

IMGC

Ingenierie de Maintenance du Génie Civil

LA NUMÉRISATION DU PATRIMOINE GÉNIE CIVIL AU SERVICE DE LA MAINTENANCE

Journée Technique

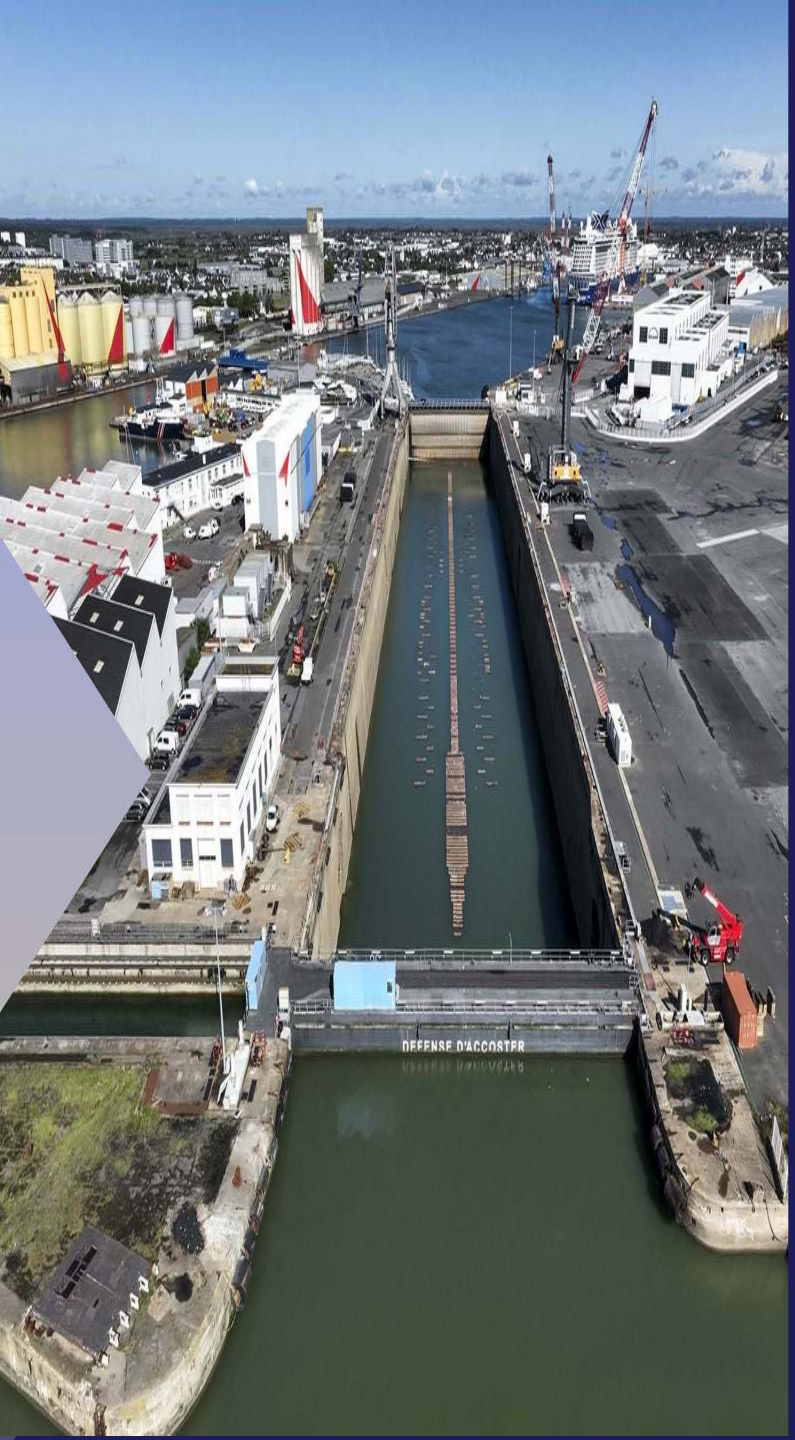
MARDI 5 Novembre 2024

FNTP – 3 Rue de Berri, 75 008 PARIS

en collaboration avec

AFGC
Association Française de Génie Civil

PIARC France
ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE
COMITÉ FRANÇAIS



sce
Aménagement
& environnement

IMGC
Ingenierie de Maintenance du Génie Civil

Numérisation et modélisation de la forme Louis Joubert du port de Saint-Nazaire

Journée Technique

MARDI 5 Novembre 2024

FNTP – 3 Rue de Berri, 75 008 PARIS

en collaboration avec

AFGC
Association Française de Génie Civil

PIARC France
ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE
COMITÉ FRANÇAIS

Historique et besoins actuels

La forme Louis Joubert

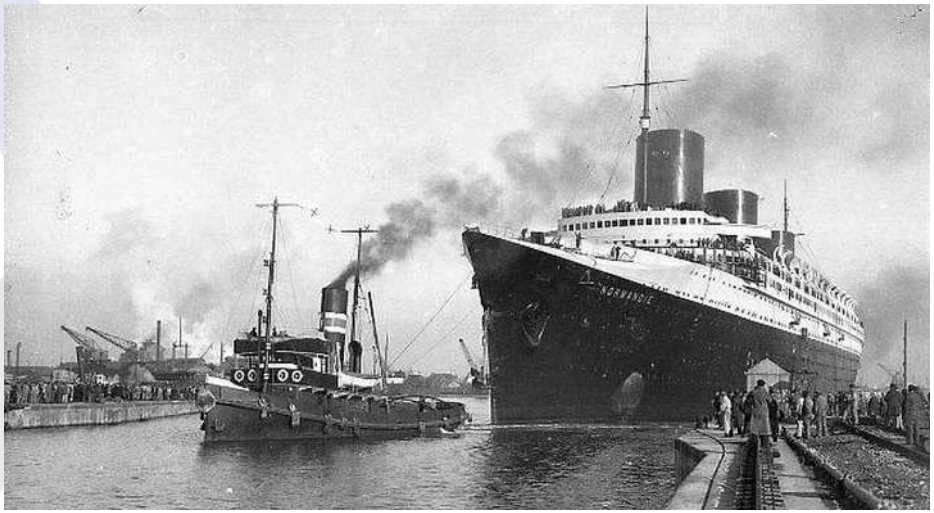
La forme Louis Joubert, (parfois forme-écluse Joubert) est une forme de radoub située à l'entrée du port de Saint-Nazaire, qui fait également office d'écluse donnant accès au bassin de Penhoët depuis l'estuaire de la Loire.

Elle est née pour la construction du paquebot « Normandie » et la première pierre a été posée en 1930 en même temps que la construction du navire.

La réception définitive des travaux interviendra en 1934 et elle est alors baptisée du nom de Louis Joubert, président de la Chambre de commerce et d'industrie (CCI).

Avec une longueur de 350 m, une largeur de 50 m et une hauteur de 15 m, l'ouvrage présente des dimensions assez exceptionnelles pour ce type d'ouvrage. De fait, elle est très vite devenue un maillon essentiel de l'infrastructure portuaire, avec une dimension stratégique qui s'est révélée pendant la seconde Guerre Mondiale.





