

L'ÉPREUVE DE CHARGEMENT DE L'ÉCHANGEUR PORT - HAMMA

I INTRODUCTION

L'Echangeur Port-Hamma est un ouvrage d'art permettant une sortie directe du Port vers l'Avenue de l'ALN. Il est composé d'un viaduc en béton précontraint et de deux rampes en béton armé.

La réalisation de cet ouvrage a été faite par un groupement algéro-italiens alors que l'étude et le contrôle et suivi ont été confiés à la SAETI. Compte tenu de l'importance du trafic lourd sur cet ouvrage, la Direction des Travaux Publics du Gouvernement du Grand Alger a jugé nécessaire d'effectuer des essais de chargement conformément au marché de réalisation et au cahier des prescriptions communes (CPC).

2 RÔLE DES INTERVENANTS

L'épreuve dans sa totalité a été menée par l'ensemble des intervenants dans le projet. La tâche confiée à chaque organisme se résume comme suit:

- L'entreprise SAPTA :

L'entreprise SAPTA a été chargée d'assurer toute la logistique liée à l'opération permettant la faire les mesures nécessaires sans difficultés, elle a été chargée aussi d'effectuer le marquage de la disposition des engins sur le tablier en présence du bureau d'étude SAETI qui assure le suivi de l'opération.

- Le laboratoire LCTP :

Le laboratoire central effectuera les mesures figurant dans le programme avec un maximum de précision. Le laboratoire mettra en place un appareillage suffisant et un personnel compétent pour mener à bien cette opération.

- Le Bureau d'étude SAETI

Le bureau d'étude a été chargé de contrôler les documents de l'entreprise relatifs à cette épreuve, de préparer le programme et de veiller à sa stricte application. Il effectuera par ailleurs dans la mesure du possible quelques mesures de flèches avec le matériel topographique.

3 PROGRAMME D'ÉPREUVE

Le programme d'épreuves établi comprend deux types d'essais:

- 1- Essai par poids mort (épreuve statique)
 - 2- Essai par poids roulant (épreuve dynamique).
- Pour l'épreuve statique, trois travées ont été

chargées, ainsi que deux piles :

- Travée de rive CA - P1 de longueur égale à 30 m
- Travée courante P3 - P4 de longueur égale à 38 m
- Travée centrale P5 - P6 de longueur égale à 42 m franchissant l'avenue de VALN
- La pile courante n°2 fondée sur 6 pieux
- La pile centrale n°6 fondée sur 8 pieux.

Charges d'épreuve

L'évaluation du nombre de camions par travée et sur appui a été faite selon l'article 4.2.1 du CPC titre II qui stipule que la charge totale d'épreuve doit être comprise entre les 2/3 et les 3/4 de la charge de calcul du même règlement. A titre d'exemple, la surcharge A(l) de la travée centrale est de :

$$\Lambda(1) = 230 + 36000 / (42+12) = 896,66$$

ce qui équivaut à un poids total P égal à:

$$896,66 \times 7 \times 42 = 263620 \text{ Kg}$$

Les camions prévus ont un poids total en charge: **PTC = 25000 Kg** d'où le nombre de camions N sera défini par:

$$N_2 \leq N \leq N_1 \text{ Or}$$

$$N_1 = E \left[\frac{3P}{4PTC} \right] = E \left[\frac{3 \times 263620}{4 \times 25000} \right] = 8$$

$$N_2 = E \left[\frac{2P}{3PTC} \right] = E \left[\frac{2 \times 263620}{3 \times 25000} \right] = 7$$

E: signifie partie entière

On a opté pour N=8 camions.

Le tableau ci-après récapitule les différents cas de chargement statique:

Élément chargé	Travée CA-P1	Travée P3-P4	Travée P5-P6	Pile n°2	Pile n°6
Nbre Camions	6	6	8	8	8
N		8			

3.2 Dispositions de chargement

- Essai par poids mort :

Les camions d'épreuves ont été disposés dans les positions les plus défavorables données par les lignes d'influence, pouvant conduire à une flexion maximale de la travée ou une réaction maximale de l'appui. (Selon le cas de chargement). Chaque camion a été identifié par son immatriculation, sa nature de chargement, son ticket de pesage et sa position sur l'ouvrage selon le programme.

R. DERBAH
Délégué SAETI(*) au
projet de l'échangeur
HAMMA-PORT

RÉSUMÉ

Cette note technique donne en premier lieu un aperçu sur le programme d'épreuve établi par la SAETI pour le compte de la SAPTA. Il décrit ensuite le déroulement de l'épreuve et termine par les résultats de l'essai et leurs interprétations.

