

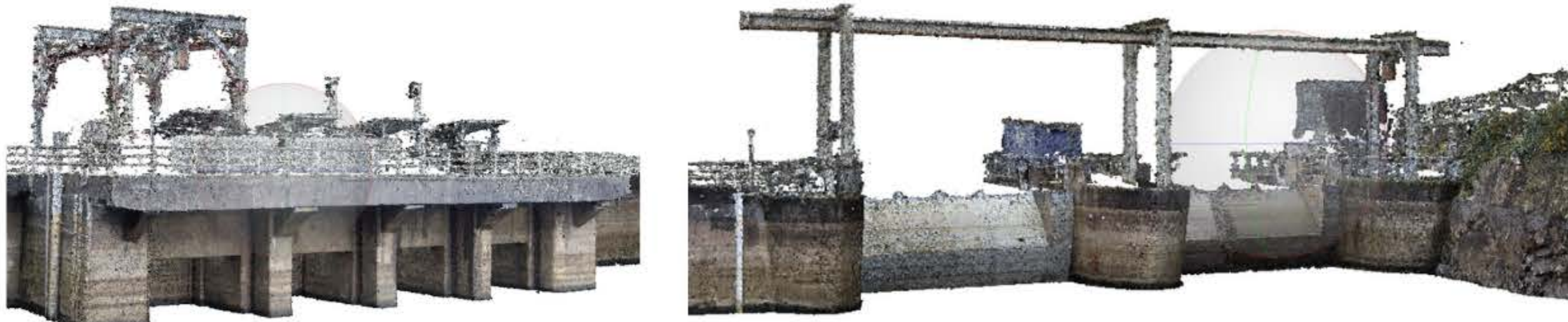


## PRÉSENTATION DU PROJET

L'objectif de ce projet est de créer un modèle continu en trois dimensions du barrage de Guerlédan, pour répondre au besoin de surveillance des ouvrages d'EDF. Trois techniques de levé ont été utilisées :

- la photogrammétrie avec un Canon EOS R
- le LIDAR topographique au moyen d'un Velodyne VLP-16
- le sondeur multifaisceau (MBES) à l'aide d'un Kongsberg EM2040P

Deux campagnes d'acquisition ont été menées du 9 au 13 octobre 2023 et du 5 au 9 février 2024.



