INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES STRASBOURG

PRÉSENTATION FORUM DE L'AFT 2018

Etude pour l'utilisation de la photogrammétrie numérique pour la modélisation de fonds de modèles physiques

Compagnie Nationale du Rhône
Directeur de PFE : *M. Paul-Henri FAURE*

Présentation au forum de l'AFT le Jeudi 29 mars 2018
Par *M. Maxime CARTIER-XATARD*

LE PROJET DE LA LOIRE

- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE

- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE

- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS

- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

PLAN DE LA PRÉSENTATION

LE PROJET DE LA LOIRE

LE PROJET DE LA LOIRE

- **Le modèle physique de la Loire**
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE

- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE

- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS

- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Le modèle physique de la Loire

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

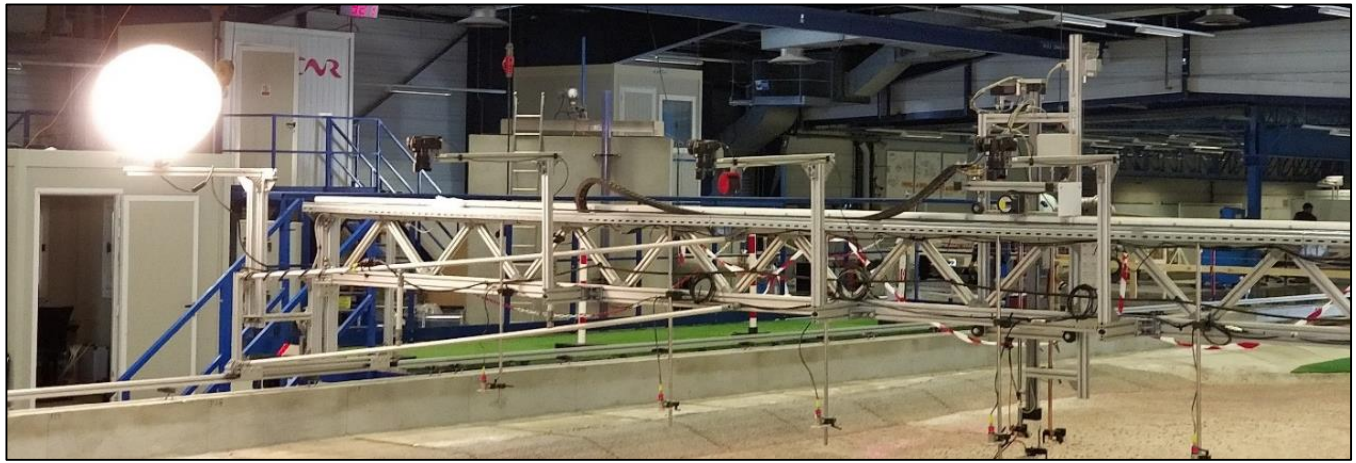
TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles
- Exploitation et livrables

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Le modèle physique de la Loire

Objectifs principaux

- Vérifier l'impact sédimentaire du pont de Bellevue
- Définir les aménagements possibles pour la création d'un remous solide
- Vérifier que l'aménagement proposé ne provoque pas d'affouillement
- Outil de communication avec les partenaires



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- **Pourquoi la photogrammétrie ?**
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Pourquoi choisir la photogrammétrie ?

Méthodologie actuelle :

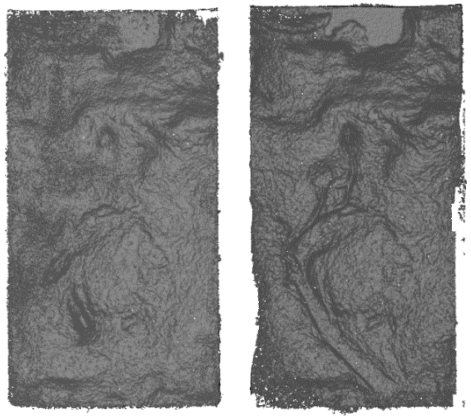
- Drainage
- Relevé au scanner laser

Contraintes :

- Déformation des fonds
- Nécessité d'effectuer plusieurs stations

Intervention de la photogrammétrie :

- Mesure de la bathymétrie en eau
- Acquisition d'un bloc



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- **Objectifs du PFE**
- Hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Objectifs du PFE

Objectifs techniques

- Permettre une inspection visuelle de la bathymétrie à travers l'eau
- Mise en place d'une nouvelle méthodologie opérationnelle d'acquisition
- Passage de profils en travers à un modèle 3D
- Précision de 5 mm pour calcul de volumes

Niveau qualitatif

Niveau quantitatif

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- **Hypothèses**

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Hypothèses

- L'éclairage est uniforme sur les modèles photographiés
- Le plan d'eau du modèle est planaire et horizontal
- L'interface air-eau est sans épaisseur et négligeable
- Les instruments sont utilisés dans les limites d'utilisation optimales
- Les calibrations utilisées sont supposées inchangées lors de l'étude
- La turbidité de l'eau n'influe pas sur l'acquisition de mesures
- Les photos sont capturées aux alentours de la verticale (moins de 10° par rapport au nadir)

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEUX HÉTÉROGÈNES

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- **Le phénomène de réfraction**
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Le phénomène de réfraction

Définition d'après le grand dictionnaire terminologique (GDT) :

« Phénomène caractérisé par le changement de la direction de propagation d'un rayonnement, lequel changement est déterminé par les variations de la vitesse de propagation dans un milieu optiquement non homogène, ou au passage d'un milieu à un autre ».

Loi de Snell Descartes :

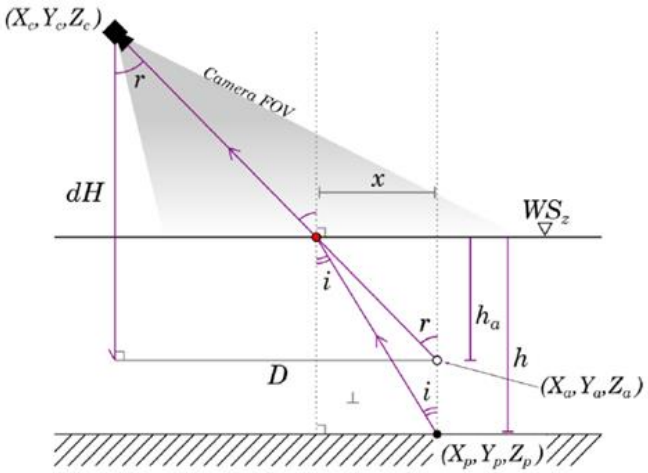
$$n_1.sin(i_1) = n_2.sin(i_2)$$

n1 : indice de réfraction de l'air

n2 : indice de réfraction de l'eau (1.337)

i1 : angle d'incidence

i2 : angle de réfraction



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- **Algorithme de J. T. Dietrich**

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

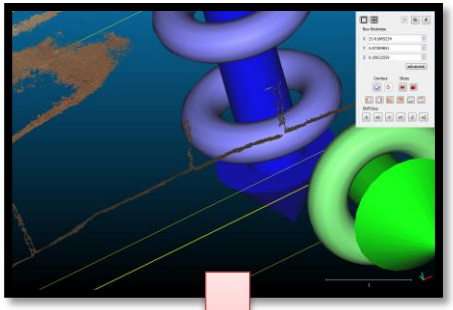
Algorithme de correction de J. T. Dietrich

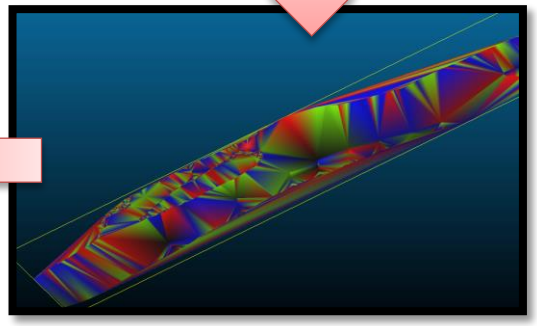
Spécificités

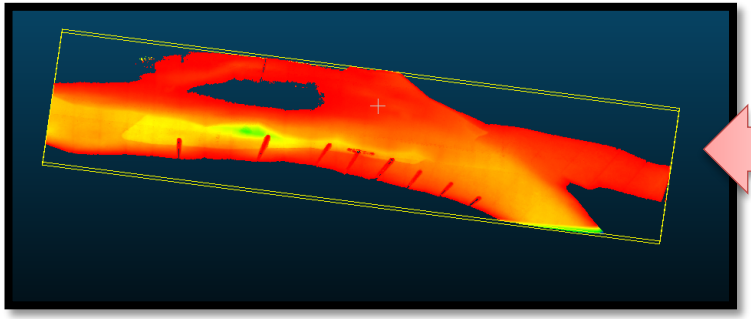
- Basé sur la loi de Snell Descartes :

$$n_1.sin(i_1) = n_2.sin(i_2)$$

- Traitement et filtrage du nuage avant application
- Correction individuelle des points immergés







LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- **Algorithme de J. T. Dietrich**

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etapes de traitement

Nuage de points
PhotoScan

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

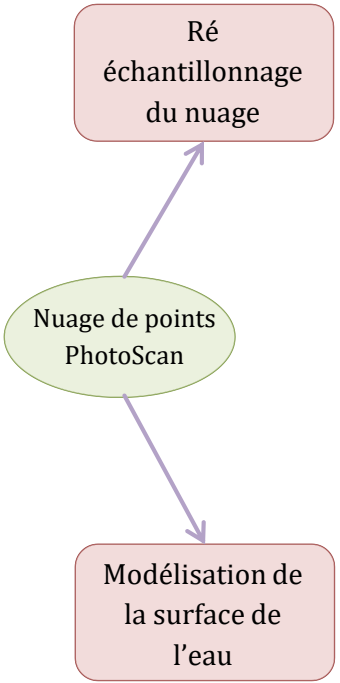
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- **Algorithme de J. T. Dietrich**

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etapes de traitement



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

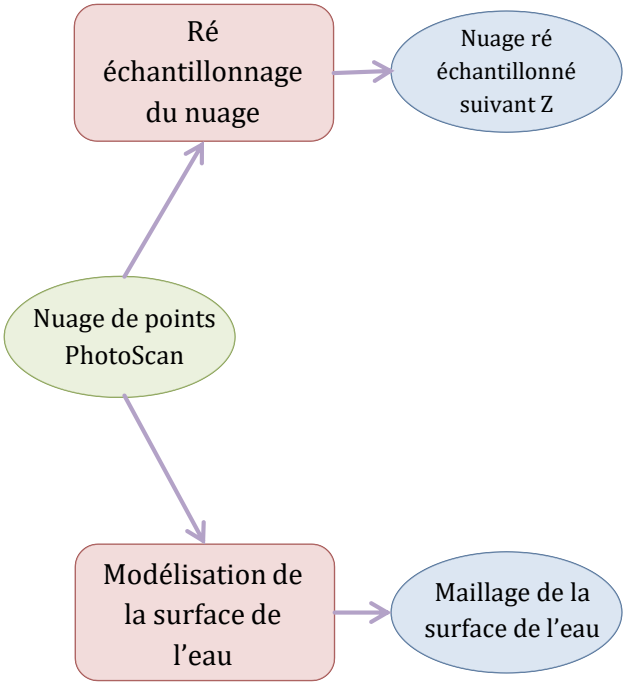
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- **Algorithme de J. T. Dietrich**

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etapes de traitement



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

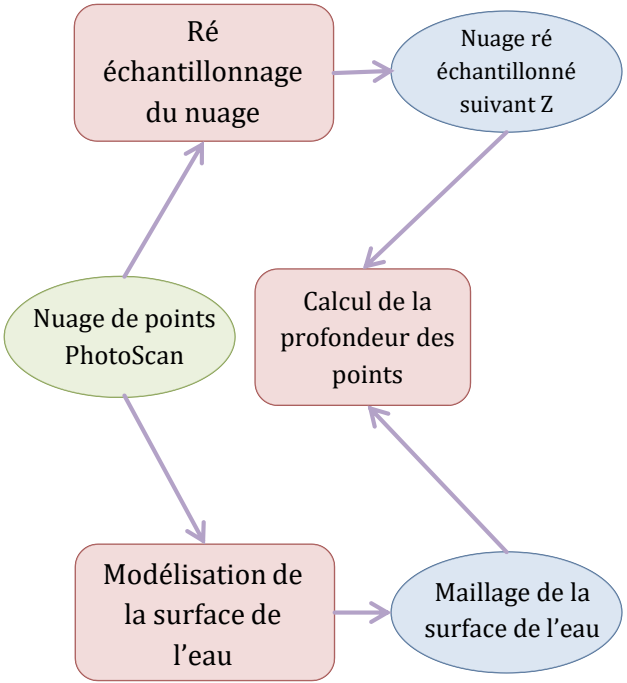
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- **Algorithme de J. T. Dietrich**

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etapes de traitement



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

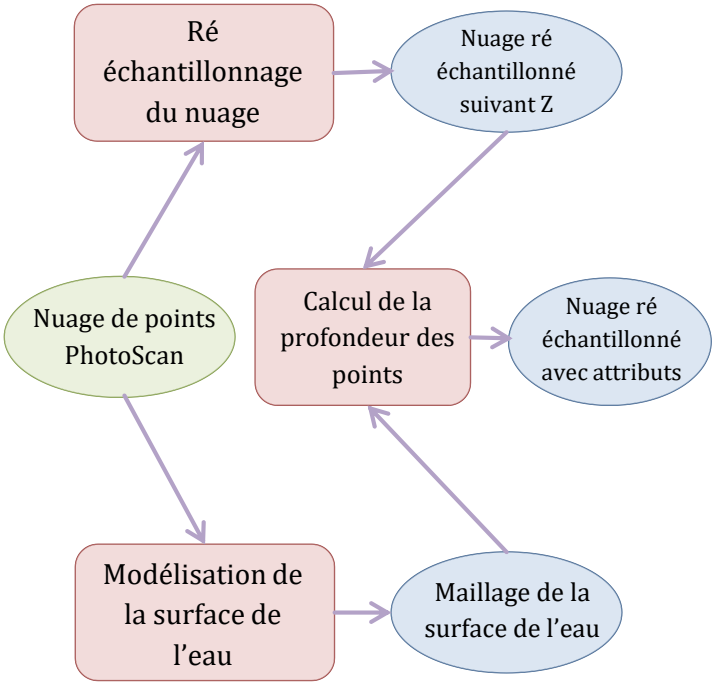
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- **Algorithme de J. T. Dietrich**

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etapes de traitement



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

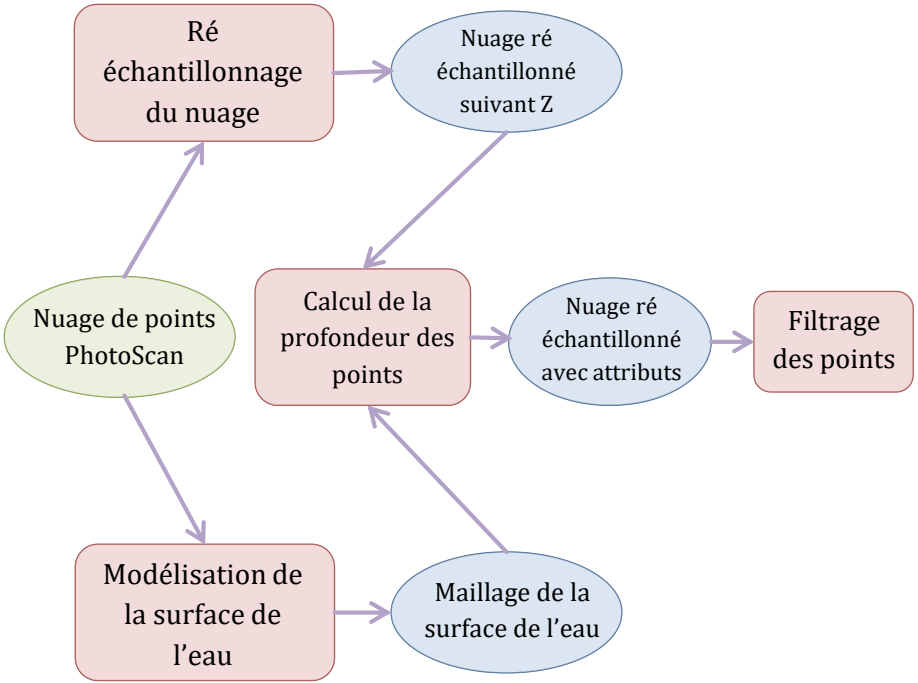
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- **Algorithme de J. T. Dietrich**

