

Slipway CMN Cherbourg CMU d'un outil stratégique vieillissant



CONTEXTE GÉNÉRAL

Les gestionnaires d'ouvrages sont confrontés au vieillissement de leurs infrastructures. Pour maintenir un niveau de service en toute sécurité ou prolonger une durée de vie, il est nécessaire d'évaluer la capacité réelle de l'ouvrage.

Cadre réglementaire

Les Eurocodes, normes européennes pour la conception et la réalisation des structures, définissent la durée d'utilisation d'un projet selon les termes suivants:

« Durée pendant laquelle une structure ou une de ses parties est censée pouvoir être utilisée comme prévu en faisant l'objet de la maintenance escomptée, mais sans qu'il soit nécessaire d'effectuer des réparations majeures ».

CONTEXTE GÉNÉRAL

Méthodes d'évaluation de la performance d'un ouvrage d'art existant

Pas d'Eurocode disponible en réingénierie

Groupe de travail en cours depuis 2014 « Evaluation et rénovation des structures existantes »

Norme ISO 13822 (août 2010): base for design of structures – Assessment of existing structures
Principes généraux

Note d'information 35 du SETRA: Méthodes d'évaluation courante des ouvrages existants

Méthode la + opérationnelle (pour les ponts routiers)

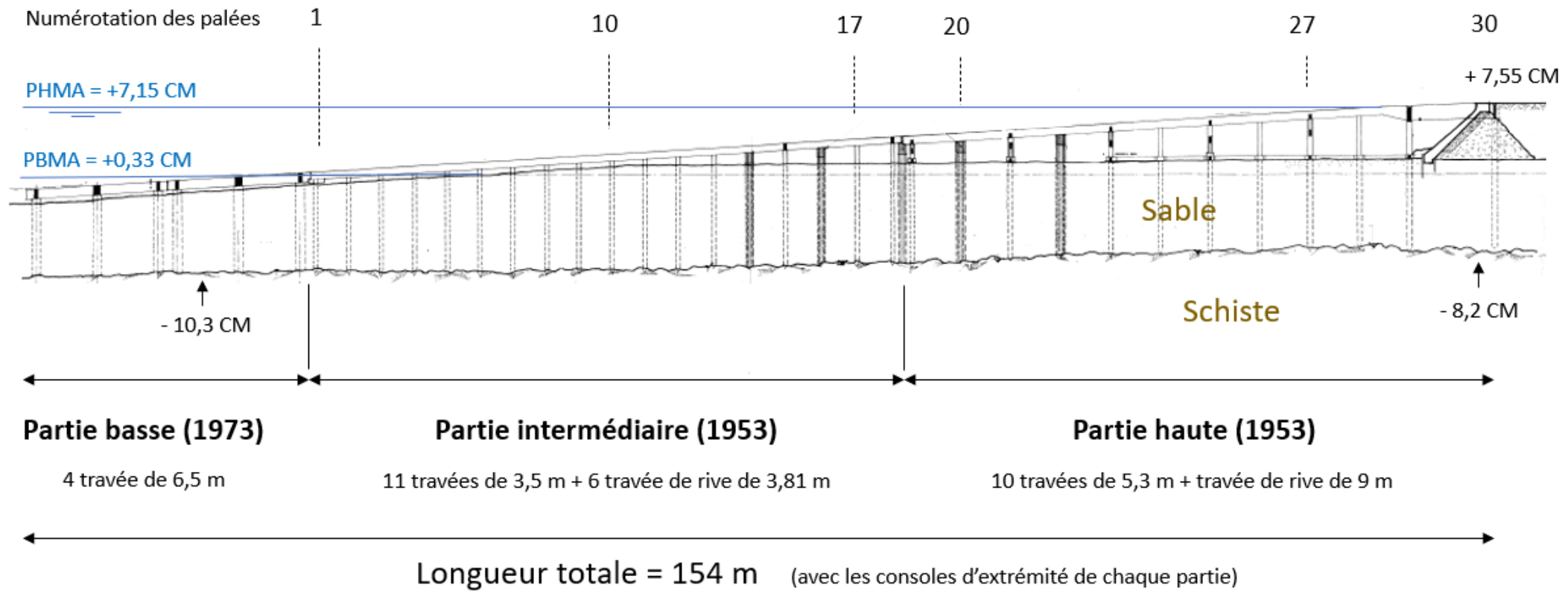
Trois étapes de classification selon la nature et les connaissances de l'ouvrage