Nuages de points denses obtenus par photogrammétrie

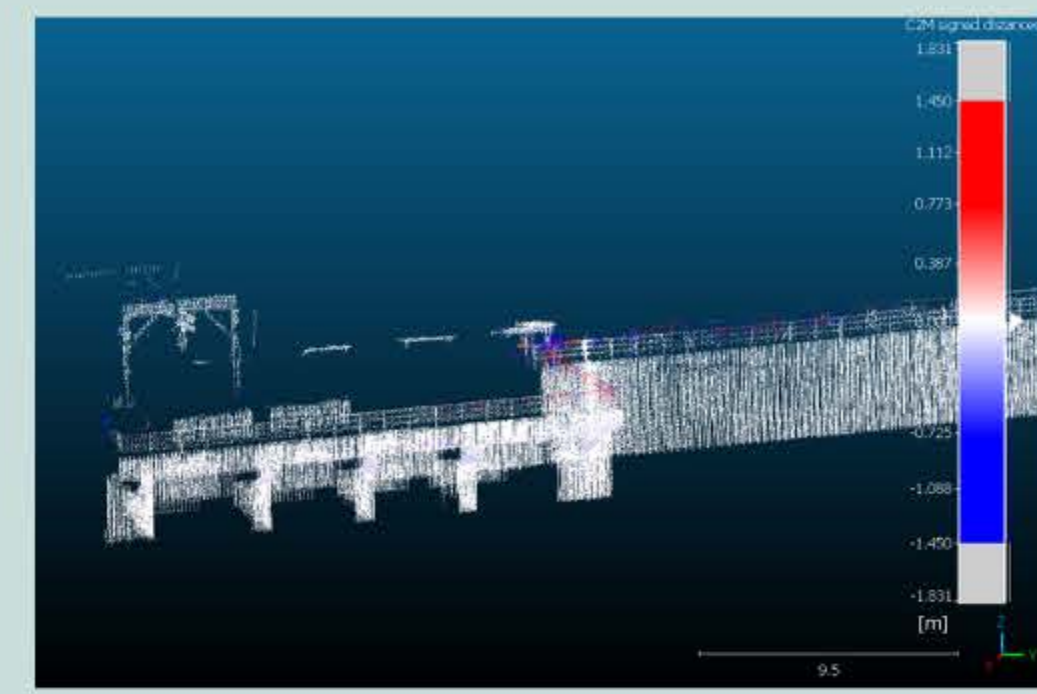
## COHÉRENCE INTER-LOTS DE DONNÉES

Avant de fusionner ces trois nuages de points, il est nécessaire de vérifier la cohérence entre les lots de données. Le logiciel *CloudCompare* permet de réaliser des comparaisons manuelle et automatique des nuages de points.

### Comparaison LIDAR / photogrammétrie

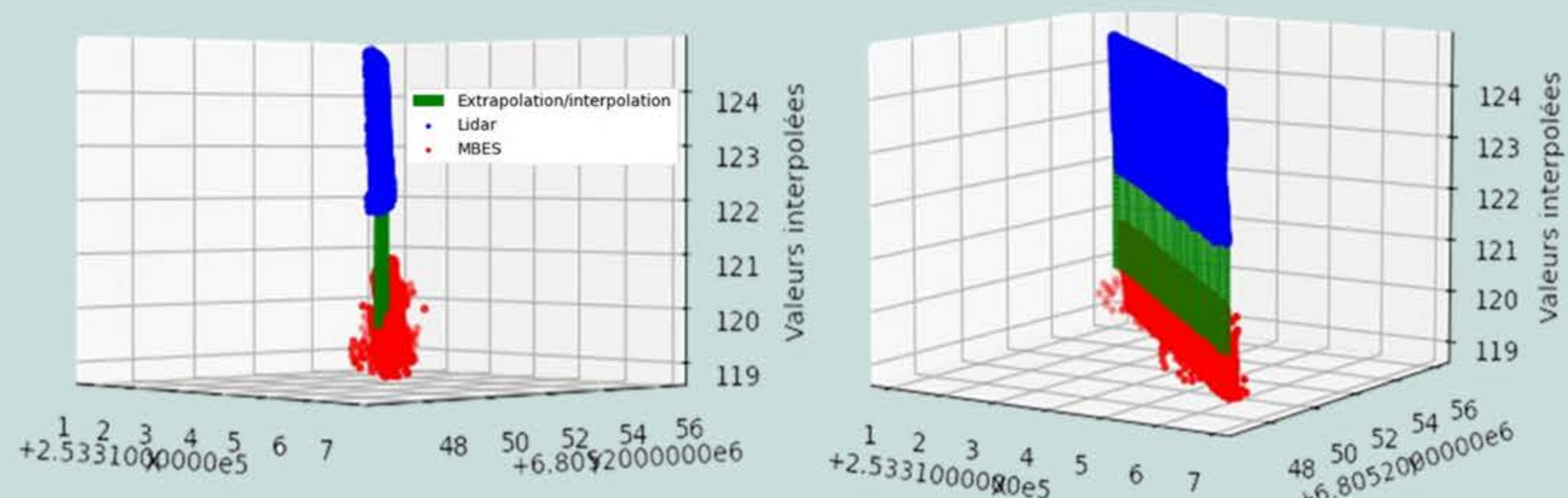
Les écarts horizontaux entre les nuages de points sont calculés par le logiciel *CloudCompare* et représentés avec une palette de couleurs de différence sur le nuage de points LIDAR.

Les valeurs élevées d'écarts sont observées au niveau des structures au sommet du barrage (les barrières notamment).



Nuage de points colorés à partir des écarts horizontaux entre le LIDAR et la photogrammétrie

### Comparaison MBES / LIDAR



Extrapolation d'un extrait du nuage LIDAR

Pour palier l'absence de recouvrement entre les nuages de points, les données LIDAR ont été extrapolées pour créer une zone de superposition avec les données MBES, permettant de calculer les écarts horizontaux.