L'espace réservé à cet article ne permet pas d'aller au détail de l'opération, toutefois, le lecteur pourra s'adresser à la SAETI pour consulter tous les documents traitant cette affaire.

(*) SAETI : Société algérienne d'études d'infrastructures

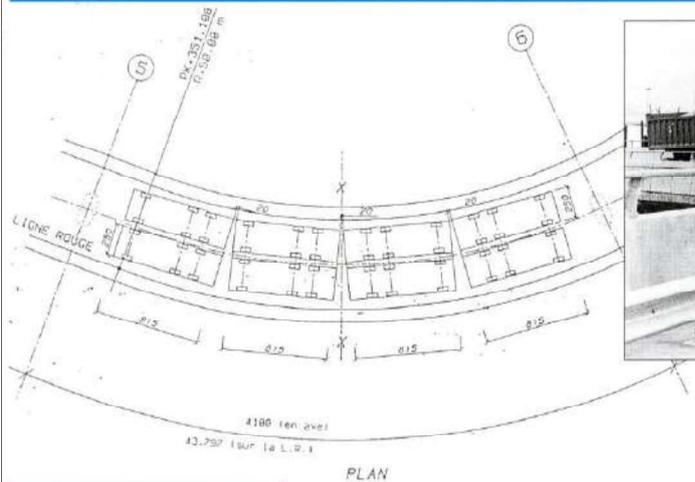


figure n° 1- Chargement de la travée centrale P5-P6

• Essai par poids roulant :

Cet essai consiste en un déplacement de deux camions de 25t chacun à une vitesse maximale de 40 Km/h le long de l'ouvrage. Chaque camion circule sur une voie et ayant une distance de 30 à 40 m l'un de l'autre, pour éviter tout risque d'accident.

3.3 Dispositif de mesure des tassements d'appuis sous charge statique

- 1- Deux fleximètres enregistreurs disposés transversalement à l'axe de l'ouvrage de part et d'autre de chaque pile sujette à l'épreuve =>tassement total.
- 2- Deux comparateurs au 1/100 mm ont été disposés au droit de chaque appareil d'appui. La différence de ces deux lecteurs donnera le tassement de l'appui qui est irréversible.

3.4 Dispositif de mesure des flèches des travées sous charge statique

• Travée CA - P1 (Culée - Pile n°1) :

- a/ Un fleximètre fixé sur l'intrados disposé à 4m de la culée (mi - travée).
- b/ Au droit de chaque appareil d'appui de la culée CA, de la pile P1 et de la pile P2 on a disposé un comparateur au 1/100 mm. Les comparateurs de la pile P2 servent pour capter un éventuel soulèvement du tablier.

• Travée P3 - P4 :

- a/ Un fleximètre à mi-travée.
- b/ Des comparateurs au droit des appareils d'appui des piles P2, P3, P4 et P 5. Les comparateurs des piles P2 et P5 servent pour détecter un éventuel soulèvement du tablier.

• Travée P5 - P6 :

- a/ Un fleximètre en travée au droit du TPC de l'ALN
- b/ Des comparateurs au droit des piles P4 - P5 - P6 - P7.

Les comparateurs des piles P4 et P7 servent pour contrôler le soulèvement du tablier.

3.5 Dispositif de mesure des amplitudes sous charge dynamique

Sur l'intrados des travées P5-P6, P7-P8 et P8-CB, on a disposé un fleximètre pour l'enregistrement des amplitudes au passage de deux camions de 25 tonnes chacun à la vitesse de 40 km/h (vitesse de base pour la conception géométrique du tracé).

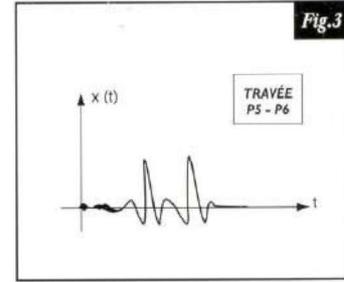
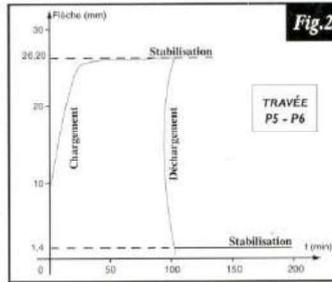
4 DÉROULEMENT DE L'OPÉRATION DE L'ÉPREUVE DE L'OUVRAGE