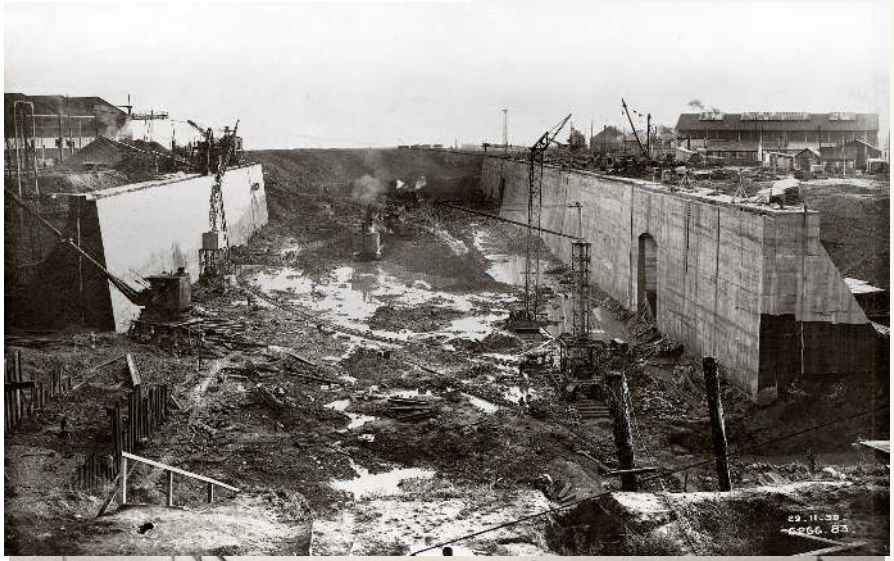


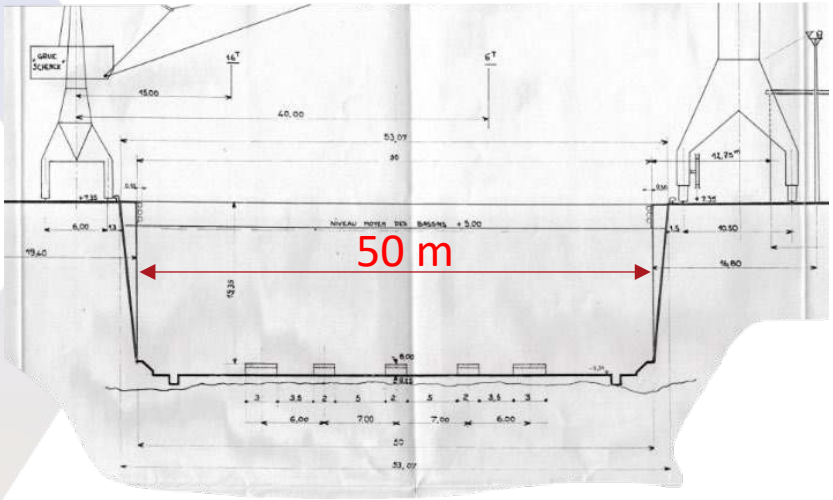
IMGC

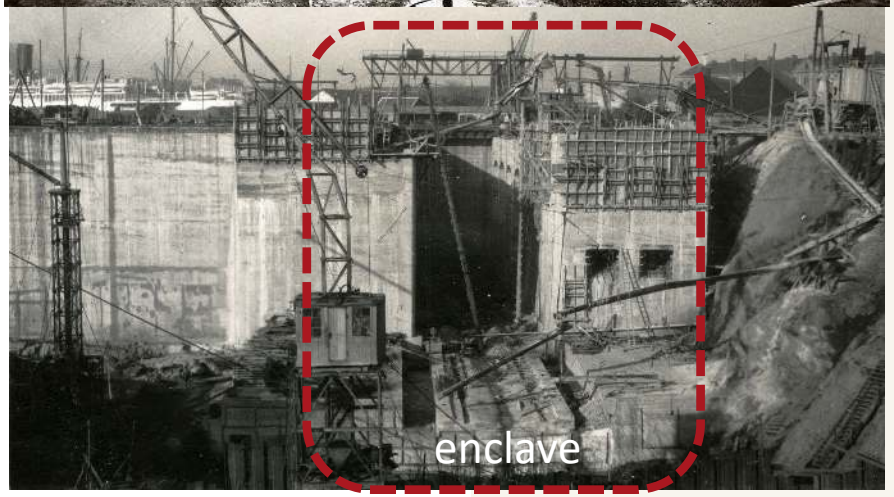
Construction (1929/1933)

La forme Louis Joubert est constituée d'un sas de 350 m de longueur et 50 m de largeur, avec une section transversale trapézoïdale.

À chaque extrémité, la forme comporte des massifs de tête avec des enclaves qui permettent de contenir les portes lors de leurs ouvertures







IMGC

Seconde guerre mondiale

La forme Louis Joubert est un maillon essentiel de l'infrastructure portuaire, avec une dimension stratégique révélée pendant la Seconde Guerre Mondiale.

Rebaptisée « Normandy dock » par les Anglais, elle était le seul ouvrage capable d'accueillir en cale sèche le puissant cuirassé Tirpitz de l'occupant allemand.

La célèbre Opération Chariot, où le destroyer Campbeltown chargé d'explosifs s'est encastré dans la porte aval de la forme-Joubert, est un haut fait d'armes du second conflit mondial.

Ce raid héroïque confère à la forme-écluse Joubert une valeur patrimoniale et un intérêt historique.







IMGC

Reconstruction après-guerre

Reconstruite après-guerre, elle est depuis utilisée fréquemment pour différentes opérations portuaires ce qui impose des travaux de maintenance et de réhabilitation fréquents.

La dernière opération notable a eu lieu entre 2010 et 2012 et concernait le remplacement de la porte Aval.

Cette porte était en fait l'ancienne porte amont qui avait été déplacée vers l'aval en 1948







IMGC

Maintenance, besoins

-> Porte amont en fin de vie :

Après les travaux sur la porte Aval (2010/2012) , la porte Amont s'est révélée être également en fin de vie.

-> Retour d'Expérience des Travaux sur la Porte Aval :

Les travaux sur la porte Aval avaient révélé des difficultés dues à une mauvaise connaissance de l'ouvrage existant et du génie civil à adapter.

-> Nécessité de fiabiliser la connaissance de l'ouvrage Amont :

Il était crucial de mieux comprendre le génie civil d'un point de vue géométrique.

-> Proposition de Levés Géométriques :

Les équipes Ouvrages Maritimes de SCE ont proposé de réaliser un ensemble de levés géométriques sur l'ouvrage pour créer une maquette numérique de la structure, aussi fidèle que possible à l'existant.

-> Utilisation de plusieurs techniques de numérisation



Défis, problématiques

➔ Visibilité de l'ouvrage : **COMPLEXE**

Une grande partie de l'ouvrage est immergée et donc difficilement visible.

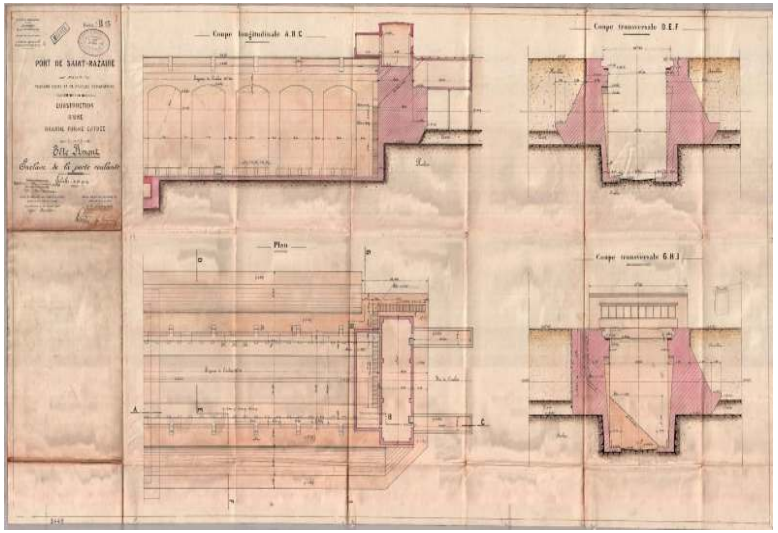
De plus, l'eau est particulièrement chargée en sédiments, ce qui réduit la visibilité et entraîne des dépôts de vase dans l'enclave.