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etapes de traitement



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

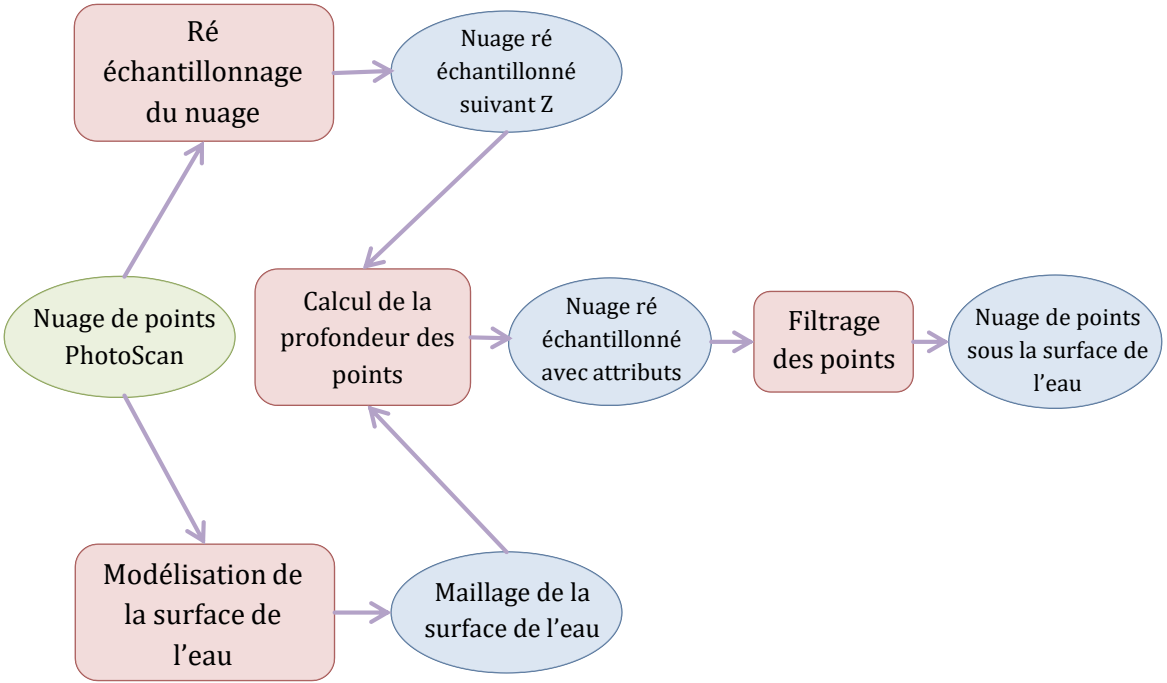
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- **Algorithme de J. T. Dietrich**

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etapes de traitement



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

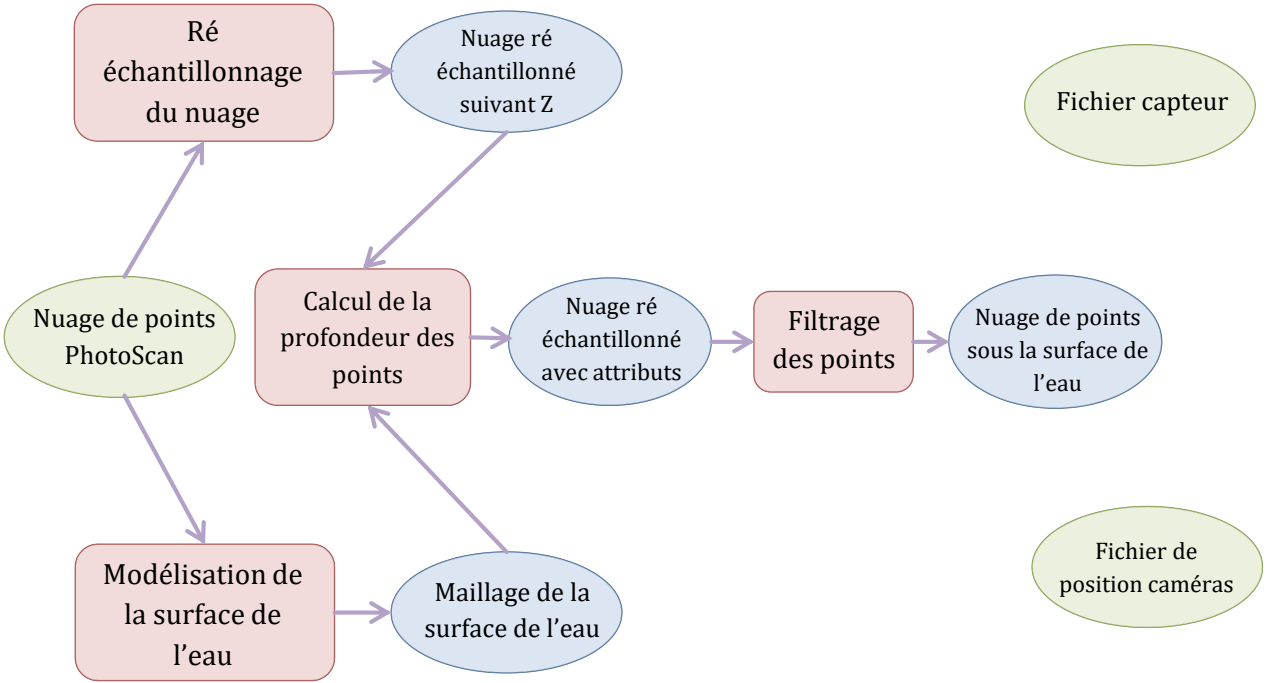
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- **Algorithme de J. T. Dietrich**

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etapes de traitement



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

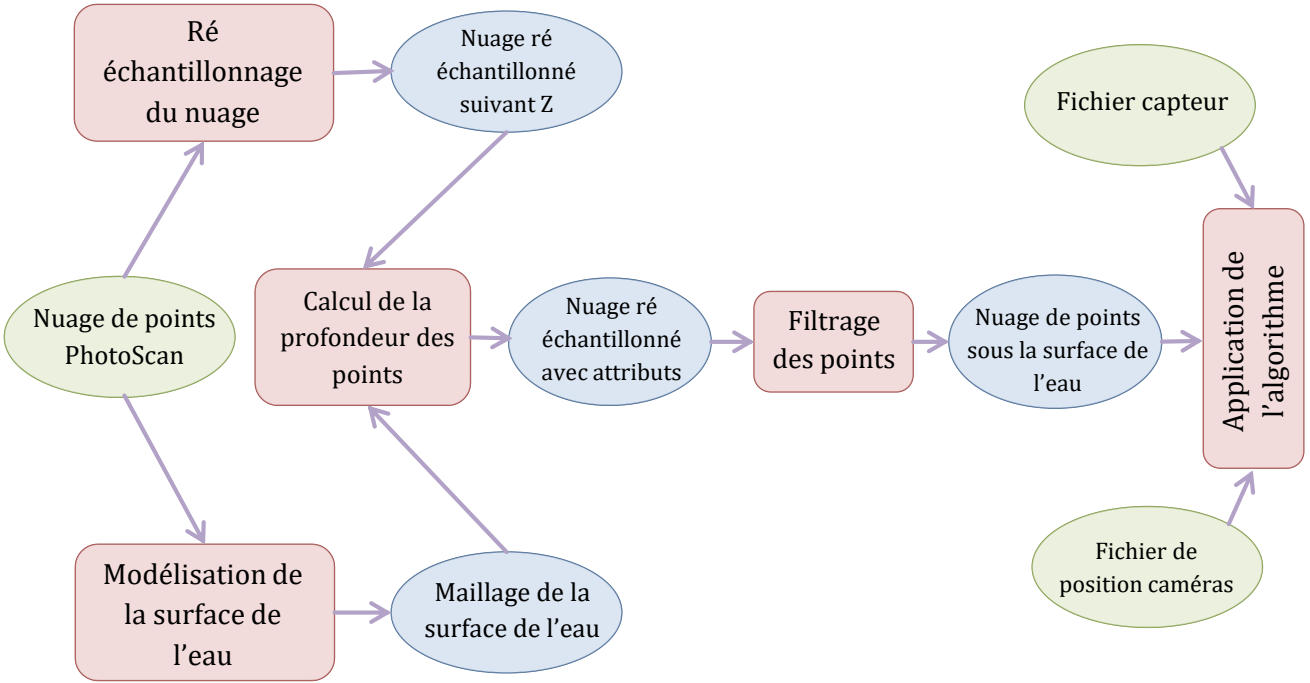
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- **Algorithme de J. T. Dietrich**

