



**HAL**  
open science

## Evaluation de la capacité portante et de la durée de service résiduelle d'un quai portuaire existant par une combinaison de techniques d'auscultation et de calcul

Franziska Schmidt, Bruno Godart, Jean-Bernard Kovarik, Philippe Joignant

### ► To cite this version:

Franziska Schmidt, Bruno Godart, Jean-Bernard Kovarik, Philippe Joignant. Evaluation de la capacité portante et de la durée de service résiduelle d'un quai portuaire existant par une combinaison de techniques d'auscultation et de calcul. Rencontres de l'Ingénierie Maritime 2024, Builders École d'ingénieurs, Jun 2024, Caen, France. hal-04705529

**HAL Id: hal-04705529**

**<https://hal.science/hal-04705529v1>**

Submitted on 23 Sep 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Franziska Schmidt, [franziska.schmidt@univ-eiffel.fr](mailto:franziska.schmidt@univ-eiffel.fr)

## Evaluation de la capacité portante et de la durée de service résiduelle d'un quai portuaire existant par une combinaison de techniques d'auscultation

Auteurs : SCHMIDT Franziska<sup>1</sup>, GODART Bruno<sup>2</sup>, KOVARIK Jean-Bernard<sup>3</sup> & JOIGNANT Philippe<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Université Gustave Eiffel, MAST-EMGCU, France, e-mail: [franziska.schmidt@univ-eiffel.fr](mailto:franziska.schmidt@univ-eiffel.fr)

<sup>2</sup>Université Gustave Eiffel, Président d'Honneur de l'AFGC, France, e-mail: [godart.br@orange.fr](mailto:godart.br@orange.fr)

<sup>3</sup>Université Gustave Eiffel, Vice-Présidence Appui aux Politiques Publiques, e-mail: [jean-bernard.kovarik@univ-eiffel.fr](mailto:jean-bernard.kovarik@univ-eiffel.fr)

<sup>4</sup>HAROPAPORT DTLH, France, e-mail: [philippe.joignant@haroport.com](mailto:philippe.joignant@haroport.com)

**RESUME** : Suite à un changement d'utilisation du quai Hermann du Pasquier (port du Havre), HAROPAPORT DTLH a souhaité évaluer la capacité structurale résiduelle et la durée de vie restante escomptée de cet ouvrage en béton précontraint qui avait déjà atteint 75 années de service. L'Université Gustave Eiffel, avec divers partenaires, a proposé en réponse de mener une expertise de la structure et de ses matériaux constitutifs, basée sur diverses auscultations et essais in-situ permettant d'évaluer les caractéristiques mécaniques et de durabilité de l'acier et du béton. Il a ainsi été possible d'évaluer les pertes de précontrainte, donnée d'entrée essentielle pour le recalcul de l'ouvrage, et les perspectives de durabilité du béton précontraint du quai.

**MOTS CLEFS** : Structures existantes; évaluation structurelle; durabilité; béton précontraint.

**ABSTRACT**: Following a change of use of the Hermann du Pasquier wharf (Le Havre port), HAROPAPORT DTLH wanted to assess the residual structural capacity and the expected durability of this prestressed concrete structure, which already has a service life of 75 years. In response, Université Gustave Eiffel, in conjunction with various partners, proposed an assessment of the structure and its materials, based on various investigation techniques and in-situ tests allowing to evaluate the mechanical and durability characteristics of the steel and concrete. In particular, it was possible to measure the prestressing loss, an essential input for reassessment of the structure, and the prospects for durability of the prestressed concrete in the structure.

**KEYWORDS**: Existing structures; structural assessment; durability; prestressed concrete.

### 1. CONTEXTE

Le patrimoine national d'infrastructures vieillit. Une grande partie de celui-ci entre actuellement dans sa deuxième moitié de vie. Alors même que les charges appliquées sont croissantes

(charges d'exploitation, actions climatiques et environnementales), il est nécessaire de garantir la continuité du service rendu, d'optimiser les dépenses de maintenance et parfois même de concevoir des solutions de renforcement ou d'adaptation les mieux ajustées. Ce constat a été largement établi pour les ponts routiers depuis le dramatique accident du pont Morandi à Gênes en 2018. Il est également valable pour les infrastructures portuaires (quais, ponts, digues).

Le quai Hermann du Pasquier dans le port du Havre (HAROPAPORT) a été reconstruit juste après la fin de la deuxième guerre mondiale avec des matériaux et des techniques peu documentés. Constitué d'une structure autoportante en béton précontraint reposant sur des lignes de piles ancrant l'ensemble au sol, il est aujourd'hui toujours soumis à des charges d'exploitation.

A la demande d'HAROPAPORT, le département de recherche Matériaux et structures (MAST) de l'Université Gustave Eiffel a mis en œuvre un ensemble cohérent de techniques d'auscultation pour évaluer la capacité portante et la durée de service résiduelle de ce quai.

L'application de méthodes destructives (carottages, essais d'écrasement) et peu destructives (mesure de la précontrainte par arbalète) a permis d'apprécier les valeurs caractéristiques actuelles des propriétés mécaniques des matériaux en place (béton et câbles de précontrainte) et de déterminer les pertes de capacité structurelle de la structure. La durée de service résiduelle en l'état du quai – en l'absence de réparation – a quant à elle été estimée avec des critères performantiels mettant en œuvre les paramètres liés à la structure du béton (porosité, vitesse de corrosion).