[cm]	MBES/LIDAR	LIDAR/Photogrammétrie
Moyenne	4.87	-0.04
Ecart-type	14.14	7.08

Statistiques des écarts horizontaux entre les différents nuages de points

## MÉTHODE DE RECONSTRUCTION

### Modèle de reconstruction

Afin de modéliser en 3D la structure verticale du barrage, la méthode de reconstruction de Poisson [2] est utilisée.

Plusieurs possibilités de normalisation se sont offertes à nous : 1) méthode par best fit plane, 2) méthode quadrique ou 3) méthode par triangulation 2D. La méthode quadrique est finalement choisie car présentant un bon compromis entre lissage et conservation des fines structures présentes sur le barrage.

La reconstruction est réalisée à partir des données MBES, LIDAR complétées des données photogrammétriques pour les structures.

### Validation du modèle bathymétrique

Le modèle construit a été comparé à un modèle bathymétrique issu d'un levé acquis en février 2019.



Carte des différences 2019 - 2024

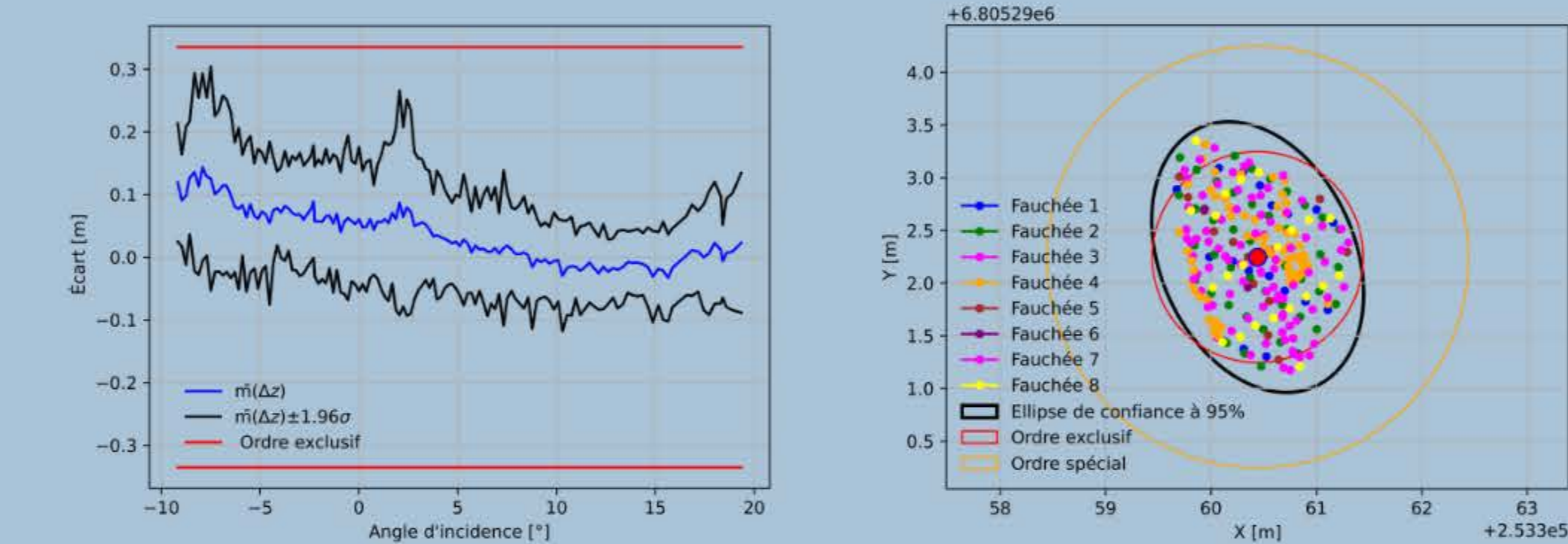
On observe un léger dépôt sédimentaire (en vert) sur la zone d'étude, conformément à nos attentes puisque le barrage retient autant l'eau que les sédiments. La moyenne des écarts calculés étant de 1 cm, les deux modèles bathymétriques sont globalement cohérents validant ainsi notre reconstruction.

## COHÉRENCE INTRA-LOTS DE DONNÉES

Avant de comparer les levés entre eux, il faut estimer la qualité de chaque lot de données et les valider.