➔ Données historiques ? : **PARTIELS**

-> Bonne archives : Présence de plans et de photographies.

-> Pas d'archive sur les destructions de la seconde guerre.

-> Pas d'archive sur les reconstructions d'urgence après-guerre



➔ Contraintes d'exploitation portuaire : **Ouvrage en activité**

Étant donné qu'il s'agit d'un ouvrage maritime en activité, il a fallu tenir compte de l'exploitation portuaire ainsi que des contraintes terrestres et de circulation des navires dans le bassin et à travers l'écluse.

➔ Ouvrage mobile : « **Géométrie » variable**

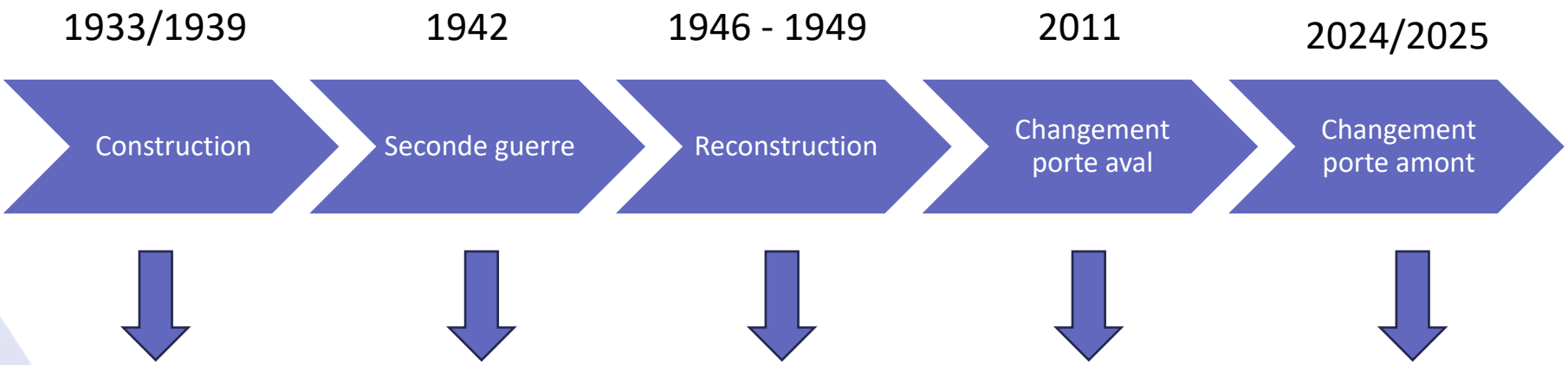
La forme écluse peut être ouverte ou fermée avec le mouvement des portes qui se rangent dans l'enclave. Un génie civil visible dans une configuration peut devenir invisible dans une autre.

➔ Ouvrage hydraulique : **Présence d'acqueducs, de vannes**



IMGC

Chronologie

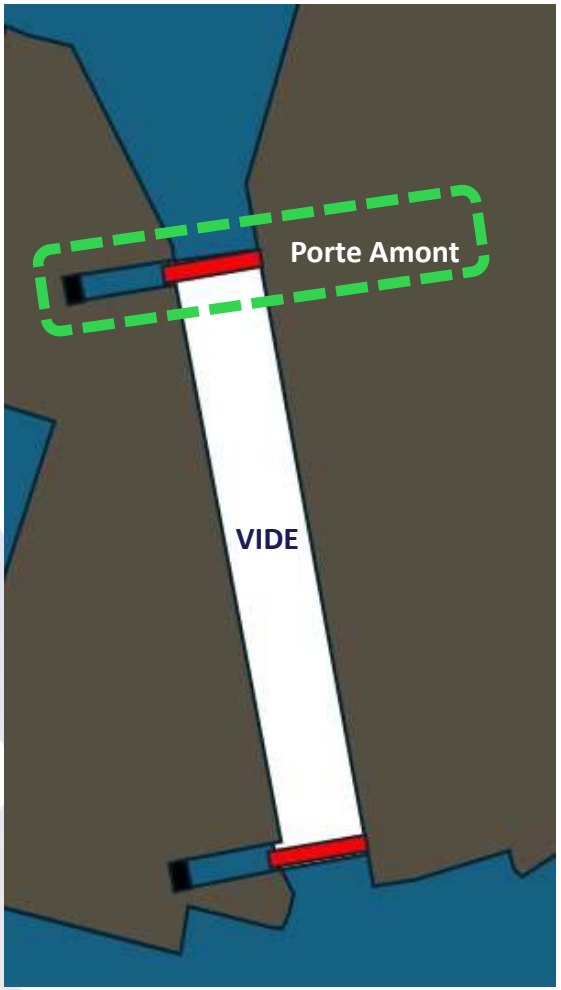


En prévision des travaux de changement de la porte amont
Besoin de préciser la géométrie du génie civil