## 2. METHODOLOGIE

### 2.1. Evaluation de la capacité structurelle résiduelle

Les capacités mécaniques de la structure ont été évaluées en 2021 sur la base d'essais à l'arbalète [1] (Figure 1) et d'essais de traction sur des fils des câbles de précontrainte, alors que la résistance à la compression du béton a été évaluée à l'aide d'un échantillon de 16 carottes.

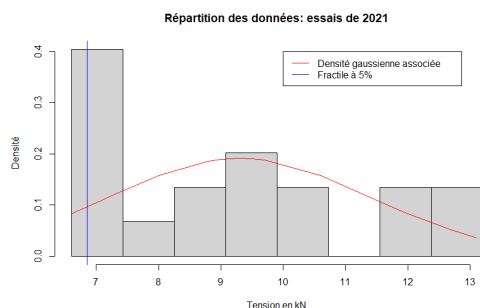


Figure 1: Histogramme des tensions mesurées sur les fils des câbles de précontrainte de l'ouvrage en 2021.

Par ailleurs, la position et l'espacement des armatures passives dans les poutres a été étudiée par auscultation au radar, qui a permis de repérer ces armatures et leur enrobage, ainsi que leur diamètre par observation directe via des ouvertures. La présence du ferrailage passif ainsi que son état ont ainsi pu être vérifiés.

### 2.2. Evaluation de la durabilité escomptée

Divers essais ont été réalisés pour estimer la durabilité de la structure, sur la base des indicateurs de durabilité que sont la porosité accessible à l'eau et la migration des ions chlorure sous champ électrique. Les lois de migration des ions chlorure ont également été appliquées, après calage,

selon le modèle de la *fib* [2] (Figure 2). Selon les critères performantiels de durabilité considérée, la durabilité a été estimée de « moyenne » à « bonne ». La durée de vie résiduelle a été évaluée à 40 ans sur le seul critère de la corrosion, sur la base du modèle de la *fib* (certains paramètres étant plutôt sécuritaires).

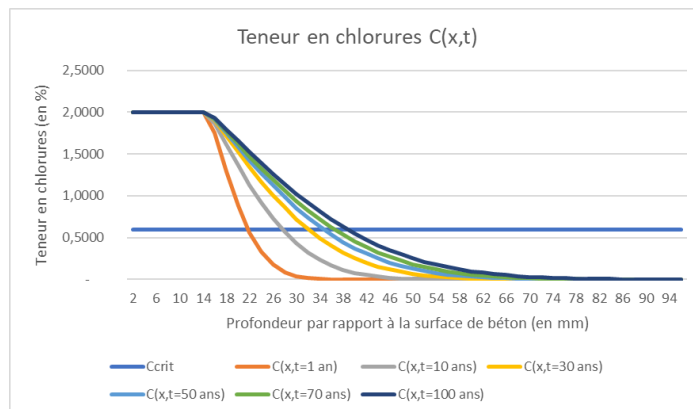


Figure 2: Simulation du temps d'initiation de la corrosion avec le modèle fib [2].

### 3. RESULTATS ET CONCLUSIONS

Cette communication présente une partie des résultats de l'auscultation du quai Hermann du Pasquier. Les résultats obtenus en termes de porosité à l'eau et de coefficient de migration des ions chlorure ont permis d'évaluer la durée de vie résiduelle escomptée de l'ouvrage, montrant que ce quai, sans programme de réparations lourdes, était arrivé dans le dernier quart de sa vie.

Cette auscultation d'une structure allant la fin de sa durée de vie mais pouvant encore rendre de bons services est exemplaire des expertises d'ouvrages qui ne manqueront pas d'être commandées par les gestionnaires d'infrastructures dans les prochaines années. L'enjeu est de savoir prendre en compte au cas par cas les incertitudes qui sont liées notamment :

- Aux mesures (une mesure réalisée dans le cadre de l'expertise n'est pas toujours directement comparable avec une autre mesure réalisée par un autre opérateur quelques années/décennies plus tôt),
- Aux matériaux et à leur mise en œuvre (les seuils de durabilité définis pour les matériaux récents doivent être adaptés aux bétons anciens, des années 1940, dont les dosages en ciment étaient différents),
- À la pauvreté, voire à l'inexistence de la documentation spécifique (dossiers d'ouvrage, instrumentations et auscultations, suivi des conditions d'exploitation).

Ainsi les conclusions de l'évaluation restent généralement adossées à des marges relatives d'appréciation et s'accompagnent de recommandations de précautions à prendre ainsi que d'un suivi complémentaire ou futur à réaliser.

#### REFERENCES :

[1] Université Gustave Eiffel & CEREMA, Auscultation des ouvrages d'art [En ligne]. Marne-la-Vallée : Université Gustave Eiffel. Cahiers Interactifs, CII1. Disponible sur le web : <https://cahier-interactif-auscultation-ouvrages-art.univ-gustave-eiffel.fr/>.

[2] fib (2015), Bulletin 76: Benchmarking of Deemed-to-Satisfy Provisions in Standards – Durability of Reinforced Concrete Structures Exposed to Chlorides.