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etapes de traitement



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

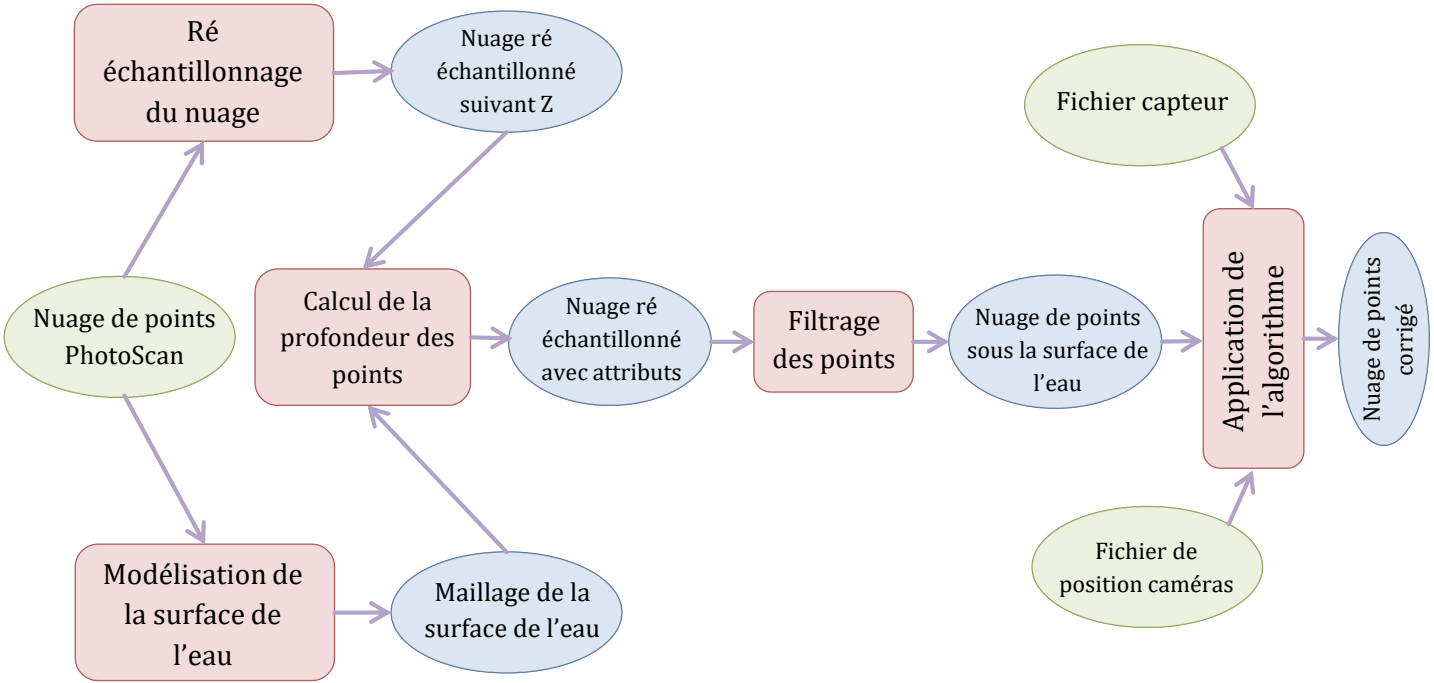
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- **Algorithme de J. T. Dietrich**

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etapes de traitement



SOLUTION DÉVELOPPÉE

SOLUTION DÉVELOPPÉE

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

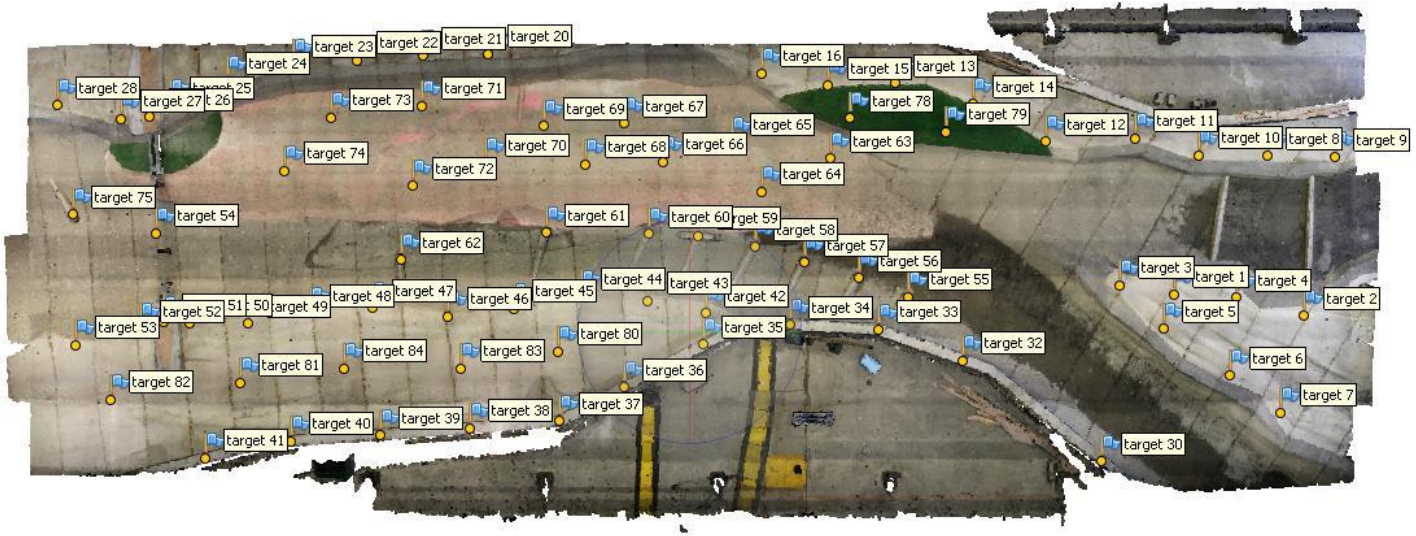
SOLUTION DÉVELOPPÉE
- **Caractéristiques**
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Caractéristiques de la solution d'acquisition développée

- 84 Cibles PhotoScan codées imprimées sur PVC
  - Détection automatique dans le logiciel
  - Evite l'imprécision de pointé utilisateur
  - Matérialisation durable



SOLUTION DÉVELOPPÉE

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

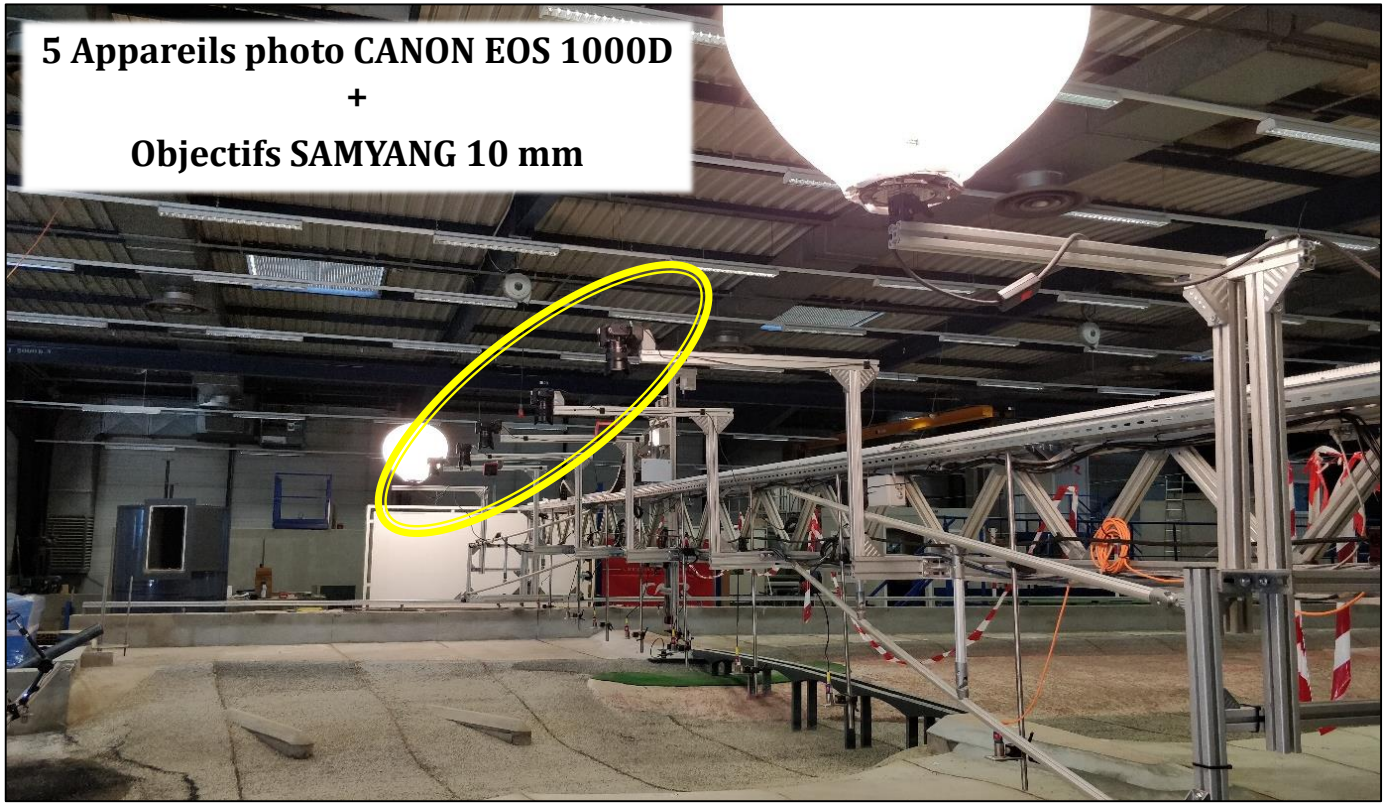
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- **Caractéristiques**
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Caractéristiques de la solution d'acquisition développée