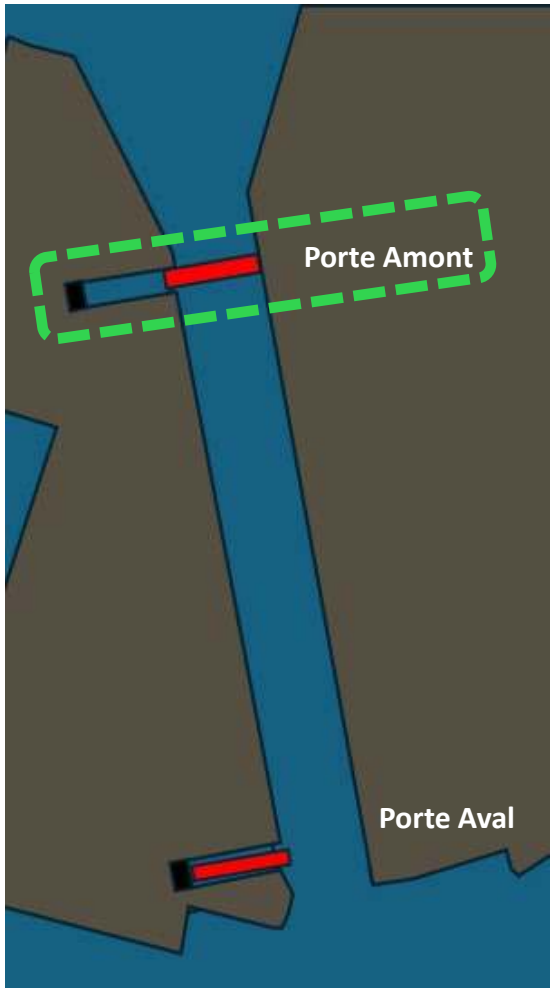
=> Travaux de numérisation

Opération de numérisation

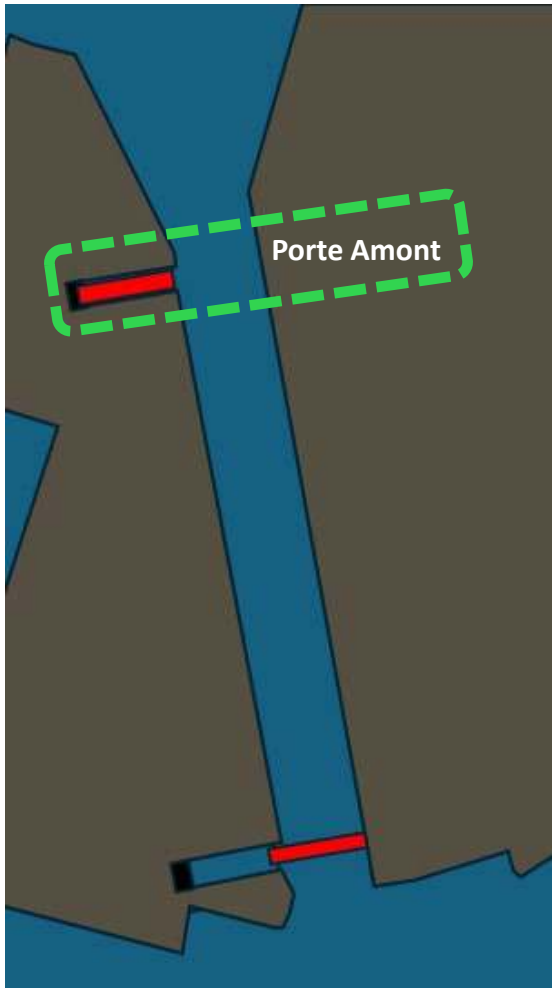
Fonctionnement de l'ouvrage



Mode bassin de réparation



Mode « écluse »
ouverture porte Aval



Mode « écluse »
ouverture porte Amont

IMGC

Opération de levé (porte fermée)

- **Campagne 1** : Laser 3D Terrestre
- **Campagne 2** : Levé par drone aérien
- **Campagne 3 :** Levé dans l'enclave



GEOSLAM Zeb Horizon

300 000 points 3D par seconde autour d'un opérateur en mouvement sur une portée de 80/100 m. Géoréférencement en post-traitement avec des points de référence reconnus



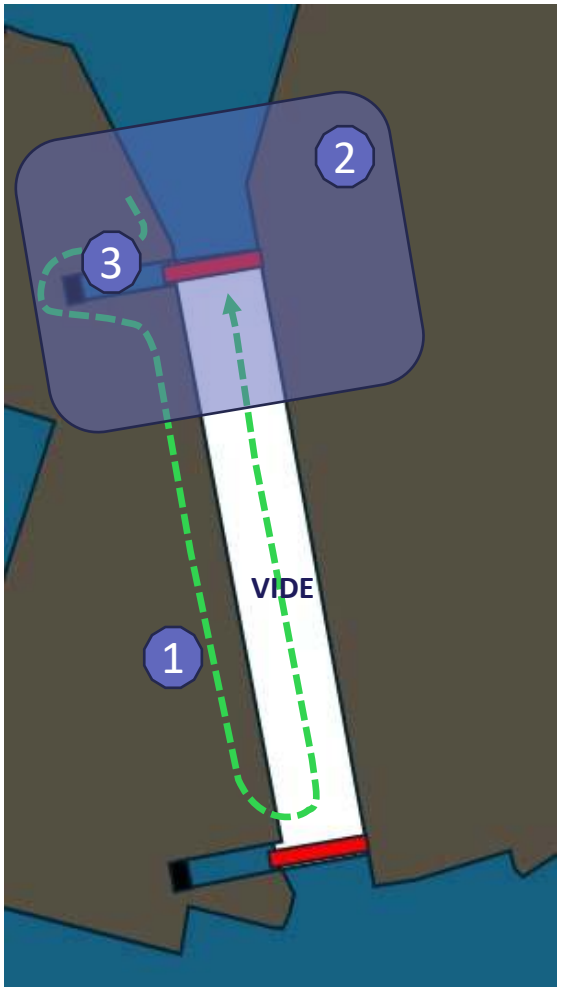
DJI Phantom 4.0 Pro

Drone professionnel - capteur optique 20 Mégapixels - Autonomie d'environ 25/30 mn. Equipé d'un système de positionnement RTK embarqué.



Bathymétrie (drone) :

SL 40 Sondeur bathymétrique



IMGC

Opération de levé (porte ouverte)

- **Campagne 4** : levé bathymétrique du bassin
- **Campagne 5** : Recherche du radier avec un sondeur de sédiments



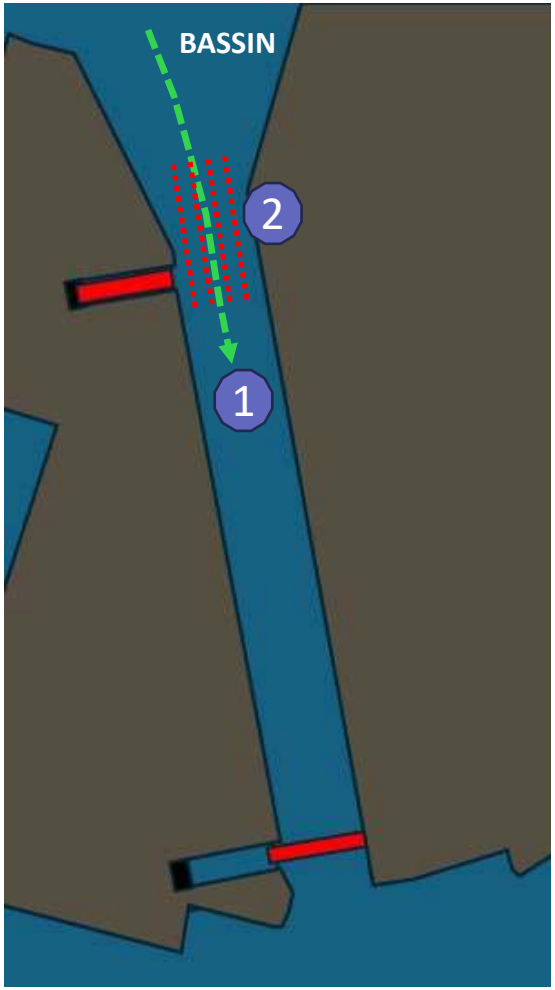
Bathymétrie (drone) :

SL 40 Sondeur bathymétrique



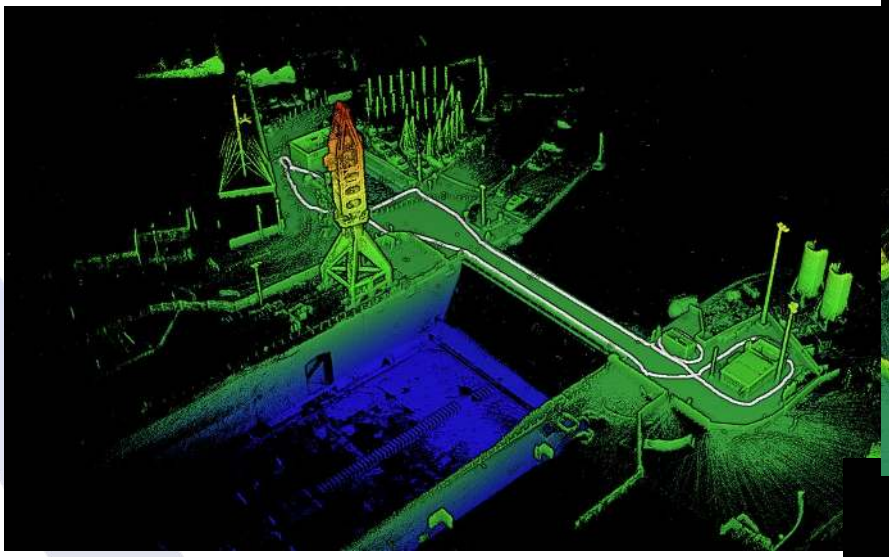
Sondeur de sédiments :