CONTEXTE GÉNÉRAL

Niveau	Méthode	Conditions	Données requises
Etape 0	Evaluation sans recalcul.	Pas de désordre structuraux	○ Rapport d'inspection visuelle ○ Données permettant d'évaluer la capacité
Etape 1	Evaluation avec recalcul. Règlements de calcul pour ouvrages neufs. Ouvrage existant non pris en compte.	Pas de désordres structuraux.	○ Plans ○ Charges d'exploitation
Etape 1 bis	Comparaison de l'effet de l'exploitation actuelle avec hypothèses de conception. Ouvrage existant non pris en compte.	Pas de désordres structuraux	○ Note de calcul initiale ○ Instrumentation
Etape 2	Evaluation avec recalcul. Ouvrage existant pris en compte. Règlements de calcul pour ouvrages neufs + adaptations.	Désordres structuraux	○ Recherche de réserves de capacité ○ Etat réel des matériaux ○ Investigations complémentaires ○ Instrumentation
Etape 3	Approche fiabiliste Calculs de probabilité	Désordres structuraux	○ Nombre suffisant de données sur chacun des paramètres pour analyse statistique ○ Etat réel des matériaux ○ Investigations complémentaires ○ Instrumentation
Hors évaluation	Mise en sécurité immédiate	Désordres graves	○ Rapport d'inspection visuel

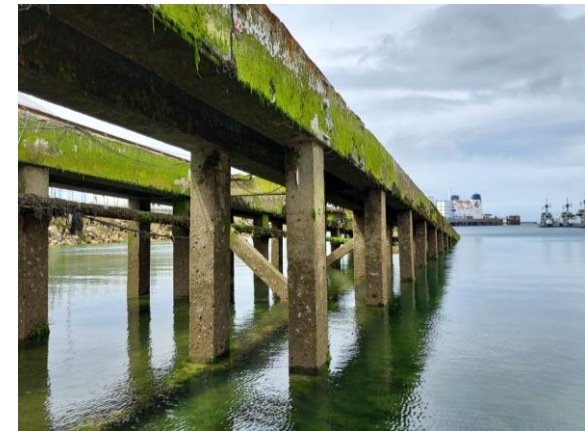
SLIPWAY CMN CHERBOURG

Structure



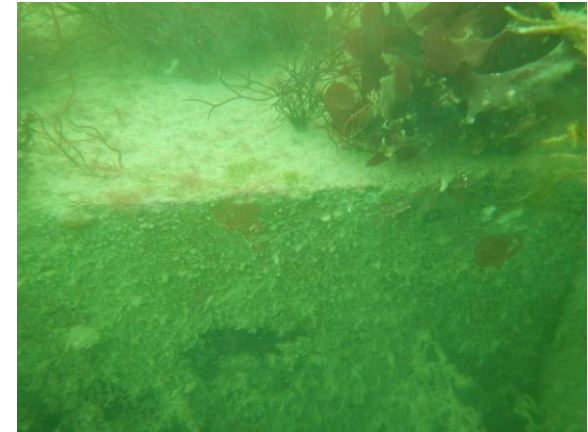
DIAGNOSTIC INITIAL

Inspection sur site



DIAGNOSTIC INITIAL

Inspection sur site



DIAGNOSTIC INITIAL

Base documentaire

ANNEE 1952 - CONSTRUCTION DU SLIPWAY

- AVANT-METRE - DRAGAGE DE LA SOUILLE
- BATARDEAU DE RACCORD - DALLE DE COUVERTURE ET DALLES LATÉRALES
- BETON IMMERGE DE LA PARTIE BASSE
- CAISSONS ET BATARDEAUX POUR EXECUTION DES PARTIES BASSES - CAISSON INFÉRIEUR
- CAISSONS ET BATARDEAUX POUR EXECUTION DES PARTIES BASSES - PLAN D'ARMATURES D'UN CAISSON DE BASE
- CAISSONS ET BATARDEAUX POUR EXECUTION DES PARTIES BASSES - PLAN D'ARMATURES D'UNE CHAMBRE DE TRAVAIL
- CAISSONS ET BATARDEAUX POUR EXECUTION DES PARTIES BASSES - PLAN DE BETON D'UNE CHAMBRE DE TRAVAIL ET DES DALLES
- CAISSONS ET BATARDEAUX POUR EXECUTION DES PARTIES BASSES - PLAN DE BETON
- CALCULS DE CAISSONS
- COMPLEMENT A LA NOTE DE CALCULS
- NOTES DE CALCULS
- PARTIE BASSE - PLAN D'ARMATURES DES POUTRES ENTRE PALEES 12 ET 18
- PIEUX DE 40X40 - LONGUEUR 14M ET 14M50 DE LA PARTIE BASSE DU SLIP (PALEES 1 A 18) ET DES DUCS D'ALBE
- PIEUX DE 40X50 - LONGUEUR 15M DE LA PARTIE HAUTE DU SLIP (PALEES 19 A 30)
- PLAN DE BETON DE LA PARTIE BASSE
- PROJET - PLAN INDIQUANT LE PROCEDE D'EXECUTION POUR LES POUTRES BASSES AVEC CAISSONS - BATARDEAUX
- PROJET