SOLUTION DÉVELOPPÉE

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- **Caractéristiques**
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Caractéristiques de la solution d'acquisition développée

SOLUTION DÉVELOPPÉE

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

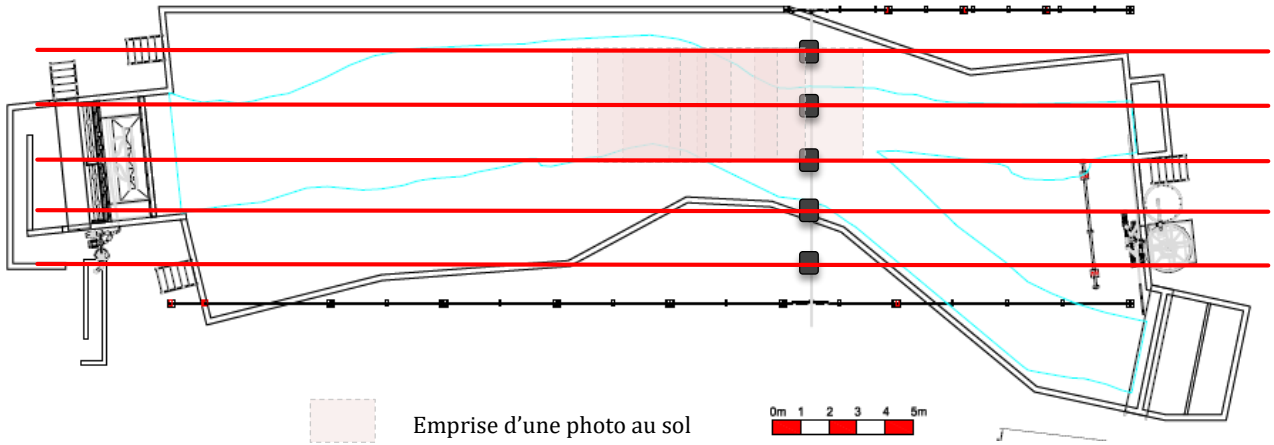
SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- **Plan de vol et dimensions**

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Plan de vol

- 5 bandes de photos
- Recouvrement latéral ~ 50%
- Recouvrement longitudinal ~ 80%
- Taille du pixel au sol : ~ 1.2 mm



SOLUTION DÉVELOPPÉE

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

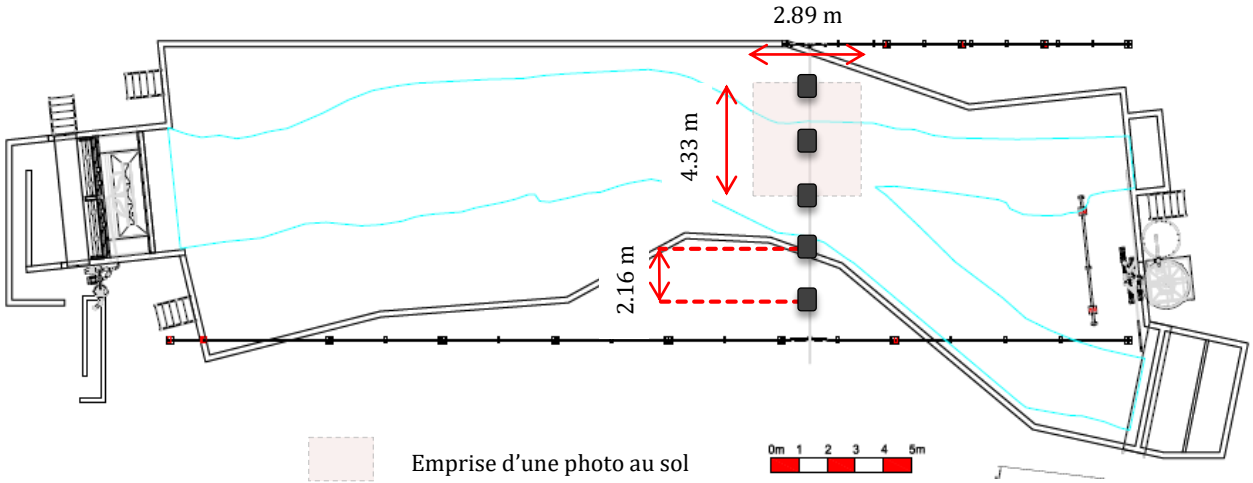
SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- **Plan de vol et dimensions**

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Dimensions

- 5 bandes de photos
- Recouvrement latéral ~ 50%
- Recouvrement longitudinal ~ 80%
- Taille du pixel au sol : ~ 1.2 mm



SOLUTION DÉVELOPPÉE

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

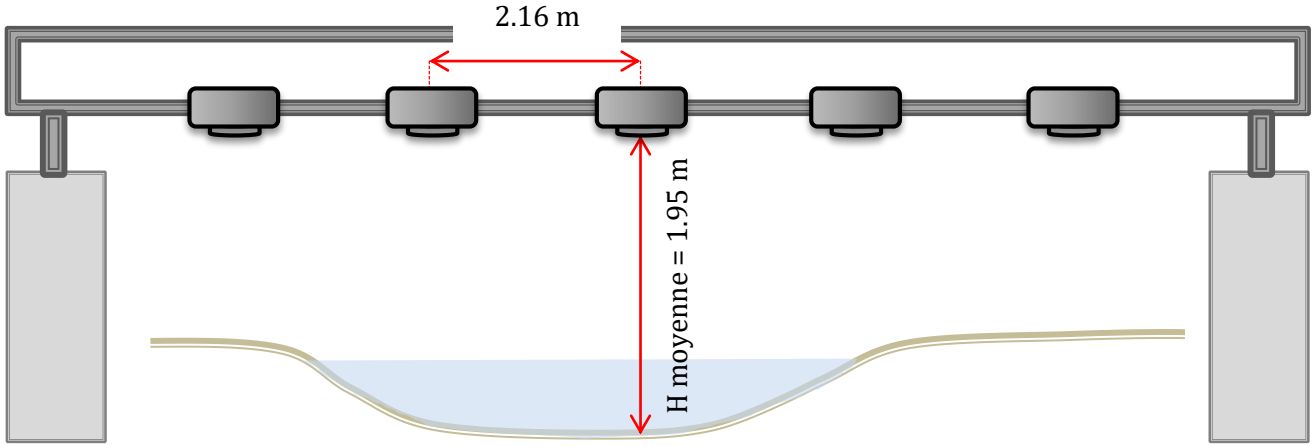
SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- **Plan de vol et dimensions**

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Dimensions

- 5 bandes de photos
- Recouvrement latéral ~ 50%
- Recouvrement longitudinal ~ 80%
- Taille du pixel au sol : ~ 1.2 mm



SOLUTION DÉVELOPPÉE

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- **Plan de vol et dimensions**

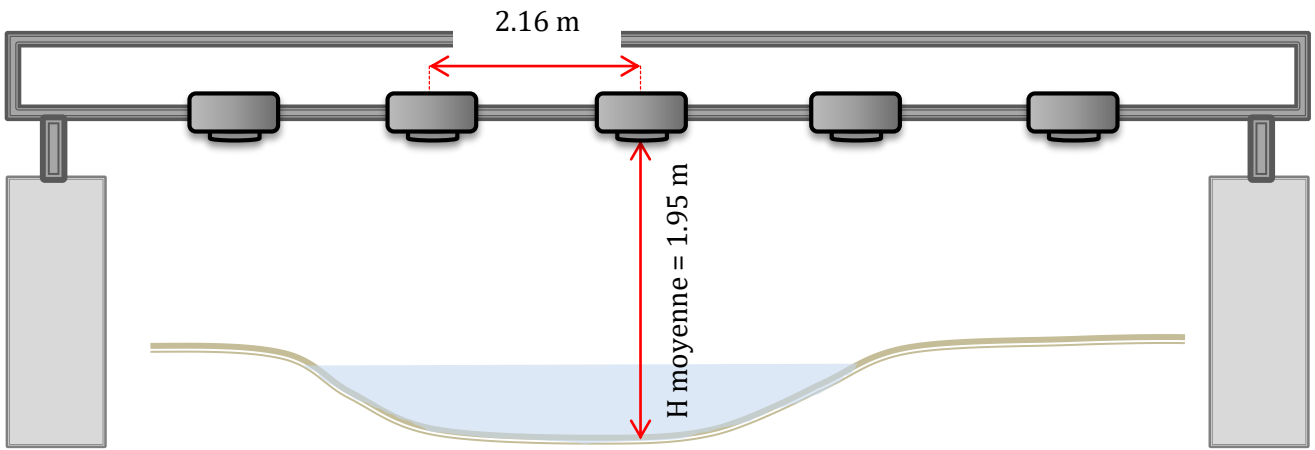
TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Dimensions

- 5 bandes de photos
- Recouvrement latéral ~ 50%
- Recouvrement longitudinal ~ 80%
- Taille du pixel au sol : ~ 1.2 mm