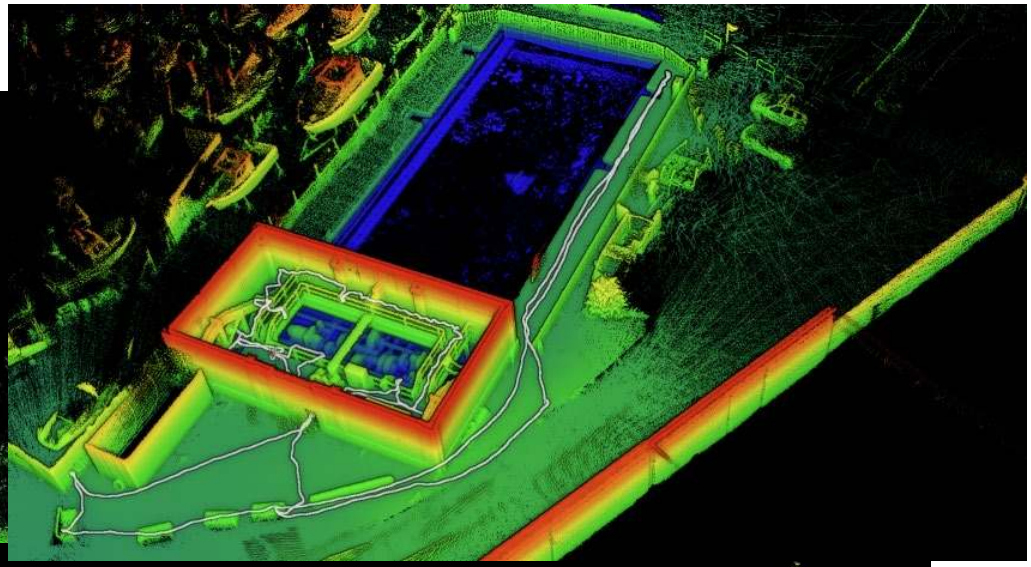
iXblue ECHOES 10000

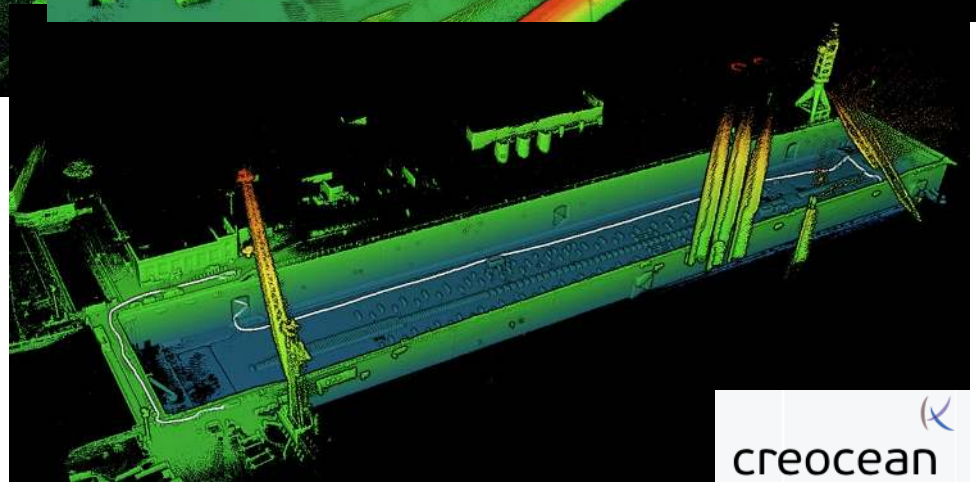


IMGC

Nuages de points - Laser 3D Terrestre



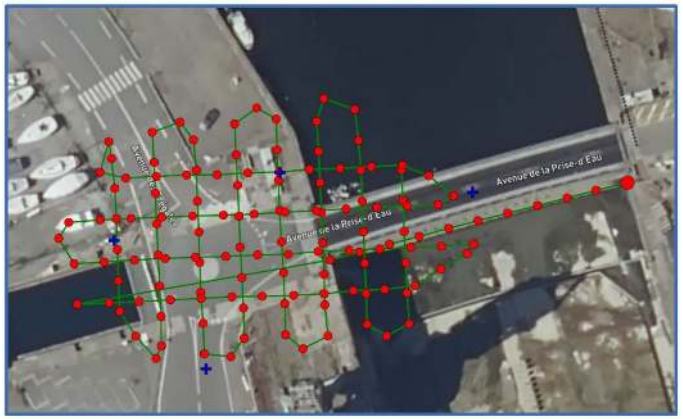


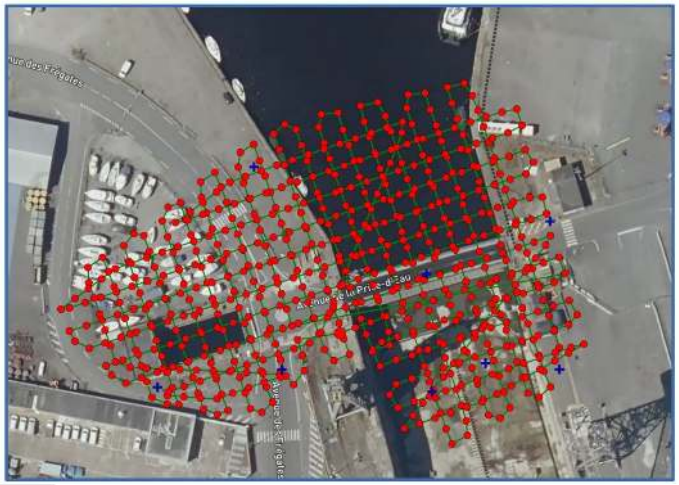


- **Levé avec porte fermée** => tablier posé
- **Levé avec porte ouverte** => tablier levé

- Extérieur bâtiments & route : 41 Millions de points
- Forme : 94 Millions de points
- Intérieur bâtiment : 61 Millions de points