ANNEE 1952 - CONSTRUCTION DU SLIPWAY

ANNEE 1973 - ALLONGEMENT SLIPWAY

ANNEE 1973 - NOTE CALCUL ALLONGEMENT SLIP WAY

ANNEE 1982 - RAPPORT INSPECTION CETE

ANNEE 1989 - CONTROLE FLEXION RAMPE SLIP WAY

ANNEE 1989 - REFECTION RAIL DU SLIP WAY

ANNEE 1990 - MESURES ALTIMETRIQUES VOIE ROULEMENT - ATELIER EST SLIP WAY

ANNEE 1995 - EXPERTISE SLIPWAY EN PREVISION BJ4

ANNEE 1995 - RELEVES RAMPE SLIP WAY - MISE A L'EAU BJIV

ANNEE 1998 - CALCUL PARTIE SUPERIEURE

ANNEE 2006 - REMPLACEMENT DES RAILS SLIP WAY

ANNEE 2006 - REMPLACEMENT RAILS SLIP WAY

ANNEE 2008 - ETAT DES LIEUX SLIP WAY

1722

Reçu le 13 JAN 1973
Répondre le

ENTREPRISE
DE
TRAVAUX PUBLICS DE L'OUEST
NANTES

CONSTRUCTIONS MECANQUES DE NORMANDIE
CHERBOURG

SLIP - WAY DE 1.000^T
CAISSONS ET BATARDEAUX
POUR EXECUTION DES PARTIES BASSES
CAISSON INFÉRIEUR
PLAN DE BETON
Echelle : 0^m05 p.m.

PLAN N°	DATE	INGENIEUR	DESIGNATEUR	OBSERVATIONS
-C6- a	6-1-1953	Remy	Guennep	

MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE

Niveau	Méthode	Conditions	Données requises
Etape 2	Evaluation avec recalcul. Ouvrage existant pris en compte. Règlements de calcul pour ouvrages neufs + adaptations.	Désordres structuraux	○ Recherche de réserves de capacité ○ Etat réel des matériaux ○ Investigations complémentaires ○ Instrumentation

Objectif : Définition de la CMU (capacité maximale utile) de l'ouvrage, en vue de valider ou non un lancement de bateau de 720 tonnes prévu fin 2022

Phase 1 Modélisation sur la base de données théoriques et calcul de la CMU théorique

Phase 2 Prise en compte des données d'investigations in-situ

Phase 3 Recalage du modèle de calcul sur la base des mesures du monitoring, et redéfinition de la CMU

ORGANISATION OPÉRATIONNELLE



APPROCHE CALCULATOIRE

Calcul théorique initial

Normes Eurocodes

Matériaux : caractéristiques de la note 11/1998 du CETE Normandie-Centre

Désordres présents dans la structure non considérés

Actions du vent et de la houle négligées

Tassements différentiels passés non considérés

Cas de charges considérés

3 cas de charge de convois avec charge répartie

1 cas de charge de convois avec charge ponctuelle (essieu)

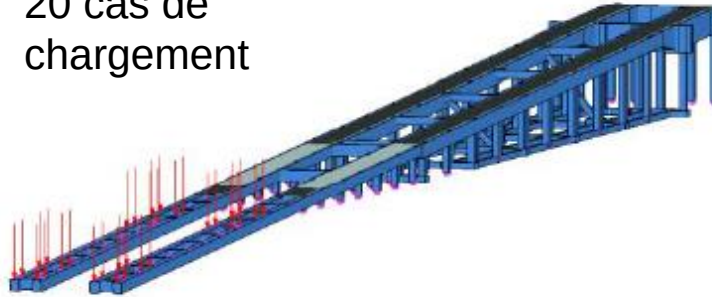
Avec et sans majoration dynamique et déformations thermiques

APPROCHE CALCULATOIRE

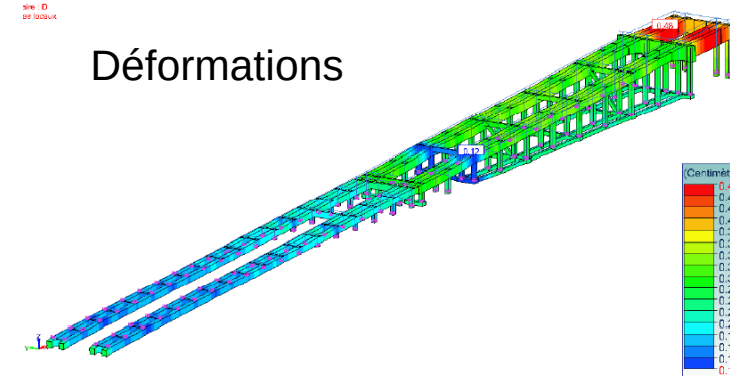
Résultats théoriques

CMU fixée à 750 tonnes, test de charge prévu pour le recalage en léger dépassement de la charge admissible théorique (+2%)