L'épreuve a été entamée par des travaux préliminaires tels que marquage des points d'impact des roues, fixation des appareils de mesures et pesage des neuf (09) camions utilisés (01 camion en réserve). On notera au passage que le poids total réel des camions variait de 24,99t à 29,56t. Le déroulement de l'épreuve proprement dite a été engagé le dimanche 28 février 1999 pour s'achever le vendredi 05 mars 1999. Chaque opération de chargement a suivi les étapes ci-après:

- 1- Pose des instruments de mesure et lecture initiale des comparateurs et niveaux de référence des flèches.
- 2 - Mise en position des camions selon le programme d'épreuve en veillant à assurer une symétrie dans le chargement. Compte tenu du CPC, on a commencé par le chargement des appuis.
- 3 - Enregistrement des flèches et lecture des déplacements verticaux.
- 4 - Suivi des lectures jusqu'à stabilisation des valeurs.
- 5 - Déchargement du pont et suivi des lectures jusqu'à stabilisation des valeurs.

5 RÉCAPITULATION DES RÉSULTATS DE L'ÉPREUVE

Dans ce qui suit, on résumera les résultats de l'ensemble des épreuves effectuées. On rappelle qu'un calcul théorique des différents cas de chargements des travées a été mené dans le Bureau d'Etude SAETI par modélisation aux éléments finis sur logiciel STAAD III.



• Chargement des appuis :

Appui	Durée d'essai	Tassement max. (mm)
Pile 2	3H 35 min.	0,17
Pile 6	3H 05 min.	0,43

• Chargement des travées :

Travée	Flèche maximale (mm)		Flèche résiduelle	Soulèvement (mm) Gauche	Soulèvement (mm) Droite	Durée épreuve
	Théorique	Epreuve				
CA - P1	18,98	11,98	0,66	Pile 2 0,01	3H 55 min	3H 55 min
P3 - P4	34,46	14,47	0,20	Pile 2 0,05	Pile 5 0,46	3H
P5 - P6	39,80	26,15	1,508	Pile 4 0,00	Pile 7 0,04	3H

• Chargement par poids roulant :

Travée	Amplitude maximale (mm)	
	Essai n°1	Essai n°2
P5 - P6	5,76	7,56
P7 - P8	4,64	illisible
P8 - CB	2,90	3,80

6 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

6.1 Chargement des appuis

Le tassement d'appui variant 0, 14 mm à 0, 43 mm devient insignifiant, devant le tassement admissible des pieux qui peut aller jusqu'à 20mm, cela explique que le dimensionnement des fondations profondes était largement sécurisant et que la profondeur du forage en maintenant le même nombre de pieux. Mais pour des raisons purement contractuelles, cela n'a pas eu lieu.

6.2 Chargement des travées

En se limitant d'abord aux résultats de l'épreuve, on constate que pour chaque cas de chargement, les flèches résiduelles sont négligeables et peuvent s'expliquer par la relaxation des armatures de précontrainte.

Cela signifie aussi que lors du chargement et déchargement du tablier, le béton formant le matériau de base du tablier s'est comporté dans son domaine élastique. Cependant on ne peut

se prononcer sur la linéarité de cette déformation en l'absence de capteurs de contraintes. Le rapport des flèches théorique et pratique exprime le rapport de rigidité entre le tablier réalisé et le tablier conçu. Ce rapport, qui a comme valeurs 1,58; 2,36 et 1,52 avec une valeur moyenne de 1,82 montre que le tablier réa-

figure n°2- Chargement - Déchargement de P5 - P6

figure n°3- Spectre de réponse de la travée P5-P6

lisé est plus rigide que celui conçu. Cet écart de rigidité peut être imputé d'une part à la qualité du béton confectionné et d'autre part à la présence du ferrailage passif et actif dans les sections de béton qui confèrent à cette dernière un surplus d'inertie.

L'examen de la courbe donnant le déplacement en fonction du temps fait ressortir clairement deux vitesses de déformation moyennes.