Nuages de points – Drone aéroporté





Plan de vol et points de contrôle
Tablier ouvert et fermé

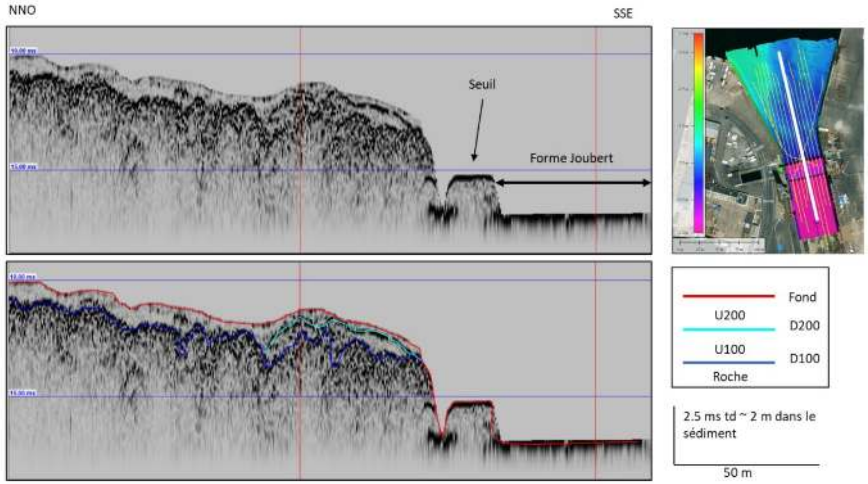




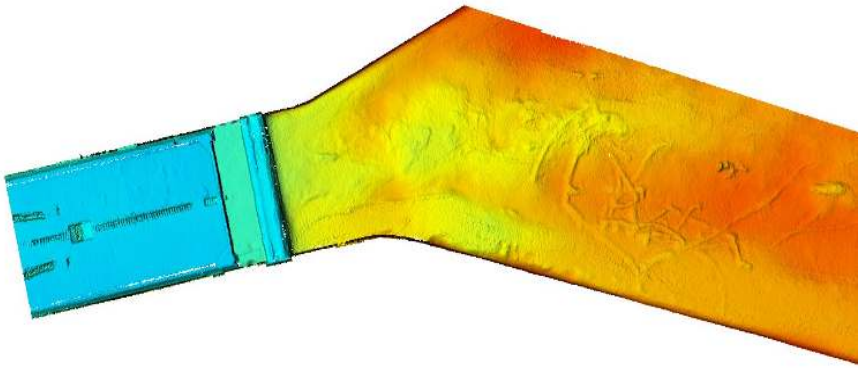
Nuage de points colorisés (tablier fermé et ouvert)