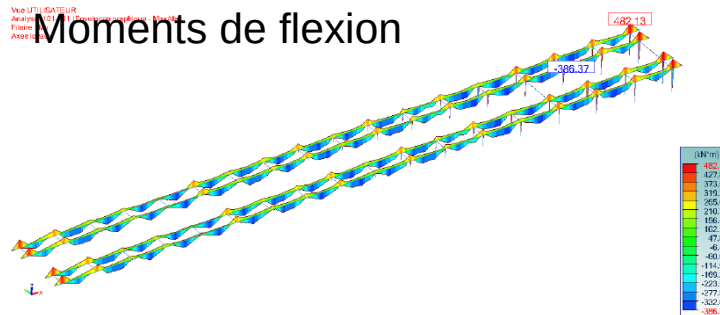
20 cas de chargement



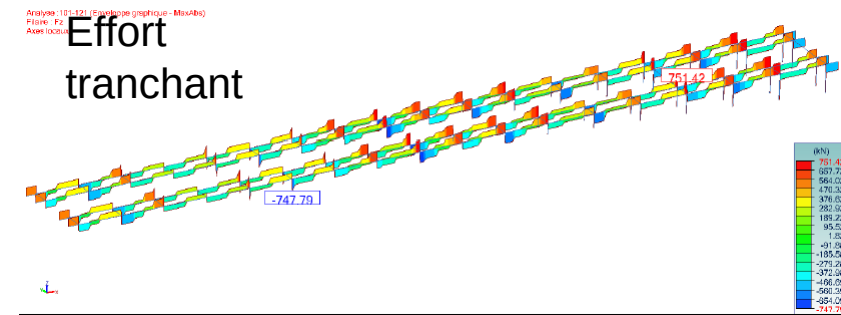
Déformations



Moments de flexion

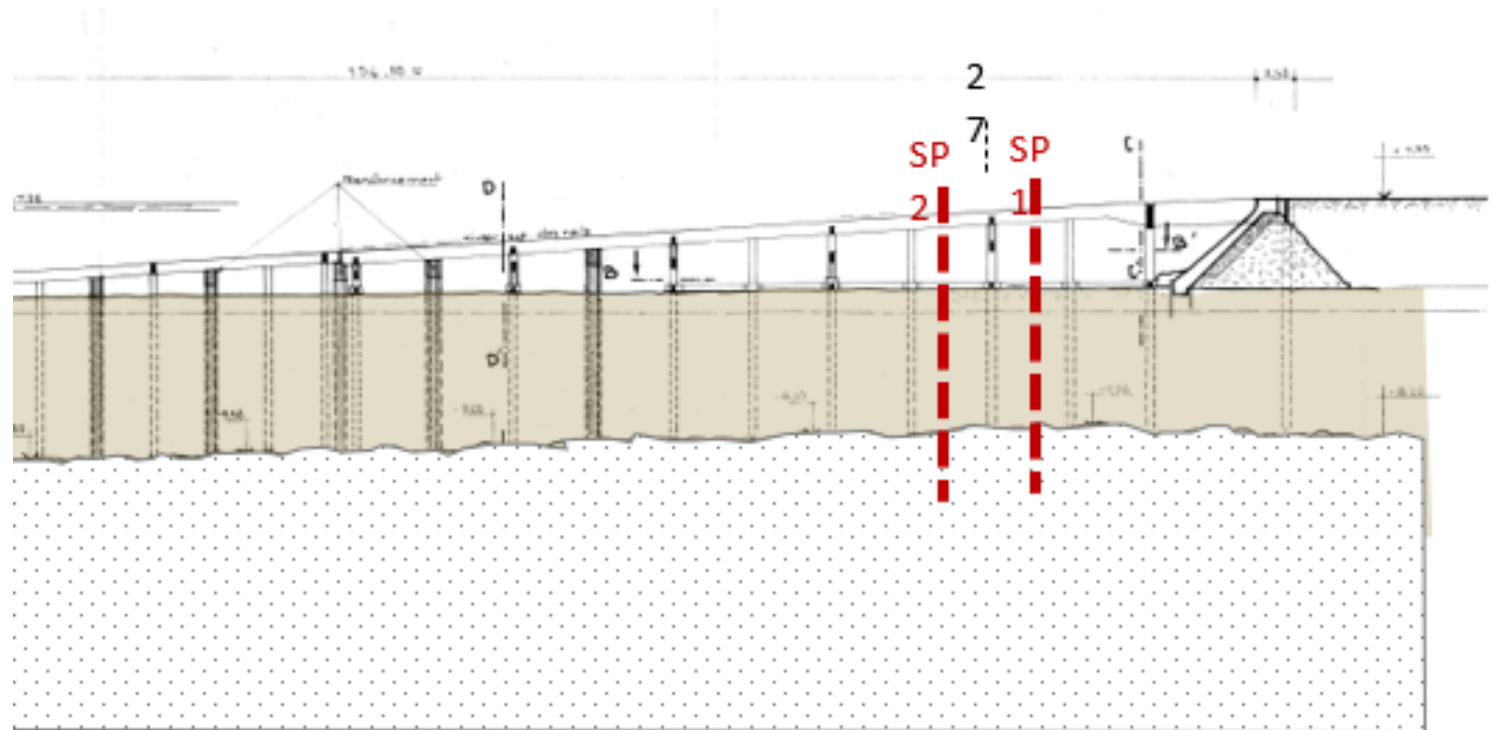
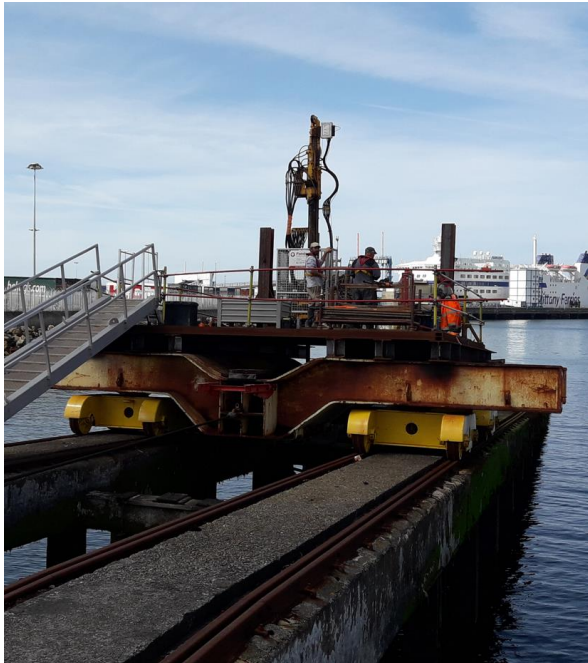