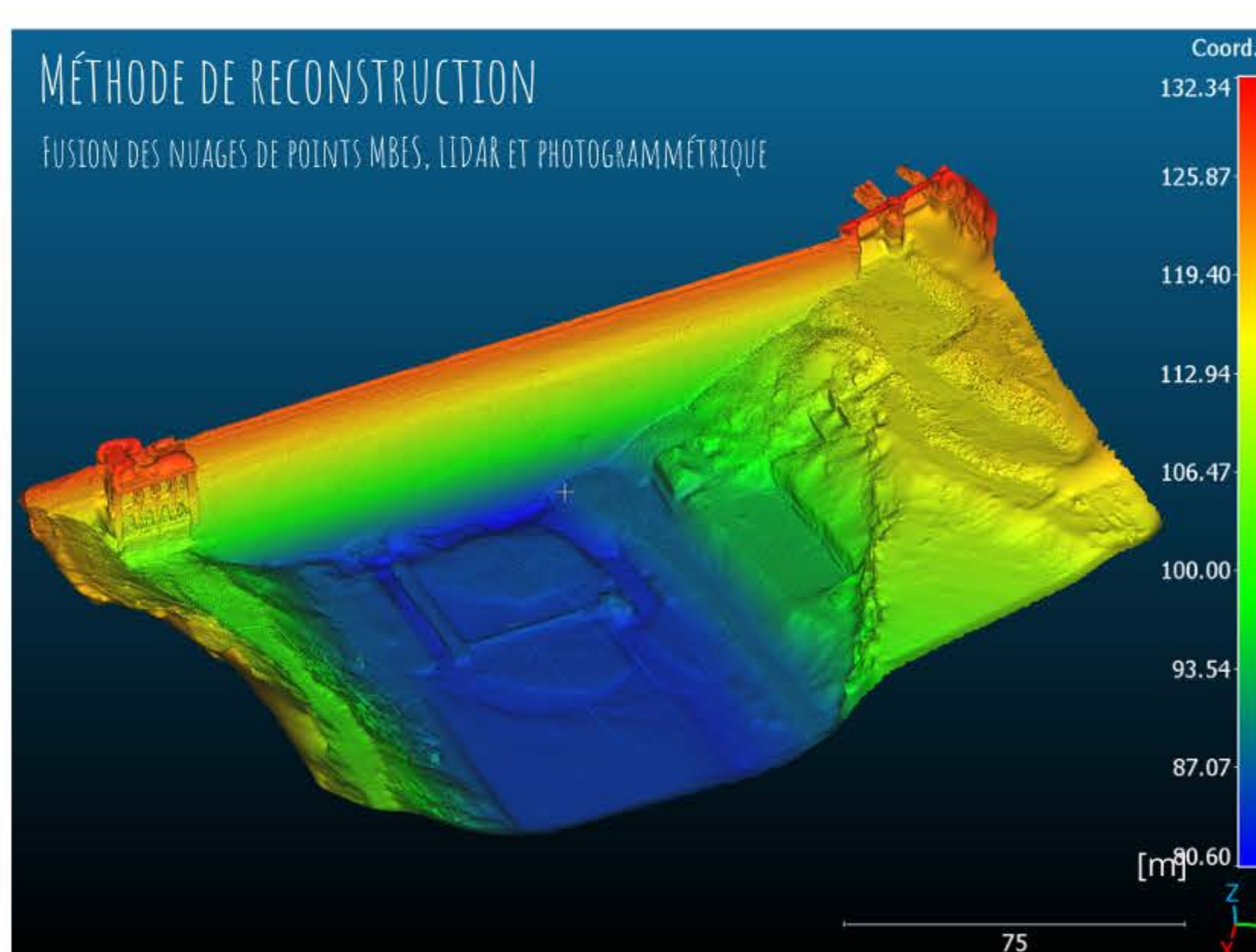