IMGC

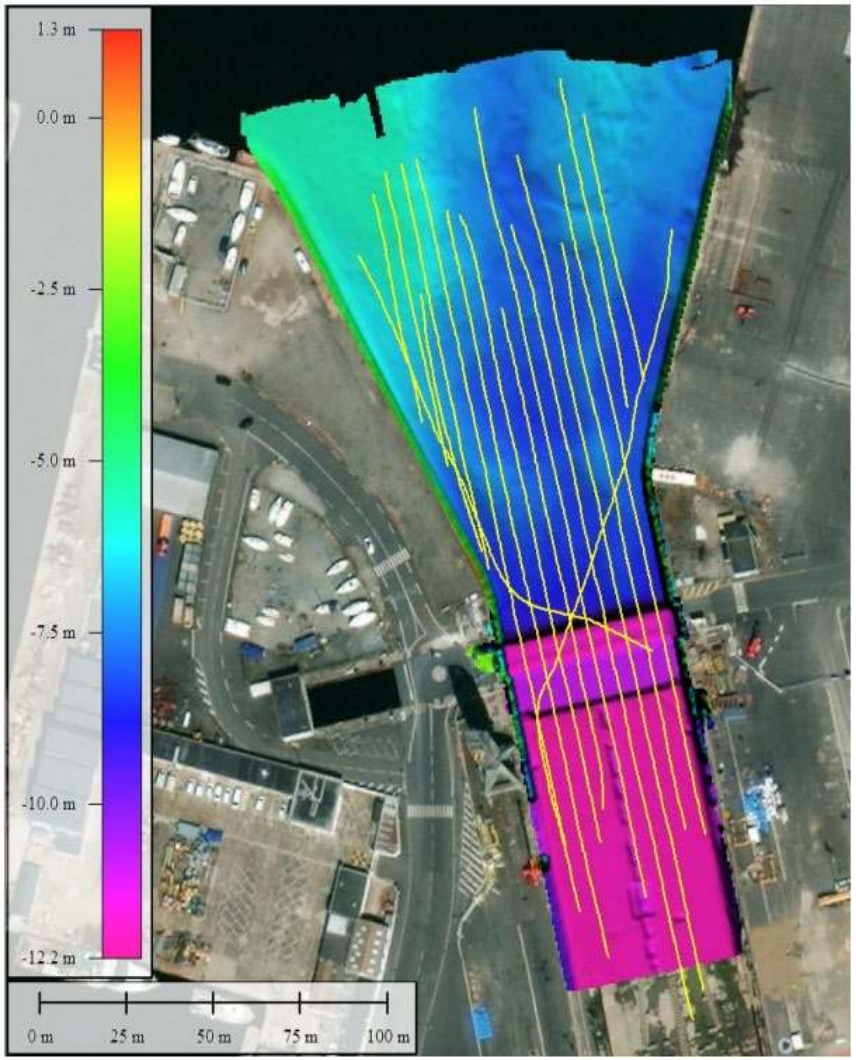
Bathymétrie + toit du rocher



Sondeur à sédiments



Bathymétrie



IMGC

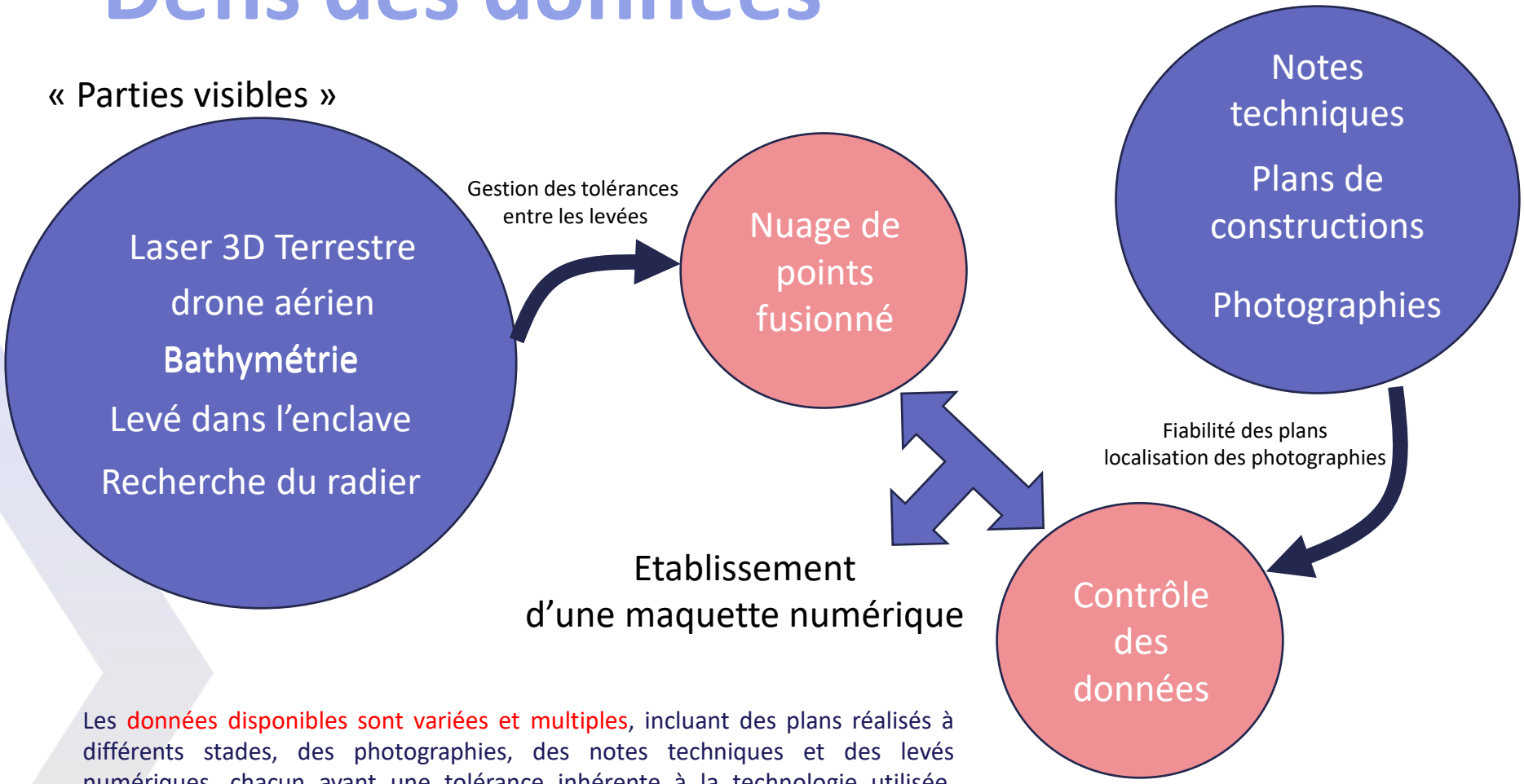
Traitements des données

Modélisation

Défis des données

« Parties visibles »

« Parties invisibles »



Les données disponibles sont variées et multiples, incluant des plans réalisés à différents stades, des photographies, des notes techniques et des levés numériques, chacun ayant une tolérance inhérente à la technologie utilisée.

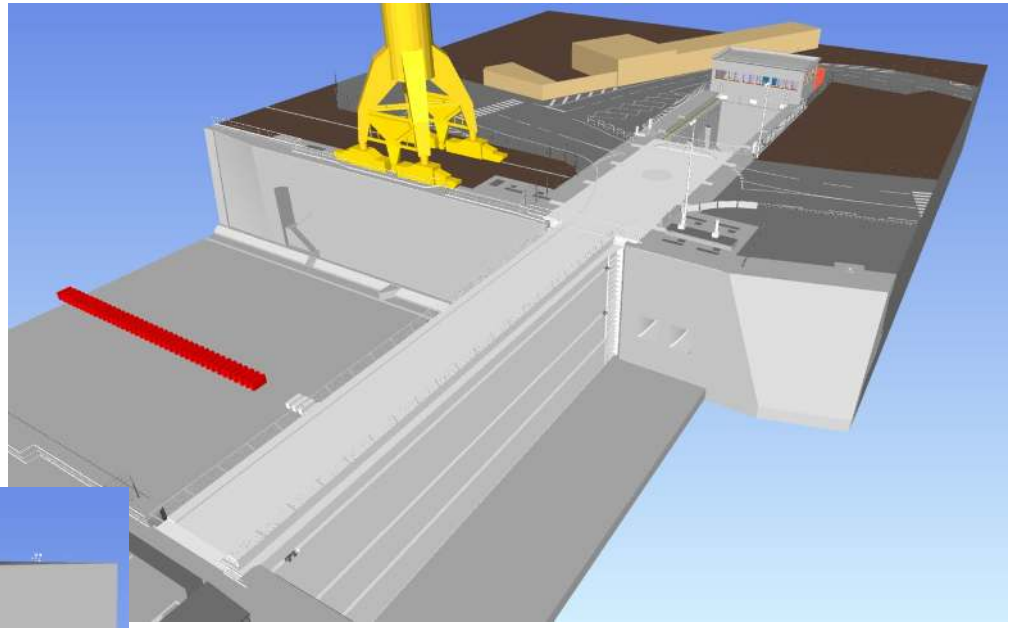
La présence d'informations contradictoires nécessite une analyse pour déterminer la configuration la plus probable.

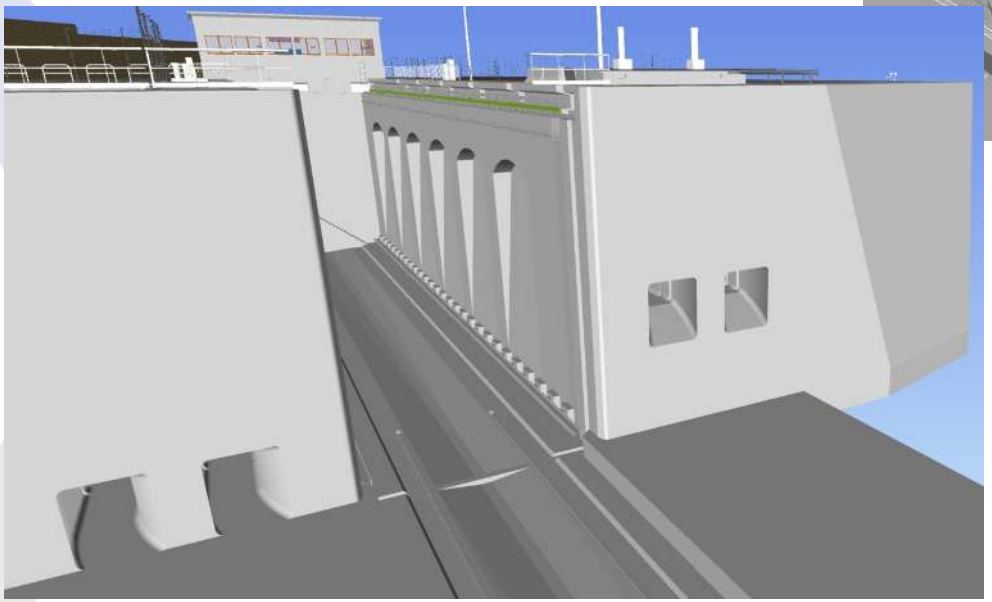
IMGC

Etablissement maquette 3D

Décomposition de la prestation de modélisation :

- **Visite de site** : Visite du site par le projeteur pour prendre connaissance du contexte, de l'environnement.
- **Analyse des données** : plans et photographies. Mise en évidence des incertitudes (documents contradictoires).
- **Travail de modélisation :**
  - Géoréférencement
  - Définition d'une arborescence
  - Rapprochement des données





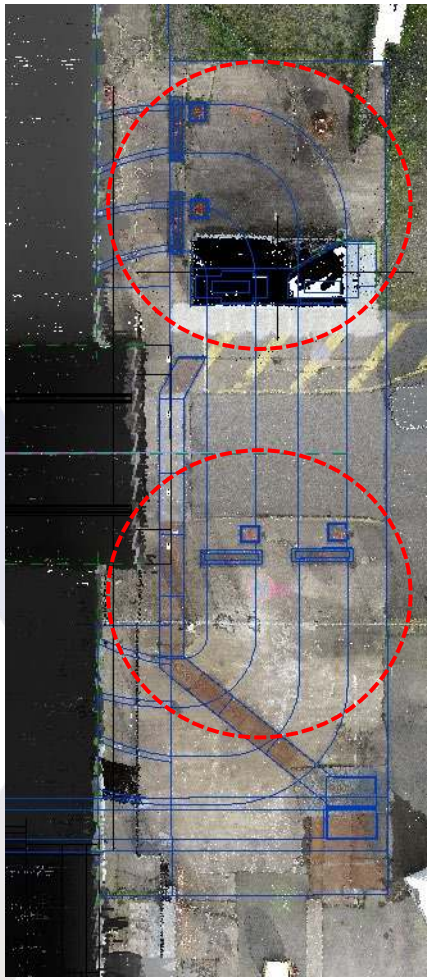
A la fin de la modélisation :

- **Vérification de la qualité et fiabilité de la maquette**
- **Transmission et aide à l'appropriation par les futurs utilisateurs de la maquette**.

