

**« LA BELLE LIEGEOISE » - TECHNIQUES SPECIFIQUES POUR LE SUIVI ET LA RECEPTION DE LA PASSERELLE**

	<p><b>AUGUSTE THIERRY</b> Attaché Direction de l'Expertise des Ouvrages DGO1-65 Rue Côte d'Or, 253 4000 Liège Tél. : 04/2316335 Fax : 04/2316464 Email : <a href="mailto:thierry.auguste@spw.wallonie.be">thierry.auguste@spw.wallonie.be</a></p>
<p><b>TOMSIN FRANÇOIS</b> Gradué Direction de l'Expertise des Ouvrages DGO1-65 Rue Côte d'Or, 253 4000 Liège Tél. : 04/2316377 Fax : 04/2316464 Email : <a href="mailto:francois.tomsin@spw.wallonie.be">francois.tomsin@spw.wallonie.be</a></p>	

**Résumé**

**1. Introduction**

La Belle Liégeoise dont il va être question dans cet exposé, est le nom officiel de la nouvelle passerelle cyclo-piétonne qui relie le quartier des Guillemins au parc de la Boverie au sein de la Cité Ardente.



## **Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art**

---

L'objet de notre intervention ne porte pas sur les différentes étapes de la construction, mais bien sur de nouvelles approches en matière d'instrumentation mise en place pour analyser le comportement de l'ouvrage suite à des problématiques particulières, En outre, la question de l'essai de mise en charge sera abordée vu les complexités techniques que cette étape de la réception de l'ouvrage ont représentés.

En ce qui concerne l'instrumentation, notre première intervention a porté sur l'élément reliant la tête du pylône aux ancrages situés en rive gauche ; cet élément appelé catène a dû être suivi durant le montage sur site et à la réception suite à un problème de fabrication.

La deuxième intervention a eu lieu après la mise en service de l'ouvrage et concerne le comportement vibratoire de la portée principale afin de déterminer si la passerelle respecte les exigences en matière de confort pour les usagers.

Enfin, la troisième partie de l'exposé concernera les problèmes rencontrés pour réaliser l'épreuve de mise en charge de l'ouvrage et les solutions originales qui ont été mises en œuvre.

### **2. Suivi de la catène**

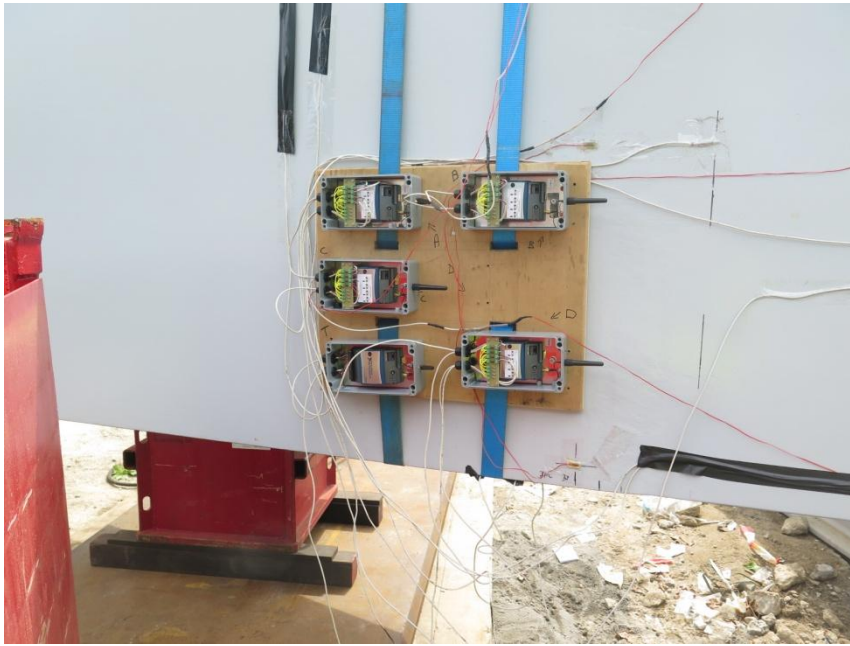
Lors de l'étude de la passerelle, le bureau d'étude avait pris en compte l'existence d'un mouvement de rotation de la catène entre le montage au sol et la mise en service.