5 x 50 photos
=
250 photos



TRAVAUX RÉALISÉS

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- **Etude sur fonds fixes**
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Bases de comparaison

- 84 cibles réparties sur l'ensemble du modèle

  ~ 45 points de calage hors de l'eau

  ~ 40 points de contrôle en eau

- Ecarts sur les points de calage et de vérification

- Ecarts observés entre le nuage de référence et les nuages générés

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- **Etude sur fonds fixes**
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etude sur fonds fixes

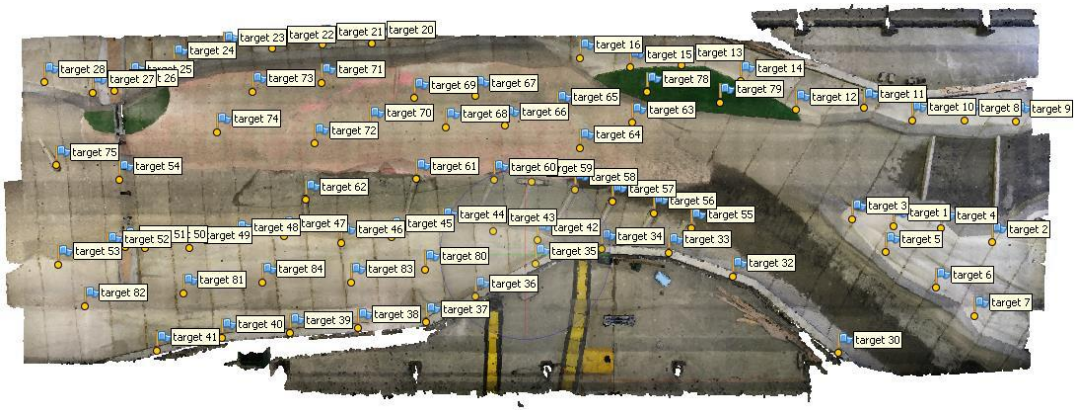
Comparaison N°1

Nuage de référence

Nuage du modèle sans sédiment à vide

Nuage comparé

Nuage du modèle sans sédiment en eau



TRAVAUX ET RÉSULTATS

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Ecarts du nuage du modèle sans sédiment en eau

Emq sur les points de calage hors eau

Cibles	Erreur X (mm)	Erreur Y (mm)	Erreur Z (mm)	Erreur plani. (mm)	Total (mm)
42	0.9	0.8	2.1	1.3	2.4

Emq sur les points de vérification immergés

Cibles	Erreur X (mm)	Erreur Y (mm)	Erreur Z (mm)	Erreur plani. (mm)	Total (mm)
20	1.2	0.9	7.1	1.5	7.3

- Hausse des écarts en Z
- Supérieurs à l'objectif défini

TRAVAUX ET RÉSULTATS

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

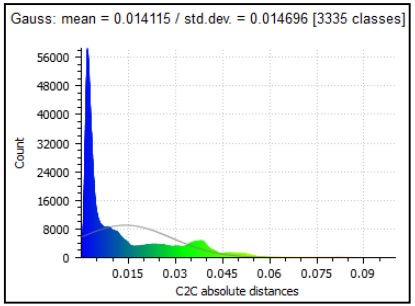
TRAVAUX ET RÉSULTATS
- **Etude sur fonds fixes**
- Application aux fonds mobiles

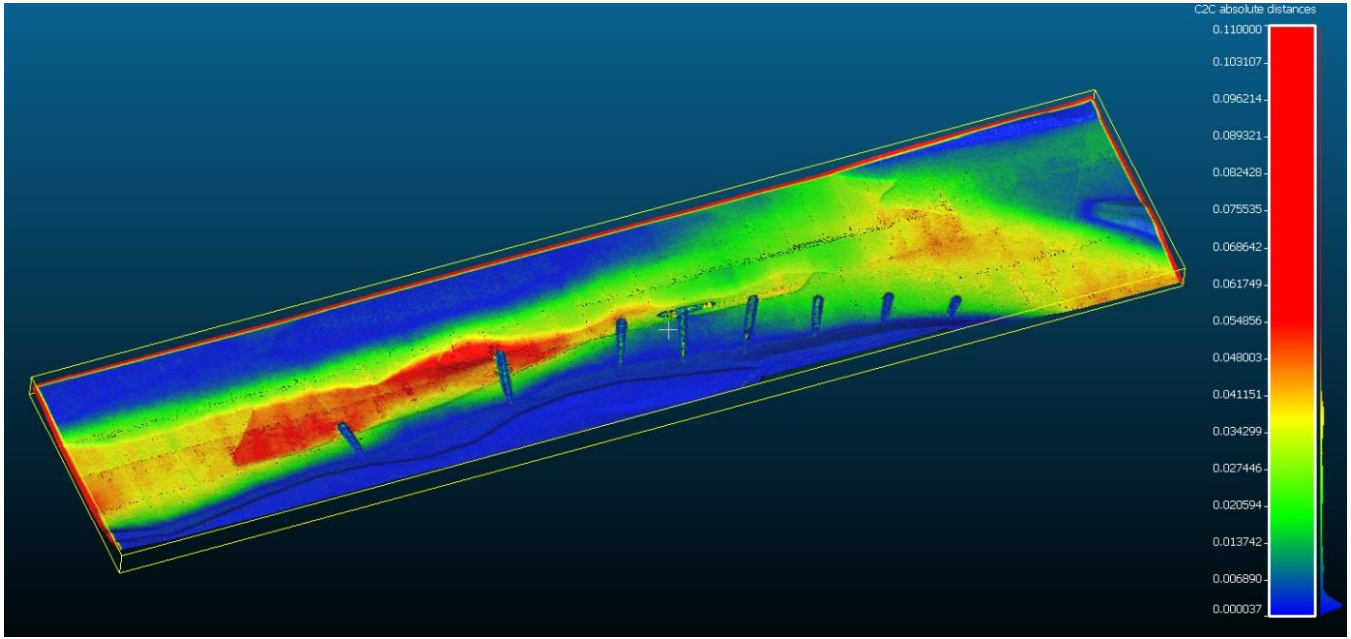
CONCLUSION & PERSPECTIVES

Comparaison sous CloudCompare

Histogramme des écarts et visuel

- Moyenne des écarts : 1.4 cm
- Ecart type : 1.5 cm





LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- **Etude sur fonds fixes**
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etude sur fonds fixes

Comparaison N°2

Nuage de référence

Nuage du modèle sans sédiment à vide

Nuage du modèle sans sédiment en eau

Points hors eau

Points immergés

Nuage comparé

TRAVAUX ET RÉSULTATS

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

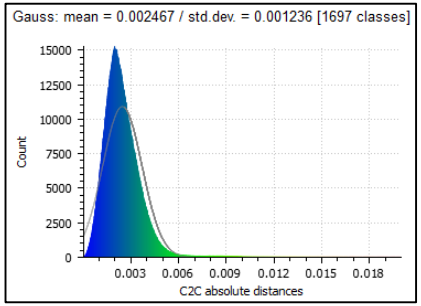
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- **Etude sur fonds fixes**
- Application aux fonds mobiles