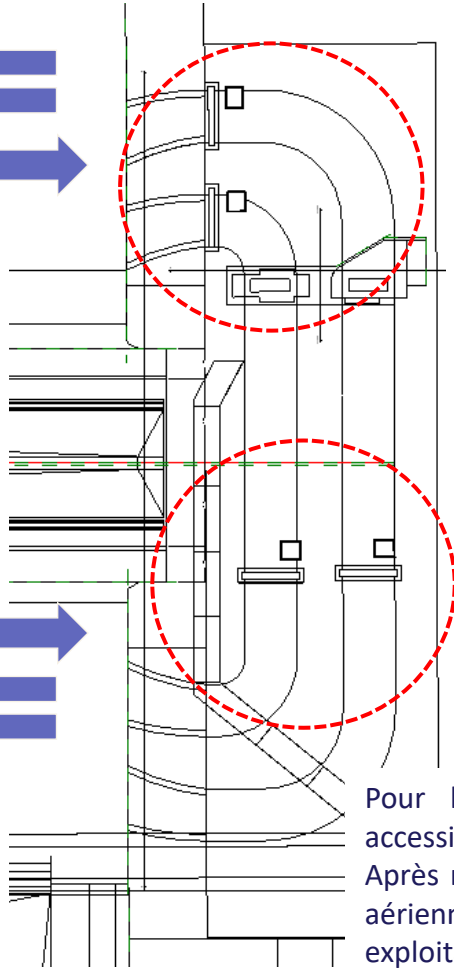
IMGC

Maquette 3D : difficultés (exemple)

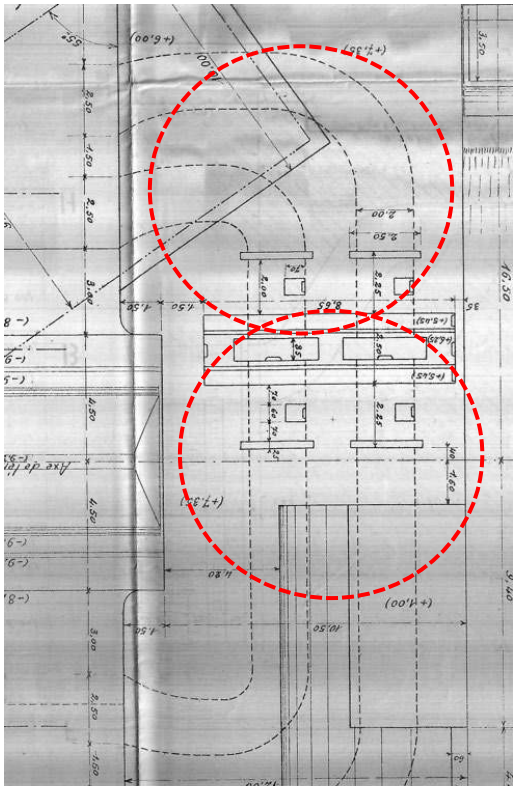
Vue en plan
(maquette + photo)



Vue en plan
(maquette)



Vue en plan
(plan)



Pour la géométrie des aqueducs, ces derniers n'étant pas accessibles, nous nous sommes appuyés sur les plans.
Après modélisation et comparaison entre la maquette et les vues aériennes, nous avons constaté que le plan jugé « fiable » par les exploitants n'était finalement pas correct.

Projet de remplacement de porte

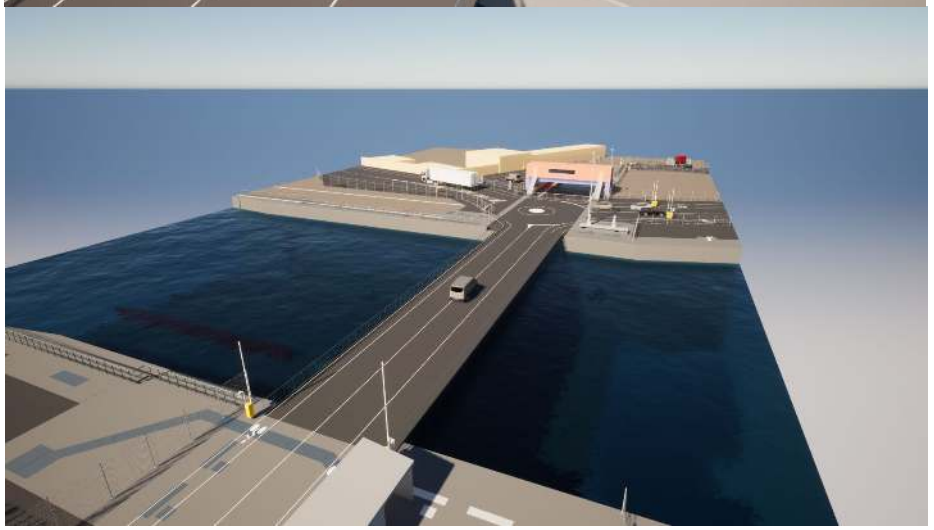
En 2023, les services du Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire ont lancé un appel d'offres (conception-réalisation) pour remplacer la porte amont, en envisageant la réutilisation du génie civil existant (avec réfection et/ou adaptation du génie civil connexe à la porte).

Le principe de la nouvelle porte ne sera pas très différent de celui actuellement en place => il s'agira d'une porte à translation horizontale entre le sas et son enclave actuelle.

La maquette a permis et permet :

1. De mieux comprendre le contexte du site et de l'ouvrage.
2. De fiabiliser les données géométriques
3. D'évaluer les solutions possibles pour le remplacement de la porte et de son système de traction
4. De communiquer avec l'ensemble des intervenants, y compris ceux qui ne sont pas nécessairement des techniciens.
4. De fournir aux groupements une base de travail permettant de concevoir les futurs travaux et d'éviter les découvertes sur site.





IMGC

Conclusion

Avec des dimensions exceptionnelles et une position stratégique à l'entrée des bassins de Saint-Nazaire, la forme Joubert est un maillon essentiel de l'infrastructure portuaire.

Sa dimension stratégique s'est révélée pendant la Seconde Guerre mondiale, notamment lors de la célèbre Opération Chariot, qui a conféré à la forme-écluse Joubert une valeur patrimoniale et un intérêt historique.

Cependant, cet ouvrage reste un outil industriel nécessitant des travaux de maintenance lourde.
Dans le cadre de ces travaux, il est crucial de disposer d'informations fiables sur la géométrie de l'ouvrage, afin de concevoir un projet compatible avec l'existant, et limiter les aléas en phase travaux.

La numérisation de l'ouvrage permet également de faciliter la communication avec les différents intervenants. Elle offre une base pour illustrer les solutions proposées, même auprès d'un public non technique.

En milieu marin, les levés doivent être diversifiés pour intégrer au mieux la captation d'information sur les parties visibles, sous-marines et recouvertes de vase ou de sédiments. Malgré l'utilisation de multiples techniques, l'analyse des données historiques reste indispensable, car certaines zones restent inaccessibles. **L'analyse humaine demeure donc un facteur crucial, même avec la numérisation**.

sce
Aménagement & environnement

NANTES SAINT-NAZAIRE PORT

Merci au Maître d'Ouvrage

Merci

IMGC

Ingenierie de Maintenance du Génie Civil