Effort tranchant



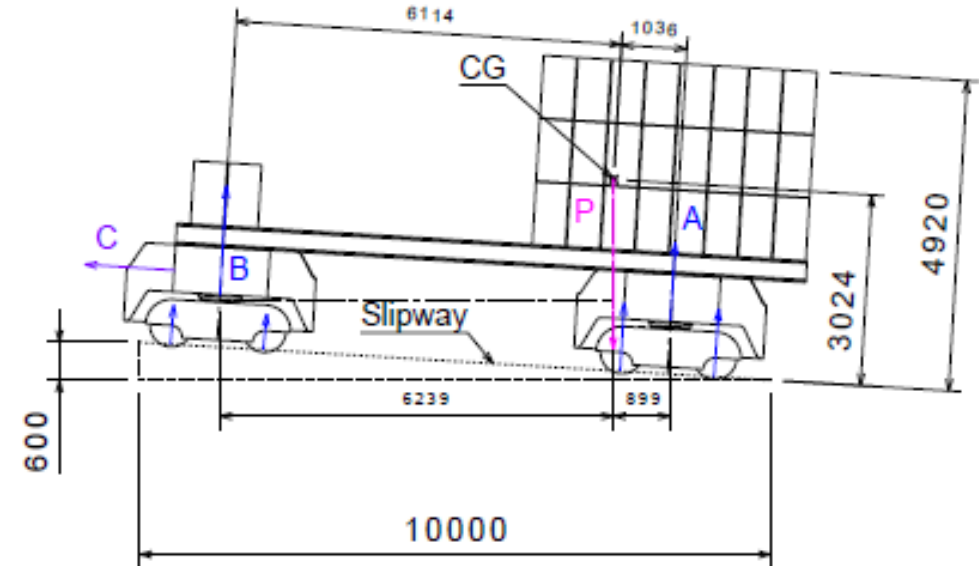
INVESTIGATIONS SUR SITE

Sondages géotechniques



INVESTIGATIONS SUR SITE

Convoi de test



Répartition des efforts:

$$P = 326.7 \times 9.81 = 3\,205 \text{ KN}$$

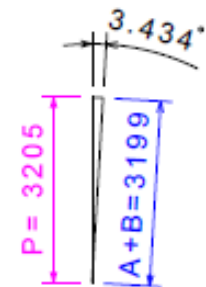
$$A = 2\,796 \text{ KN}$$

$$B = 403 \text{ KN}$$

$$C = 192 \text{ KN}$$

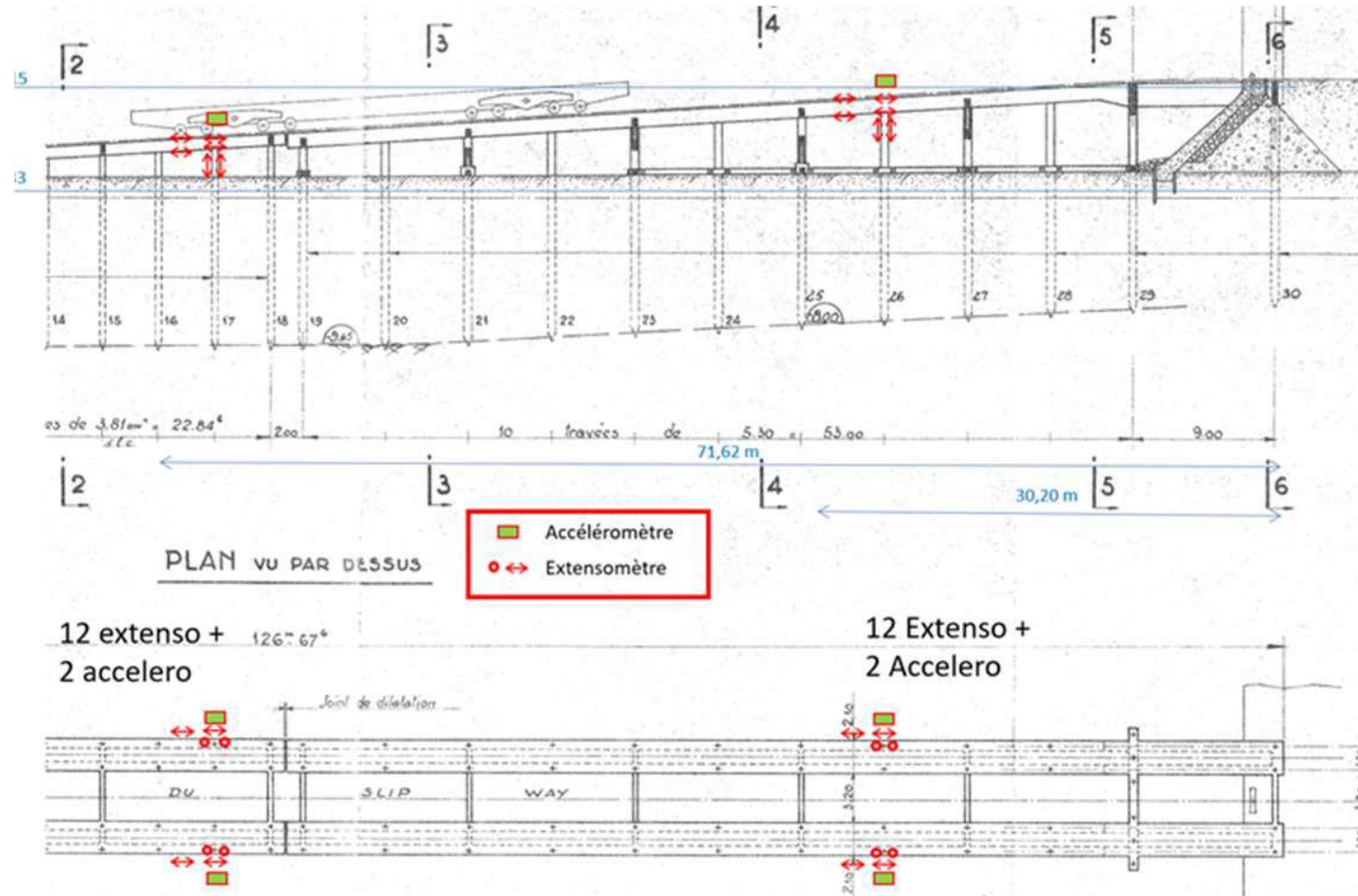
A : 285 tonnes sur 16 galets
soit 17.8 tonnes par galets