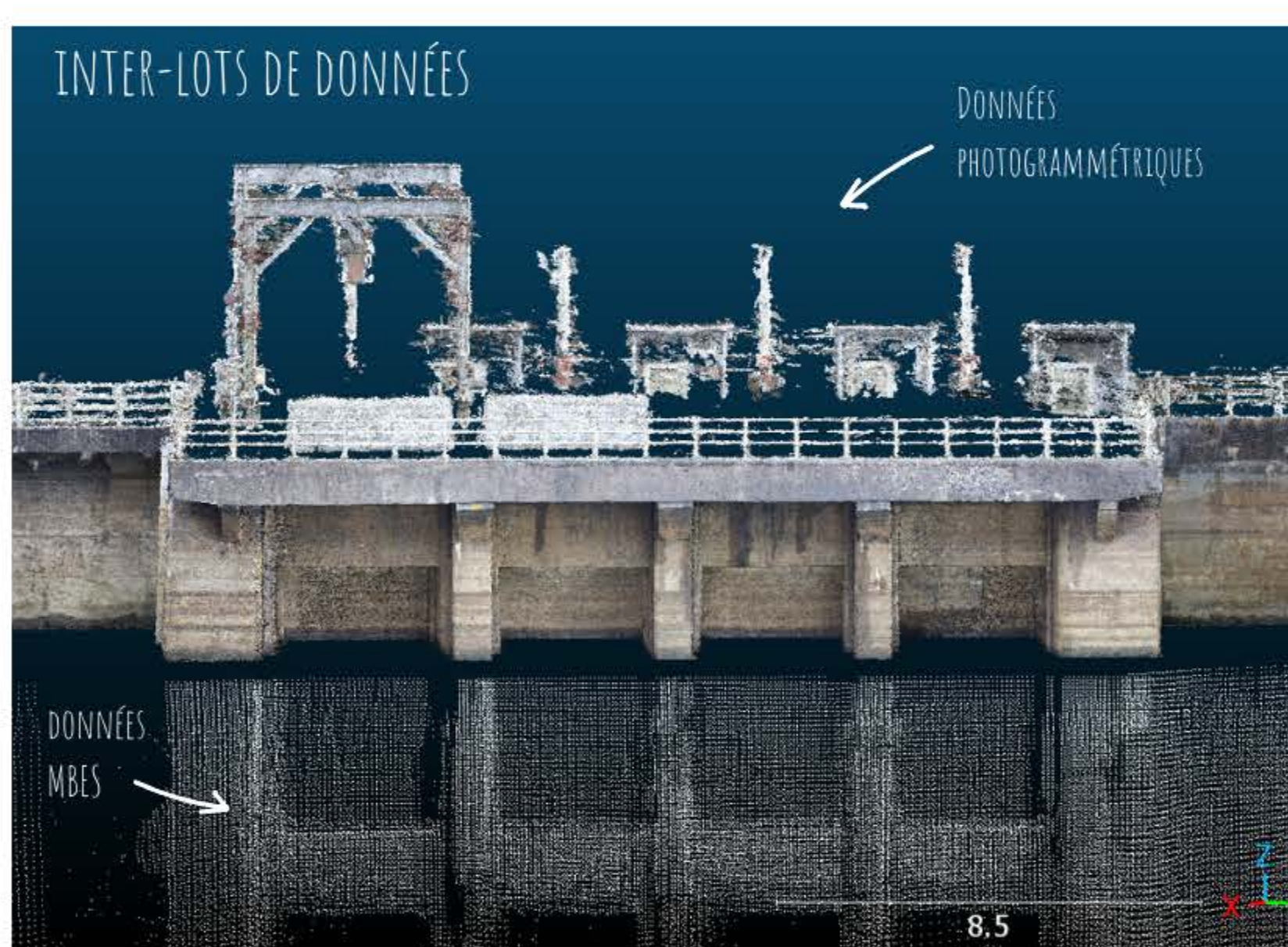
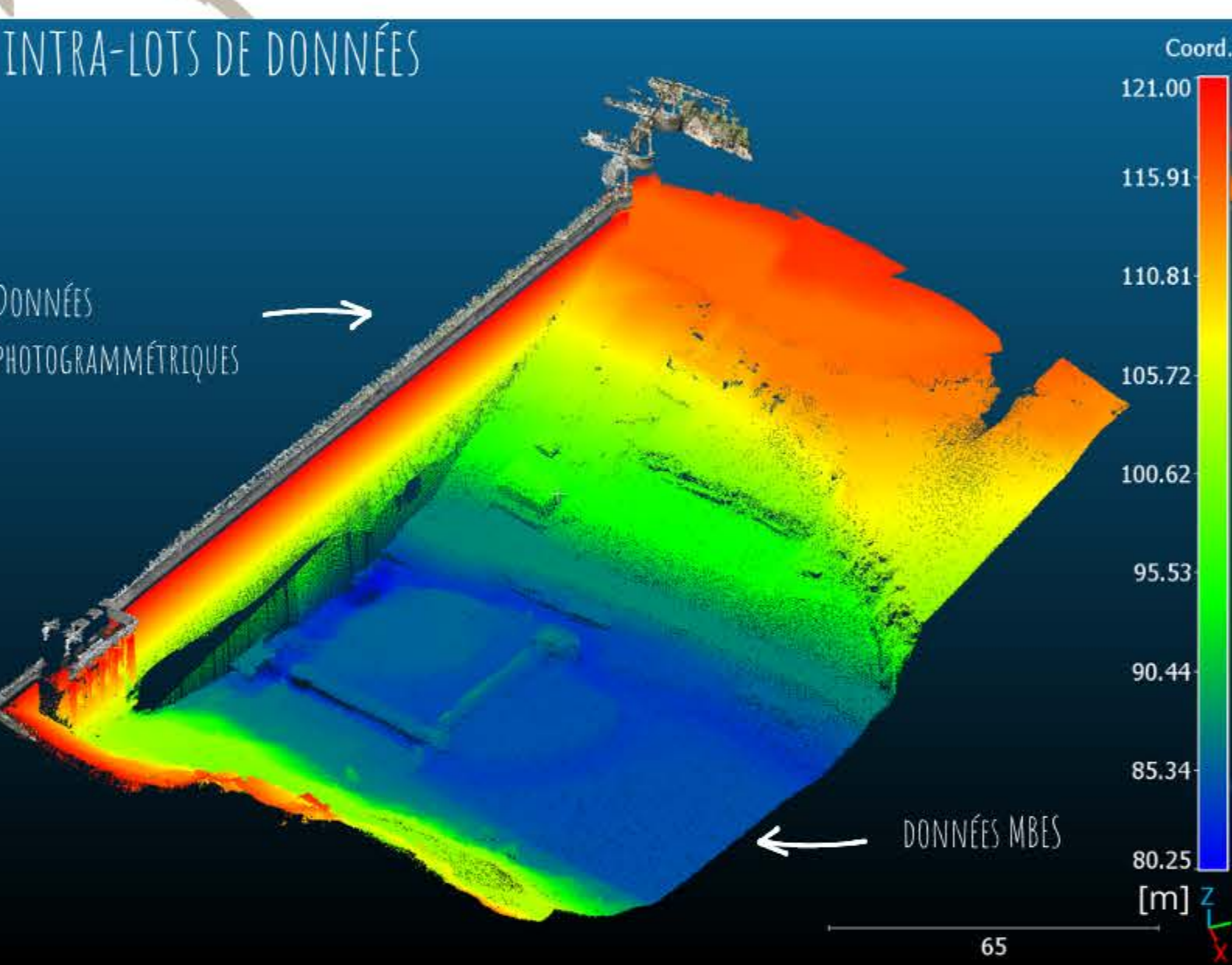
### Cohérence du levé bathymétrique multifaisceau