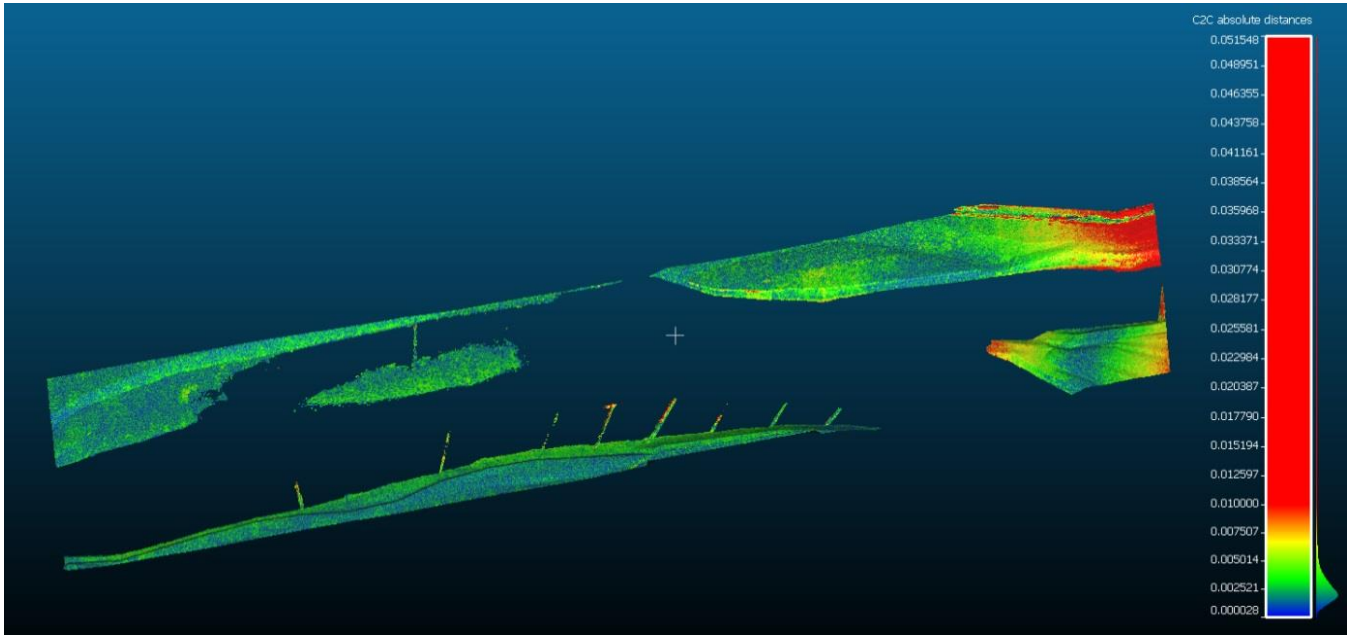
CONCLUSION & PERSPECTIVES

Comparaison du nuage de points hors eau



Histogramme des écarts et visuel

- Moyenne des écarts : 2.5 mm
- Ecart type : 1.2 mm



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- **Etude sur fonds fixes**
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etude sur fonds fixes

Comparaison N°3

Nuage de référence

Nuage du modèle sans sédiment à vide

Nuage du modèle sans sédiment en eau

Points hors eau

Points immergés

Nuage comparé

TRAVAUX ET RÉSULTATS

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

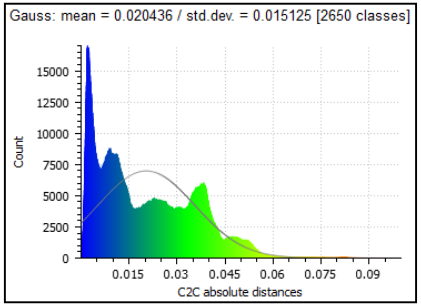
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- **Etude sur fonds fixes**
- Application aux fonds mobiles
- Exploitation et livrables

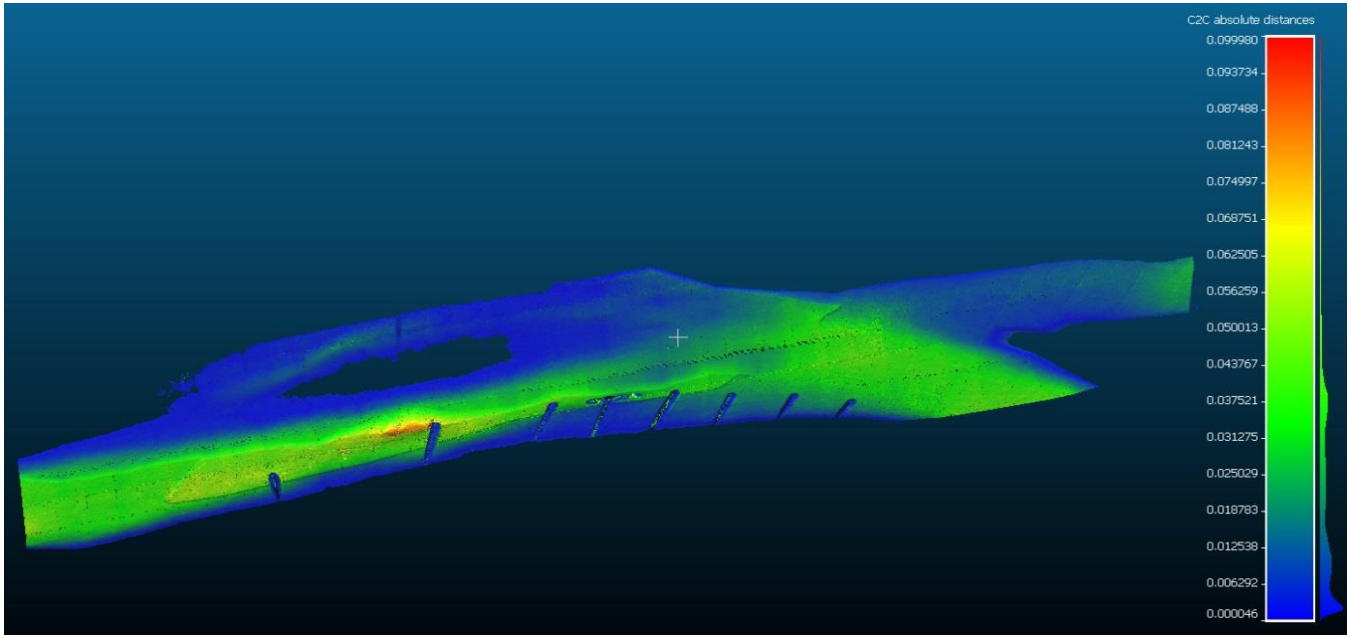
CONCLUSION & PERSPECTIVES

Comparaison du nuage de points immergés



Histogramme des écarts et visuel

- Moyenne des écarts : 2.1 cm
- Ecart type : 1.5 cm



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- **Etude sur fonds fixes**
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etude sur fonds fixes

Comparaison N°4

Nuage de référence

Nuage du modèle sans sédiment à vide

Nuage du modèle sans sédiment en eau

Points hors eau

Points immergés

Points immergés corrigés

Nuage comparé

TRAVAUX ET RÉSULTATS

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

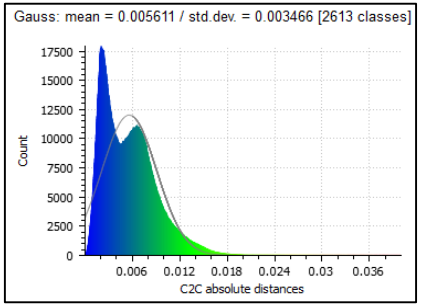
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- **Etude sur fonds fixes**
- Application aux fonds mobiles

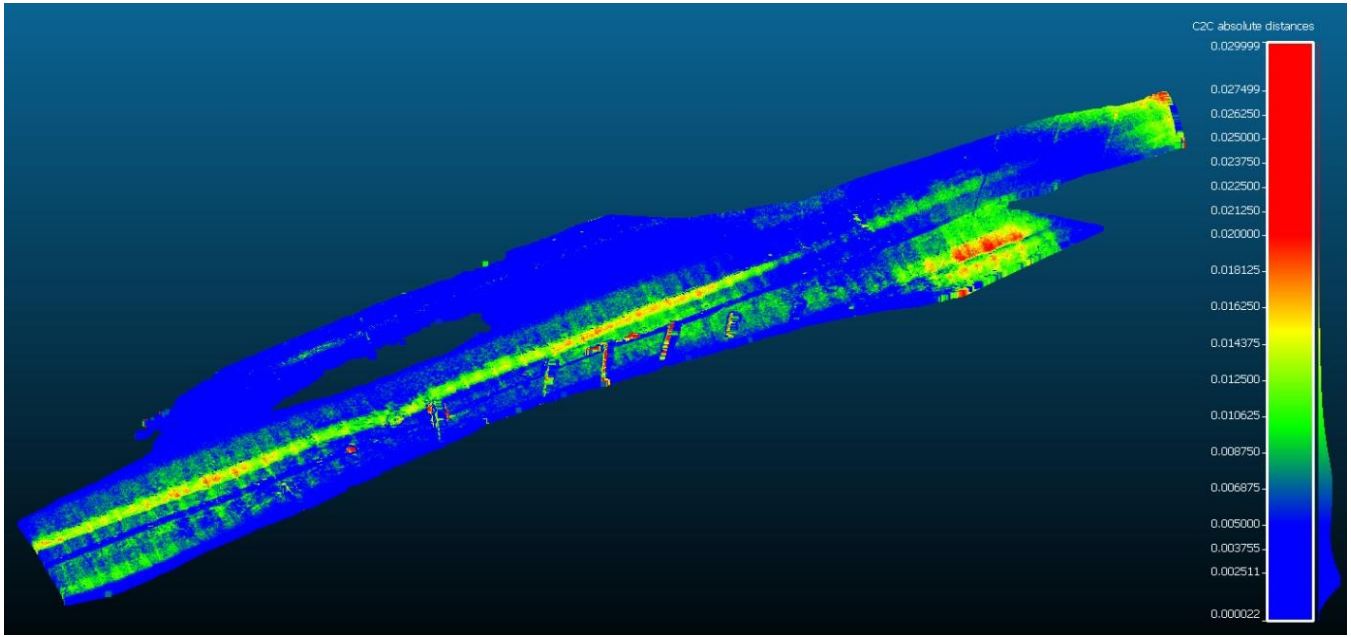
CONCLUSION & PERSPECTIVES

Comparaison du nuage de points corrigés



Histogramme des écarts après correction

- Moyenne des écarts : 5.6 mm
- Ecart type : 3.5 mm



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- **Etude sur fonds fixes**
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Etude sur fonds fixes