Une première vitesse de déformation de 20 mm/min qui exprime la déformation instantanée et une deuxième vitesse de 0,15 mm/min qui exprime la déformation différée (palier de la courbe).

figure n°4- Amplification du spectre de réponse de la travée P5-P6

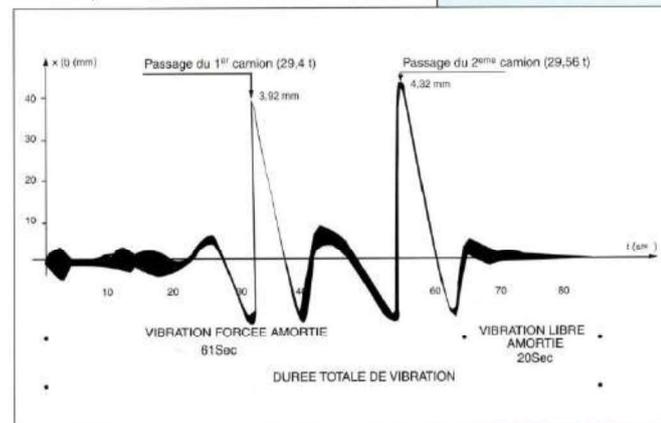
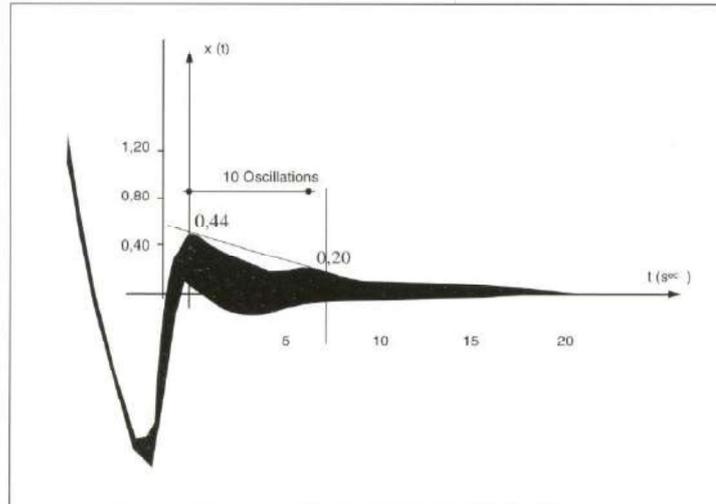


figure n°5- Amplification de la phase d'oscillation libre amortie



5,76mm) car les deux camions utilisés ont des poids très rapprochés (29,4 t et 29,56 t).

4. L'étude de la zone d'enregistrement caractérisant l'oscillation libre amortie (non forcée) permet de déterminer le facteur d'amortissement approché et le type de cet amortissement.

Enfin, les valeurs donnant les soulèvements du tablier au droit des appuis sont presque nulles. Donc le tablier ne risque pas de se soulever en conditions normales de service.

6.3 Chargement dynamique

Le fleximètre utilisé par le laboratoire pour l'enregistrement du spectre de réponse à l'excitation dynamique mobile provoquée par les deux camions ne permet pas de faire une interprétation quantitative correcte des caractéristiques vibratoires du tablier.

Le passage à haute résolution par traitement sur ordinateur du spectre de réponse de la travée P5-P6 permet de donner les informations suivantes :

1. La durée de vibration forcée amortie de l'ouvrage est égale à 1^{min}, 1^{sec}, la durée de vibration amortie, non forcée est égale à 20^{sec} ce qui donne une durée de vibration totale égale à 1^{min} et 21^{sec}.
2. L'amplitude (Elongation maximale) comptée à partir de la position d'équilibre statique varie entre -1,56 mm et + 3,92 mm. Cette dissymétrie est due à l'influence des forces de pesanteur.
3. Les deux pics enregistrés caractérisent le passage instantané des deux camions au droit du fleximètre. Ces deux pics ont pratiquement les mêmes valeurs d'amplitudes (5,48mm et

$$\xi_{\text{app}} = \frac{x_n - x_{n+1}}{2\pi m x_{n+1}} = \frac{0,44 - 0,20}{2\pi \times 10 \times 0,20} = 0,019$$

$\xi_{\text{app}} = 0,0019 < 1$ —————> amortissement sous critique

En général pour les ponts $0,03 \leq \xi \leq 0,16$

Le décrément logarithmique $S = 2\pi\xi = 0,119$

La pseudo fréquence $\omega_D = 0,992 \omega \approx \omega$

La pseudo période est de $6/10 \approx 0,6$ secondes

7 CONCLUSION

L'épreuve d'un ouvrage d'art nécessite un maximum de coordination entre les différents partenaires du projet. Elle exige aussi un appareillage adéquat et une mise en œuvre correcte.

En Algérie, il n'existe pas une banque de données des épreuves effectués pouvant aider à interpréter les résultats.

L'attention des gestionnaires de notre partenaire est attirée sur la nécessité d'accorder une attention particulière à cette étape importante dans le projet ■