La validation est réalisée par rapport à la norme de l'OHI aux ordres exclusif et spécial de la S-44 [1]. Les incertitudes respectent l'ordre spécial (attendu au vu de la zone de levé).



Incertitudes verticales (un fond plat, avec ici 40 m de hauteur d'eau)

Incertitudes horizontales (un objet ponctuel, ici un rocher)

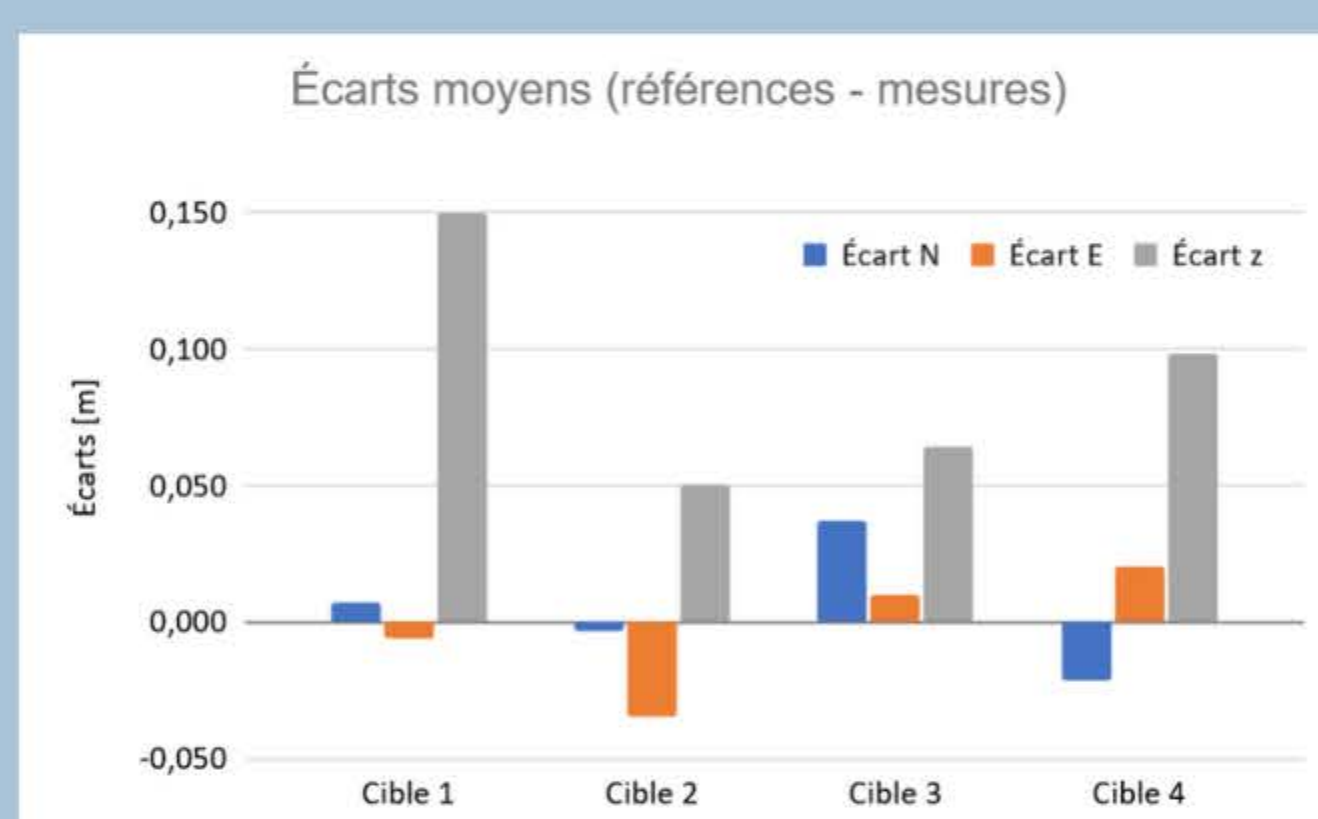


## CONCLUSION

La validation de ces trois lots de données ainsi que leur cohérence ont permis de construire un modèle continu en trois dimensions du barrage du lac de Guerlédan. Ce modèle a pu être enrichi avec un modèle de l'aval du barrage avant d'être imprimé en 3D et fourni à EDF.

## COHÉRENCE DU LEVÉ LIDAR

La validation du LIDAR porte sur la comparaison des coordonnées des centres des cibles (placées sur le couronnement du barrage) du nuage de points laser aux coordonnées réelles acquises par antenne GNSS. Les écarts proviennent du pointage assez aléatoire sur le nuage de points (peu dense).