B : 41 tonnes sur 16 galets
soit 2.56 tonnes par galets



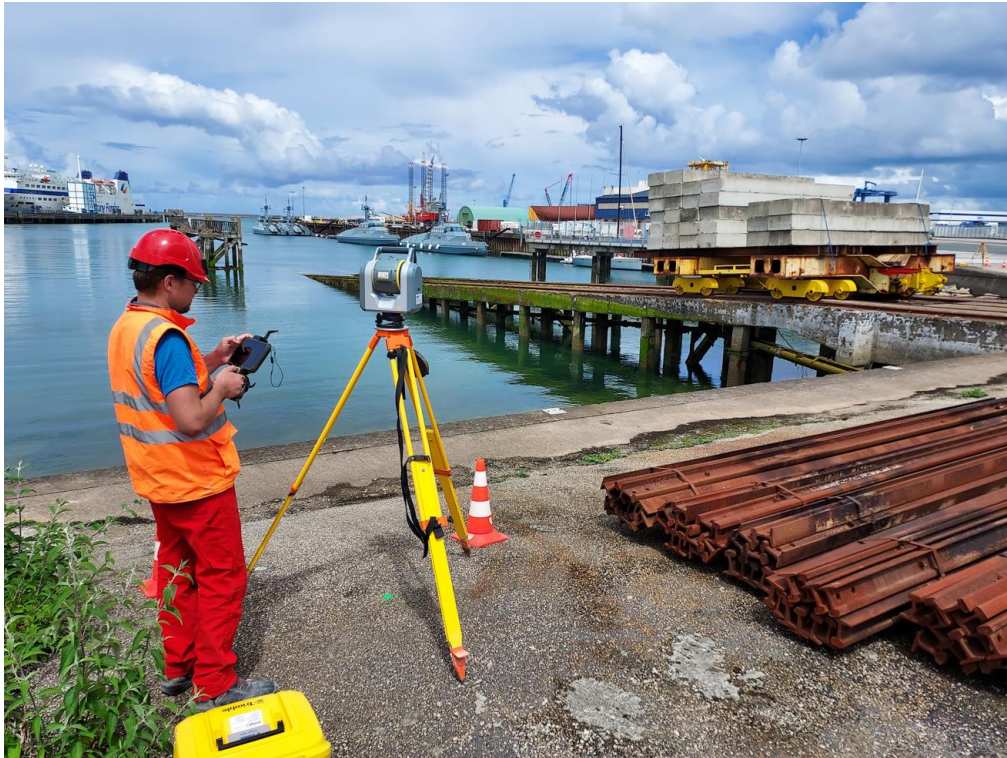
INVESTIGATIONS SUR SITE

Système de monitoring



INVESTIGATIONS SUR SITE

Système de monitoring

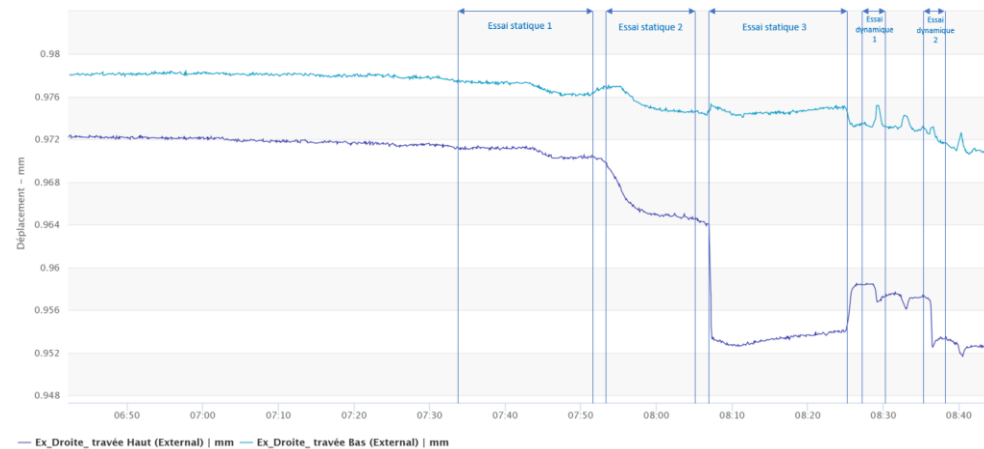
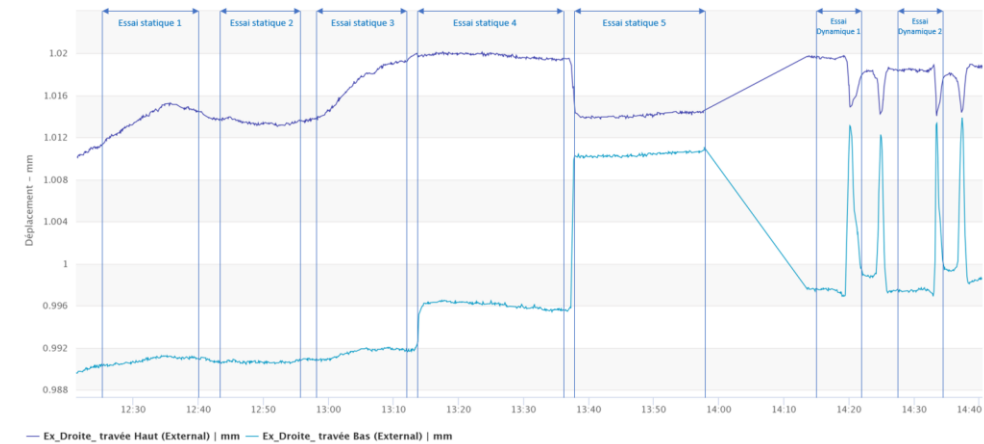