Comparaison 5

Nuage de référence

Nuage du modèle sans sédiment à vide

Nuage du modèle sans sédiment en eau

Points hors eau

Points immergés

Points immergés corrigés

Nuages de points fusionnés

Nuage comparé

TRAVAUX ET RÉSULTATS

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

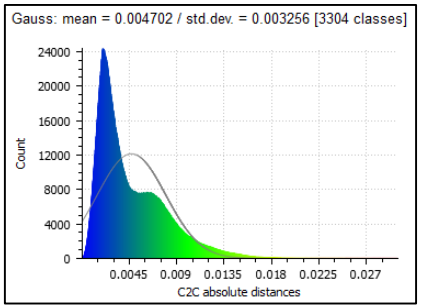
LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- **Etude sur fonds fixes**
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Comparaison du nuage après fusion

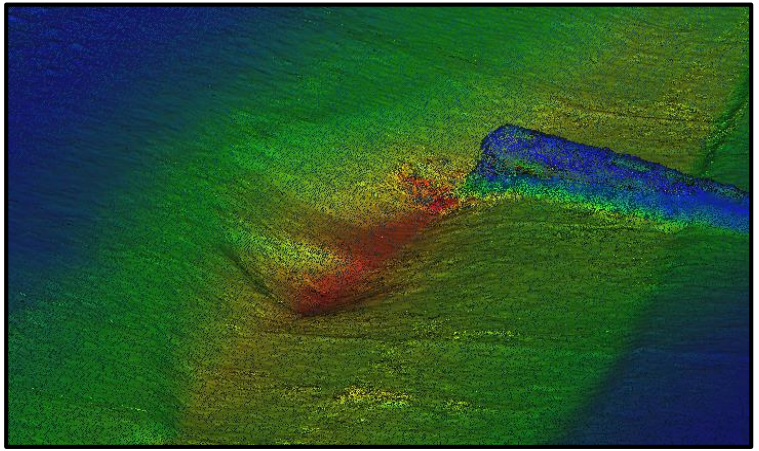


Histogramme des écarts du nuage entier

- Moyenne des écarts : 4.7 mm
- Ecart type : 3.3 mm

Point sur la correction

- Diminution des écarts de plus de 70 %
- Proportionnelle à la profondeur
- Validation de la méthodologie pour la suite de l'étude avec sédiments



LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- **Application aux fonds mobiles**

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Application aux fonds mobile

Comparaison des corrections appliquées

Nuage de référence

Nuage du modèle avec sédiments en eau avant correction

Nuage comparé

Nuage du modèle avec sédiments en eau après correction

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- **Application aux fonds mobiles**

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Application aux fonds mobile

Comparaison des corrections appliquées

Nuage de référence

Nuage du modèle avec sédiments en eau avant correction

Nuage comparé

Nuage du modèle avec sédiments en eau après correction

Emq sur les points de calage hors eau

Cibles	Erreur X (mm)	Erreur Y (mm)	Erreur Z (mm)	Erreur plani. (mm)	Total (mm)
44	1.6	1.1	1.7	1.9	2.6

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

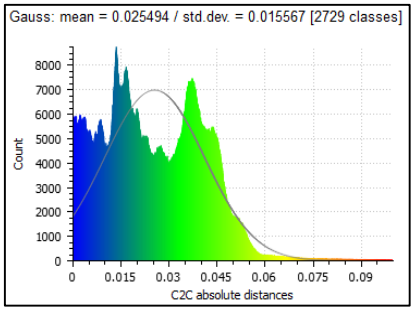
TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- **Application aux fonds mobiles**

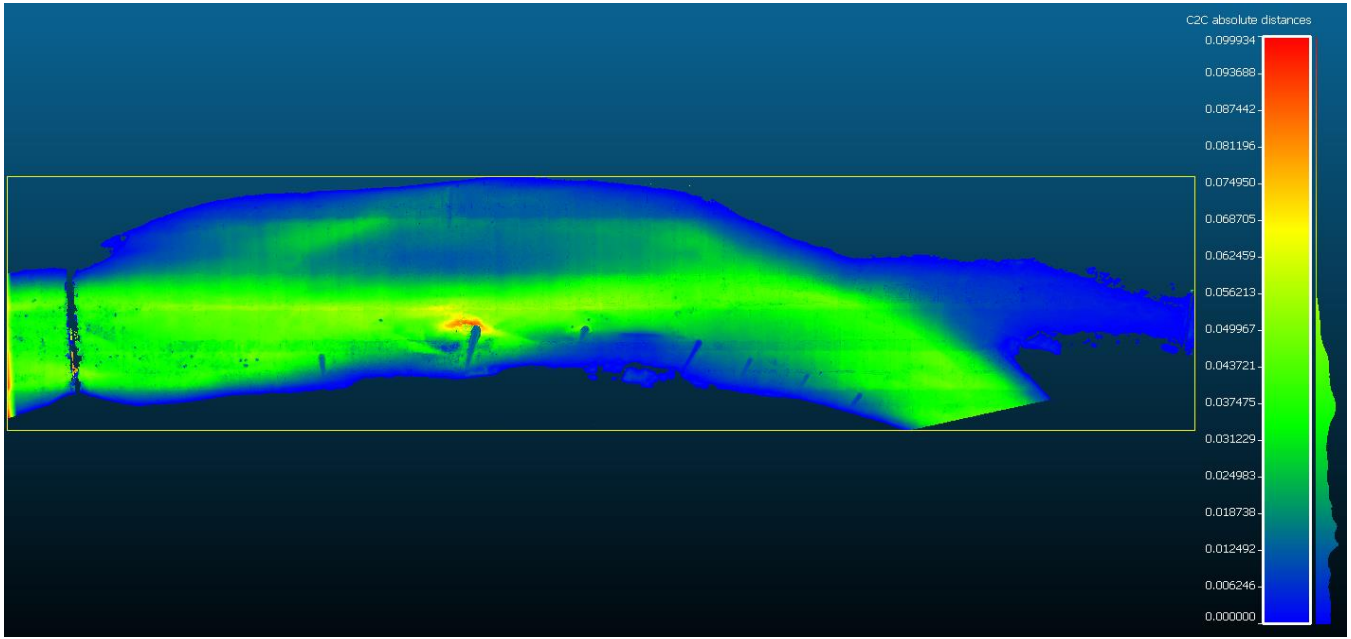
CONCLUSION & PERSPECTIVES

Application aux fonds mobiles

Histogramme des corrections appliquées

- Moyenne des corrections : 2.5 cm
- Ecart type : 1.6 cm





CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Conclusion

- **Développement d'une solution d'acquisition**

  - A l'échelle d'un modèle physique

  - Respecte les contraintes posées

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Conclusion

- **Développement d'une solution d'acquisition**
- **Mise en place d'une chaîne de traitement photogrammétrique**

  - Génération d'un nuage de points dense géoréférencé

  - Correction de la réfraction en post traitement

  - Précision ± 5 mm

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Conclusion

- **Développement d'une solution d'acquisition**
- **Mise en place d'une chaîne de traitement photogrammétrique**
- **Rédaction de protocoles pour l'utilisation opérationnelle**

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

LE PROJET DE LA LOIRE
- Le modèle physique de la Loire
- Pourquoi la photogrammétrie ?
- Objectifs du PFE
- Contraintes et hypothèses

LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN MILIEU HÉTÉROGÈNE
- Le phénomène de réfraction
- Algorithme de J. T. Dietrich

SOLUTION DÉVELOPPÉE
- Caractéristiques
- Plan de vol et dimensions

TRAVAUX ET RÉSULTATS
- Etude sur fonds fixes
- Application aux fonds mobiles

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Perspectives

- **Influence de l'ajout de photos obliques**
- **Ajout d'appareils photos et réduction des angles de champs**
- **Automatisation des prises de vues**
- **Automatisation du traitement sous PhotoScan**
- **Amélioration du script Python de J. T. Dietrich**
- **Correction de la réfraction lors de la calibration**
- **Etude de précision sur les volumes sédimentaires**

PRÉSENTATION FORUM DE L'AFT 2018

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

INSA INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES STRASBOURG

CNR

PRÉSENTATION FORUM DE L'AFT 2018

Etude pour l'utilisation de la photogrammétrie numérique pour la modélisation de fonds de modèles physiques

INSA Strasbourg
Correcteurs : *M. Pierre Grussenmeyer*
M. Emmanuel ALBY

Compagnie Nationale du Rhône
Directeur de PFE : *M. Paul-Henri FAURE*

Présentation au forum de l'AFT le Jeudi 28 Mars 2018

Par *M. Maxime CARTIER-XATARD*