Problème, le fabricant a fabriqué et monté l'élément dans sa position finale, ce qui a obligé l'adjudicataire à découper et repositionner une partie de la pièce, une cale a également été placée au niveau de l'extrémité soudée au pylône qui pu être repositionnée.

Les calculs montraient que ces opérations évitaient à la pièce de flamber mais que les efforts subis dans la partie supérieure conduiraient à une plastification de cette zone.

Afin de s'assurer que la plastification restait faible et que la zone n'atteignait pas la soudure, dont le comportement en zone plastique est inconnu, des jauges de contraintes ont été collées sur différents éléments se trouvant en tête du pylône.

Des exigences en matière d'esthétisme et de sécurité ont conduit notre service à utiliser le matériel développé par la société V2i à l'occasion d'un autre marché ; ce matériel utilise le système WSN de National Instrument.



Dans ce système, les capteurs sont raccordés à des modules d'acquisitions qui transmettent les données, via le protocole zigbee, à un portail qui lui-même communique, via le réseau 3G, avec un serveur.

L'utilisateur final peut alors, depuis son bureau, récupérer et analyser les mesures.

### **3. Epreuve de mise en charge statique**

Pour la région wallonne; les essais de mise en charge sont des passages obligés pour les nouvelles structures tant routières que piétonnes avant leur ouverture au public. Ils permettent une vérification d'ensemble de la structure sous chargement. Ils constituent ainsi un des moyens à disposition de l'administration en vue de la réception provisoire des travaux. Ces essais sont régis par la circulaire ministérielle N° 576-58 définissant ses modalités d'exécution et les critères d'analyse des déformés et d'acceptation des résultats.

Le principe même de ces essais n'est pas de vérifier directement la capacité portante de l'ouvrage, cela consiste plus en la mobilisation d'une charge moindre que la charge théorique statique prévue par la norme dans le but de déformer l'ouvrage dans le domaine élastique et d'analyser et comparer les flèches de la structure obtenues en charge et après déchargement.

D'une manière générale, les épreuves de mise en charge sur passerelles sont souvent sources de tracas d'une part pour trouver comment mobiliser les charges nécessaires afin d'assurer la bonne déformation de la structure et d'autre part pour réaliser le mesurage des flèches obtenues. Dans le cas de la Belle Liégeoise, vu son élancement, cette question était encore plus vraie qu'à l'accoutumée.

## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

En effet, les quelques 112.5t à mobiliser sur la travée principale étaient un véritable challenge puisque le platelage en place ne permet pas l'emploi de poids-lourds afin d'assurer le lestage. Par ailleurs, un chargement à l'aide de "big bag", comme c'est généralement le cas pour les passerelles, n'était pas envisageable. Quant au mesurage des flèches, la méthode classique par nivellement de précision n'était pas applicable pour la travée en Meuse et ce, essentiellement pour des raisons de timing mais aussi à cause de la sensibilité de la passerelle aux vibrations.

Des solutions innovantes ont donc dû être trouvées pour réussir à assurer cette mission conséquente dans le délai relativement court compris entre la fin des travaux et l'inauguration officielle.

Ainsi, le lestage fut réalisé par recours à un dispositif anti-crués constitué de grandes poches d'eau d'une capacité de 7.5 m<sup>3</sup> (J-Bars) chacune, disposées sur le platelage et remplies avec l'eau de la Meuse alors pompée.

La manipulation desdites poches n'étant pas une mince affaire tant en manutention qu'en remplissage et surtout vidange ; la méthodologie de travail qu'il a fallu mettre sur pied ainsi que le phasage des opérations ont demandé un travail considérable en amont des épreuves.

Durant ces phases préparatoires, des pièces spécifiques ont dû être créées, des essais grandeur nature menés, des modélisations de déformation réalisées et la finalisation du planning bouclée !



Le volet mesurage a été assuré par la Direction de la Géométrie du Secrétariat Général qui employa:

- pour la petite travée au-dessus du parc, la méthode classique du nivellement de précision;
- pour la travée en Meuse, deux stations totales motorisées qui mesurèrent les déformations par lectures de prismes disposés sur des points spécifiques de l'ouvrage.



## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art



Parallèlement à ces relevés topographiques, des nuages de points tridimensionnels furent relevés à l'aide du nouveau scanner 3D Faro de la Direction de l'Expertise des Ouvrages et le scanner 3D de la Direction de la Géométrie afin de comparer ces derniers avec les mesures topographiques obtenues.

Les essais sur place ont demandé une main-d'œuvre conséquente et désireuse d'aboutir au bon déroulement des tests. L'ensemble des intervenants : entreprise, bureau d'études, sous-traitants, service public, ... ont dû trouver un terrain d'entente pour que les efforts de chacun aboutissent. Cette mission avant d'être un défi technico-technologique fut surtout une aventure humaine dans laquelle toutes les parties avancèrent dans la même direction.

C'est donc grâce à cette volonté d'avancer que les essais purent se dérouler sur les deux journées initialement prévues avec le succès que l'on connaît, ce qui couronna le travail accompli.

Lors de l'exposé, les diverses spécificités et difficultés seront évoquées le tout illustré de plusieurs graphiques et photographies qui tenteront de rendre les situations parlantes à chacun.

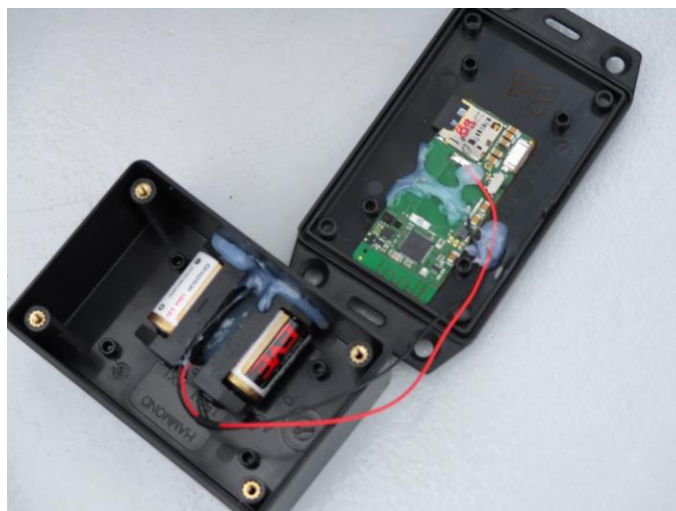
### **4. Comportement vibratoire de la travée principale**

Peu après sa mise en service, la passerelle a été l'objet d'un tangage anormal ; si la situation ayant conduit au phénomène était exceptionnelle, le fonctionnaire dirigeant s'en est légitimement inquiété.

Une première série de mesures ponctuelles ont été réalisées peu après cet évènement. Avec la participation d'un groupe de volontaire, différents cas de sollicitations ont été mesurés à l'aide d'accéléromètres.

Ces mesures n'ayant pas permis d'apaiser les inquiétudes, une deuxième campagne de mesure portant sur une période d'un mois a été mise en œuvre.

Ce monitoring a été rendu possible par le prêt, par la start-up de M. Philippe Laurent, de trois capteurs prototypes.



## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

---

Ces capteurs sont constitués d'accéléromètres et de gyroscopes triaxiaux mesurant à une fréquence de 30 Hz ; ils sont alimentés par piles et les données sont stockées sur une carte microSD.

Les capteurs ont été installés de façon à mesurer les mouvements sur la structure, au niveau du caisson et sous le garde corps.



Ces mesures ont permis de mettre en évidence que le tangage ne se produisait pas en situation normale, mais que les amplitudes de vibrations mesurées s'avéraient plus élevées qu'attendu.

### 5. Conclusions

Notre rôle en tant que service d'expertise est de fournir au fonctionnaire dirigeant les informations nécessaires au suivi de son chantier.

Dans le cas de la nouvelle passerelle à Liège, nous sommes intervenus pour vérifier les trois points suivants :

- suivi de la déformation d'une pièce de la structure suite à un défaut de construction ;
- comportement en charge de la passerelle ;
- analyse du comportement dynamique sous l'effet de la sollicitation produite par l'utilisation de la passerelle.

Le résultat de ces interventions ont été rassurants concernant les deux premiers points ; et a conduit à interpeller l'adjudicataire sur l'étude dynamique et à prendre des mesures particulières lors d'évènements susceptibles d'attirer la foule.