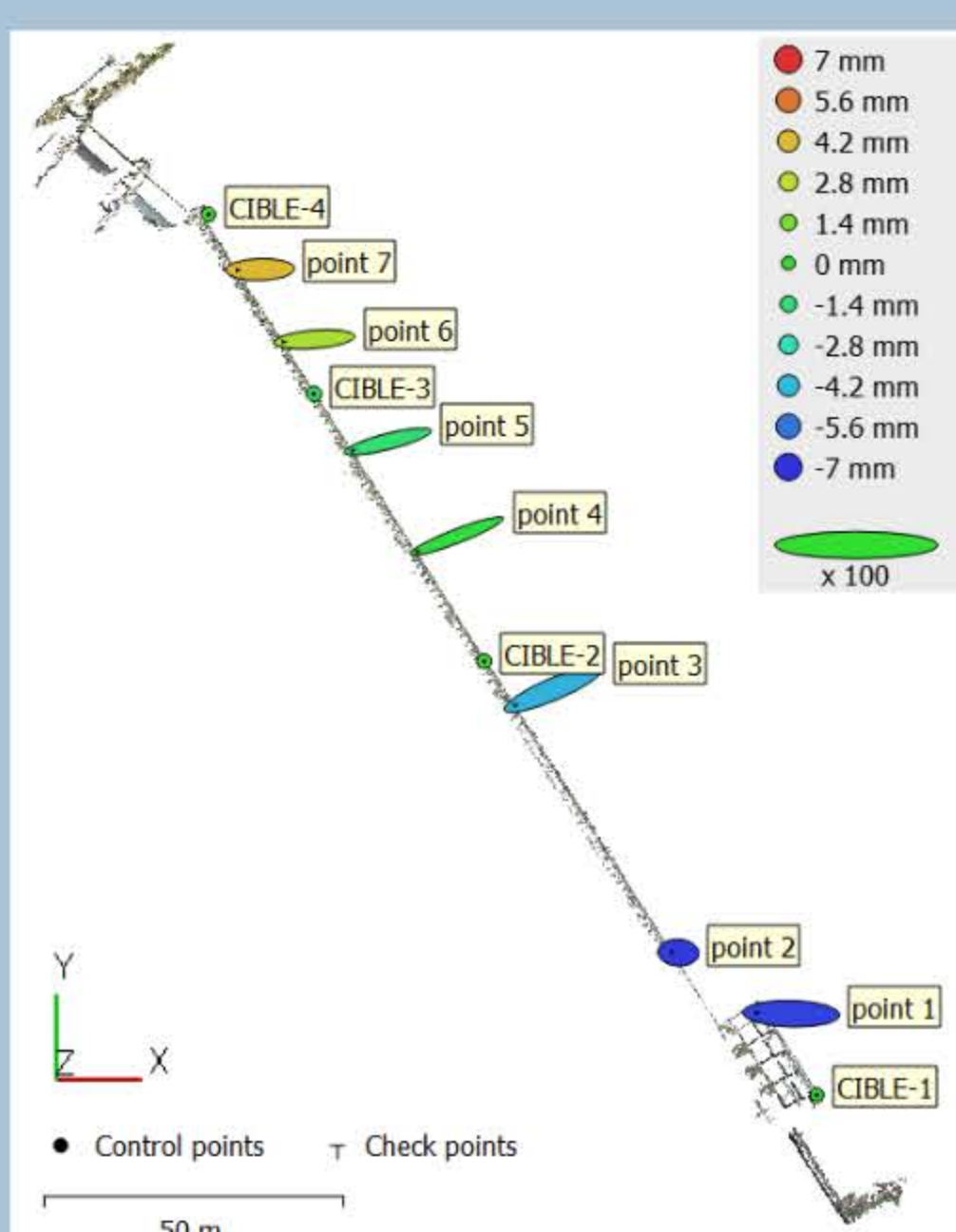


Moyenne des différences entre les pointages manuels des cibles et les cibles géoréférencées

## COHÉRENCE DU LEVÉ PHOTOGRAMMÉTRIQUE

La validation est réalisée avec le logiciel *Metashape* lors du traitement photogrammétrique.

Les erreurs en X et Y sont représentées à l'aide d'une ellipse et celle en Z par sa couleur.



Ellipses d'erreur sur les cibles

Les "cibles" sont des points géoréférencés par mesure RTK et ont une très bonne précision (submillimétrique).

Les "points" sont des points homologues (remarquables), utilisés pour aider au recalage du nuage de points.

[1] International Hydrographic Organization, (2020), S-44, IHO Standards for Hydrographic Surveys, Edition 6.0.0  
[2] Matthew Bolitho, Michael Kazhdan and Hugues Hoppe, (2006), Poisson Surface Reconstruction, Eurographics Symposium on Geometry Processing