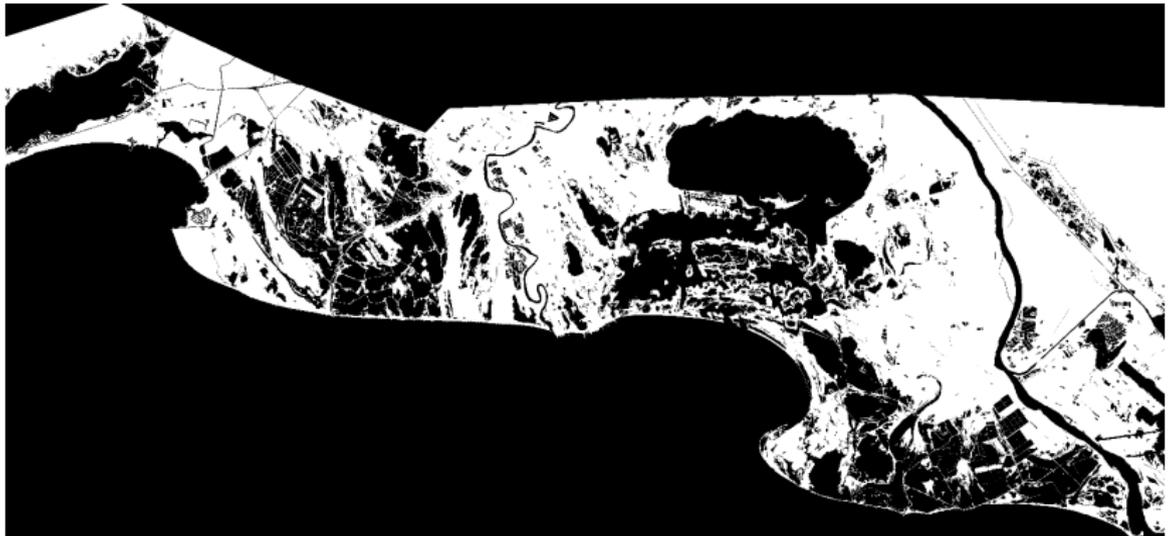
### Configuration

- ▶ Taille de tuile : 800, algorithme MGM, avec interpolation gaussienne
- ▶ Recalage altimétrique sur SRTM
- ▶ Mosaiquage
- ▶ Retraitement de l'image du 17 mai (anomalie RPC)
- ▶ Ortho XS associée

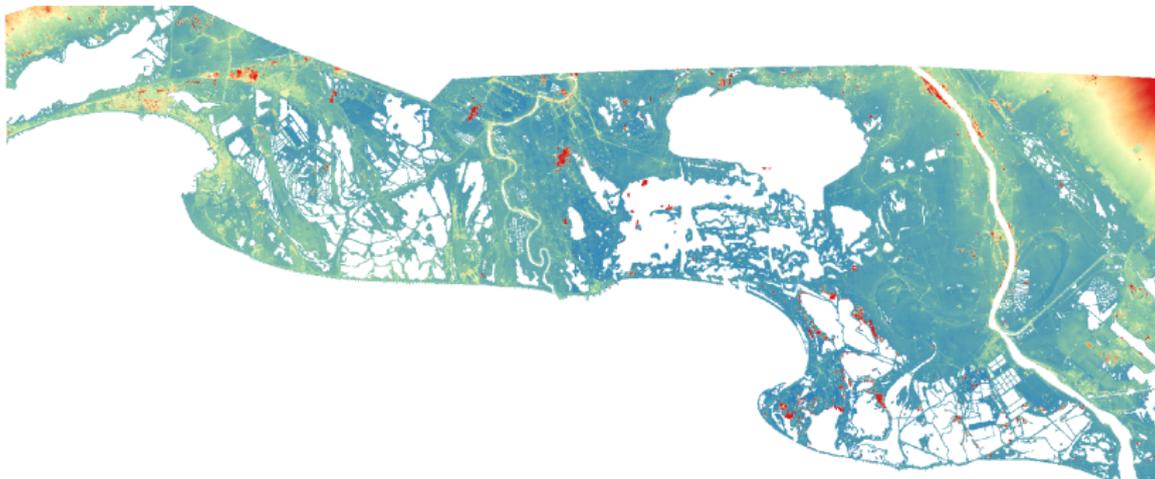
## Données (Ortho)