RECALAGE DU MODÈLE

Deux jeux de recalage obtenus

Partie supérieure le 30/06/2022

Partie intermédiaire le 07/07/2022

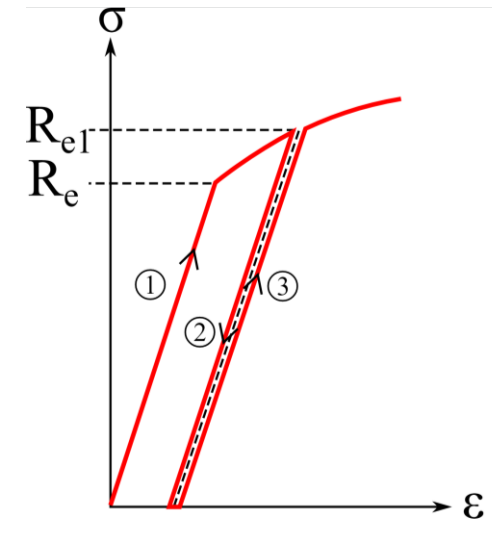
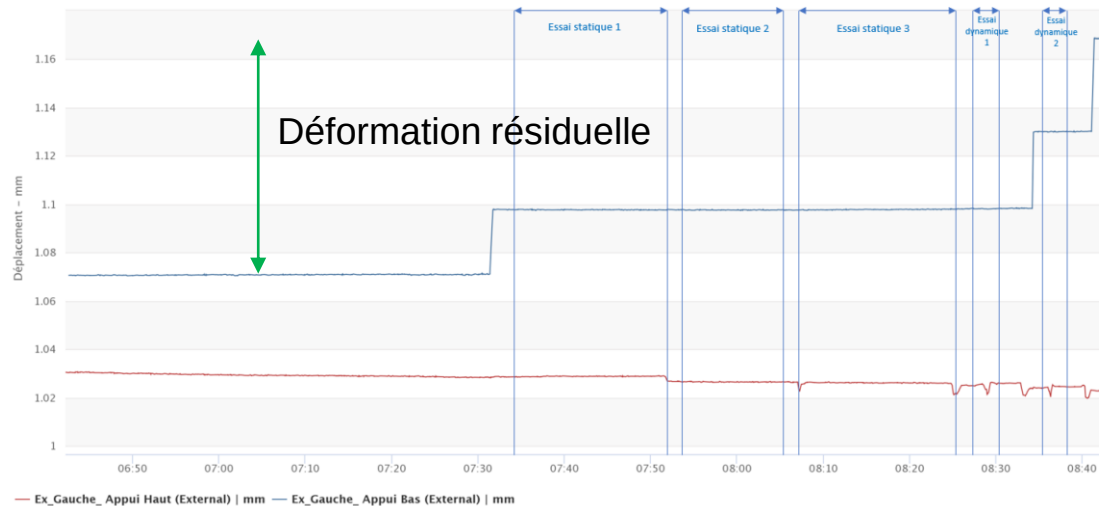


RECALAGE DU MODÈLE

Observation majeure

Beaucoup de positions présentent une déformation résiduelle à l'issue des essais

- Cela indique que l'essai a fait rentrer la structure dans son domaine plastique, dans lequel la résistance reste assurée mais des déformations irréversibles se produisent.



En fin d'essai, les amplitudes des déformations sont stabilisées, ce qui tend à montrer qu'une nouvelle situation d'équilibre est trouvée.

RECALAGE DU MODÈLE

Stratégie de recalage

- Du fait de la présence de plastification initiale, le recalage est effectué sur la base des déformations dynamiques stabilisées en fin d'essais ainsi que sur le base des déplacements observés par les mesures topographiques.
- Les amplitudes de plastifications observées sont intégrées en tant qu'une diminution de la plage élastique théorique des aciers.
- Le cas de charge du test présentant les caractéristiques d'un cas de charge ELU (pénétration du domaine plastique), la CMU de l'ouvrage sera bornée par ses effets / 1,5 (coefficient EC faisant passer une action de service en action ultime).

RECALAGE DU MODÈLE

Résultats issus du recalage

- Recalage des raideurs des pieux ainsi que des limites élastiques des aciers permettant d'obtenir des déformations similaires entre le modèle et les essais.
- CMU modèle recalé aux alentours de 670t, en diminution comparé aux 750t théoriques initiaux. Cette CMU reste cependant surestimée, car l'ensemble de la plastification relevée sur site n'est pas identifiable dans le modèle. Plusieurs hypothèses de travail peuvent l'expliquer, en particulier l'absence de prise en compte des déformations permanentes de l'ouvrages, générant des efforts venant consommer la CMU issue du modèle.
- Majoration au cas de test / 1,5 de la CMU dans l'attente de données de recalage complémentaires permettant d'affiner ces incertitudes résiduelles, soit une CMU de 460 tonnes pour la géométrie de chargement envisagée

**Merci de votre
attention**