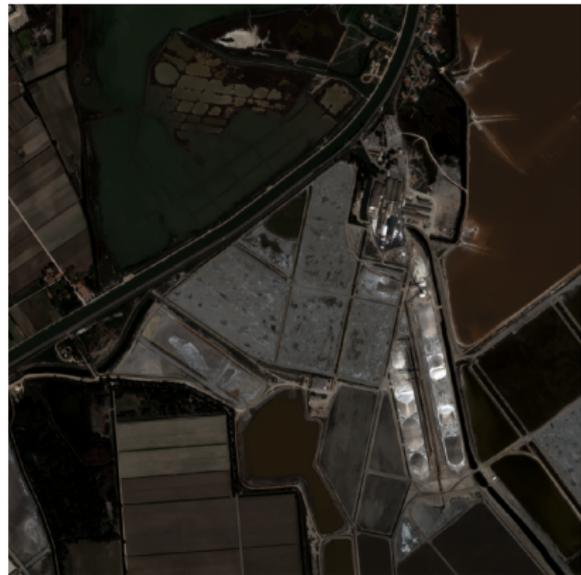
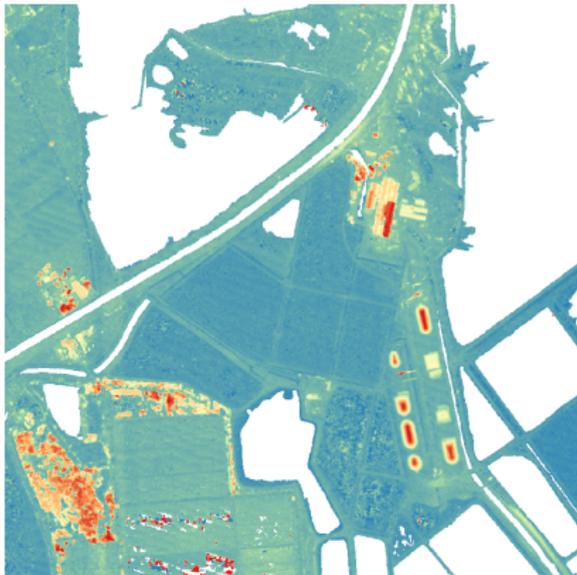
## Données (masque)



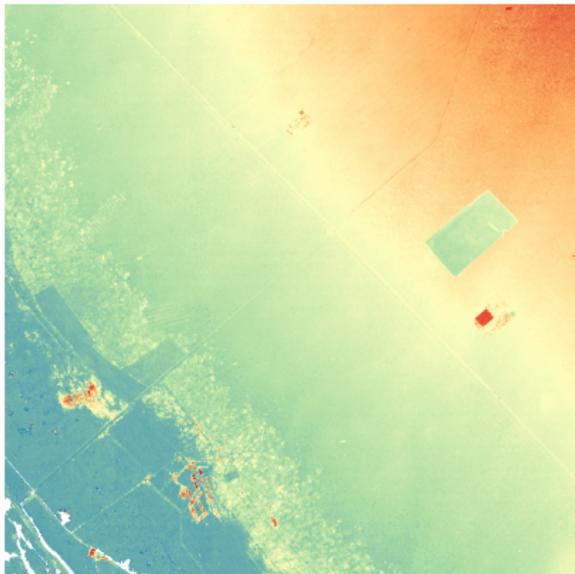
## Résultats



## Résultats (détails 1)



## Résultats (détails 2)



# Démonstration

Visualisation de nuages de points 3d issus de reconstruction complète PHR  
en utilisant Potree

[www.potree.org](http://www.potree.org)

# Outline

## Introduction

Introduction  
Principes du MNS par stéréoscopie

## S2P et l'atelier 3D

S2P (CMLA et CNES)  
Atelier 3D (CNES)

## Erreurs de mesure, défauts, évaluation

L'erreur de mesure  
Les défauts courants  
Évaluer la précision des MNS

## Exemple et démonstration

Exemple : Camargue  
Démonstration

## Conclusion

## Conclusion

- ▶ Restitution 3D = sujet très actif en THR optique
- ▶ Processus algorithmique != mesure physique
- ▶ Coeur : mise en correspondance et modélisation géométrique
- ▶ Nombreux pré et post-traitements pour générer un MNS
- ▶ Beaucoup d'outils disponibles, à combiner
- ▶ Evaluation des performances : difficile mais nécessaire
- ▶ Tendance actuelle : augmentation du nombre de prises de vues (multi-dates)
- ▶ Journées CCT 3D les 22 et 23 juin à Toulouse (ENSHEEIT)

Merci pour votre attention ! Questions ?