

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Ecole Nationale Polytechnique d'Alger



**Département de génie civil**

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme

**de Master**

**Thème :**

**Réalisation d'un pont mixte  
par la méthode de poussage**

**Rédigé par :**

BELKACHE Sofiane

Soutenu le 13 Octobre 2015 devant le jury :

Président	M. BALI	Professeur ENP
Promotrice	Mme KETTAB Ratiba	Professeure ENP
Co-promoteur	Mr CHABNI Rachid	Ingénieur ANESRIF
Examineurs	Mme CHERRID Djamila	Maitre assistante classe A ENP
	Mr LAKEHAL Saad	Maitre assistant classe A ENP

Promotion : Septembre 2015

Ecole Nationale Polytechnique : 10, Avenue Hassen Badi 16200 El-Harrach, Alger.

## ملخص:

الغرض من هذا العمل هو انجاز جسر للسكك الحديدية مقسم الى مقطعين، حاملا سطح مختلط بطول اجمالي يصل الى 105م بعرض 11.6م.

تمت الاستعانة بالبرنامج ميداس سيفيل في تحديد النموذج وتقدير الافعال والقوى المؤثرة، اما تبرير المقاطع العرضية فتم على حساب قواعد أور وكود 3 و 4.

**الكلمات المفتاحية:** جسر السكك الحديدية ,دفع, مقدم راس.

## Résumé :

Le but de ce travail est la construction d'un pont rail, composé de deux travées et portant un tablier mixte d'une longueur totale de 105m pour 11,6m de largeur, par la méthode de poussage.

Cette étude a porté sur le poussage du tablier de pont, ainsi que le dimensionnement de l'avant-bec.

Un chapitre est consacré au calcul des efforts engendrés par le poussage.

**Mots clés :** Pont rail, structure métallique, bow-string, poussage, avant-bec

## Summary:

The purpose of this work is the construction of a rail-bridge, composed of two spans and carrying a mixed apron an overall length of 105m for 11.6m of width with pushing method.

This work consist on pushing of the bridge deck, and designing of the before metal nozzle

**Key words:** Incremental Bridge launched, Bridge rail, metal structure.

# Remerciements

Tout d'abord, je remercie **Dieu** le tout puissant qui m'a donné la force et la santé pour accomplir nos études.

je remercie mes parents, pour leur patience et leur soutien financier et moral, et sans lesquels je ne serais jamais arrivés là aujourd'hui.

Je voudrais témoigner ma grande reconnaissance envers mon encadreur Pr. R. KETTAB, qui m'a donné l'opportunité d'effectuer ce travail et avoir mis en ma disposition tout ce dont j'avais besoin, en matière d'encadrement et d'orientation.

Mes vifs remerciements vont à Mr R. CHABNI, le directeur technique des ouvrages d'art, pour son soutien et son très bon accueil, ainsi qu'à l'ensemble des employés de l'ANESRIF pour leur très bon accueil.

Je suis très reconnaissant envers Mr BALI, Mme CHERRID et Mr LAKHAL pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Enfin, je remercie toute personne ayant porté un regard critique sur mon mémoire et contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents, ma mère et mon père

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur  
encouragement !

A mes frères Ali, Farid, Idir

A ma sœur Samia, et Radia

A tous les professeurs que ce soit du primaire  
du moyen, du secondaire ou de  
l'enseignement supérieur !

Sans oublier mes amis.....

amine, ferhat essaid, toyo, ahadhni, kalejon, messi,  
les jeunes du cartier, rafa, valvoula...

mes amis de polytech messi, nassim, wissam  
amel, rabeah , l'pach  
Nacer  
amar cousin  
Namira

**SOFIANE**

# TABLES DES MATIERES

## Introduction générale

### Chapitre I : Méthodologie du poussage

Introduction .....	6
I.1 Matériels d'aide au poussage .....	6
I.2 Dispositifs de guidage et de glissement .....	6
I.3 L'aire de préfabrication.....	6
I.3.1 Présentation de l'aire de préfabrication .....	6

### Chapitre II : Poussage des structures

Introduction .....	9
II.1 La construction par poussage .....	9
II.2 Types de ponts poussés .....	9
II.3 Assemblage de la structure métallique.....	11
II.4 Lançage de la structure métallique .....	12
II.5 Séquence de lançage .....	12
II.6 Description du procédé .....	13
Conclusion .....	13

### Chapitre III : Dimensionnement de l'avant-bec

Introduction .....	15
III.1 Définition de l'avant-bec .....	15
III.2 L'utilisation de l'avant-bec.....	15
III.3 Principe de l'avant-bec .....	16
III.4 Dimensionnement de l'avant-bec .....	17
III.4.1 Calcul de la flèche.....	17
III.4.2 Longueur de l'avant-bec .....	19
III.4.3 Elancement de l'avant-bec .....	19
Conclusion .....	20

### Chapitre IV : Calcul des sollicitations

Introduction .....	22
--------------------	----

IV.1 Calcul des efforts lors du poussage de la structure .....	22
IV.1.1 Sollicitations dues au poids propre de la structure.....	22
Phases critiques .....	22
Phases de poussage .....	25
<b>Conclusion générale</b>	
Conclusion .....	26

## Liste des figures

Figure II.1 : Poussage unilatéral.....	9
Figure II.2 : Poussage bilatéral.....	10
Figure II.3 : Assemblage de la structure su la plate-forme .....	11
Figure II.4 : poussage de la structure .....	12
Figure III.1 : Avant-bec de lancement.....	15
Figure III.2 : efforts dans l'avant-bec .....	16
FigureIII.3 : forme triangulaire de l'avant-bec .....	17
Figure III.4 : forme courbée de l'avant-bec .....	17
Figure III.5 : La flèche dans une console .....	18
Figure III.6 : courbes des limites supérieures et inférieures selon les différents élancements pour les ponts mixtes .....	19
Figure IV.1: 1 <sup>ere</sup> phase.....	23
Figure IV.2 : 2 <sup>eme</sup> phase.....	23
Figure IV.3: 3 <sup>eme</sup> phase.....	24
Figure IV.4 : 4 <sup>eme</sup> phase.....	24
Figure IV.5: 5 <sup>eme</sup> phase.....	25
Figure IV.6: 1 <sup>ere</sup> phase.....	25
Figure IV.7: 2 <sup>eme</sup> phase.....	26

## Liste des tableaux

Tableau III.1 : Caractéristiques du tablier.....	17
Tableau III.2 : Caractéristiques avant-bec .....	20
Tableau III.3 : Caractéristiques avant-bec retenues .....	20
Tableau IV.1 : Sollicitations de la 1 <sup>ere</sup> phase .....	23
Tableau IV. : Sollicitations de la 2 <sup>eme</sup> phase .....	23
Tableau IV. 3 : Sollicitations de la 3 <sup>eme</sup> phase .....	24
Tableau IV.4 : Sollicitations de la 4 <sup>eme</sup> phase .....	24
Tableau IV.5 : Sollicitations de la 5 <sup>eme</sup> phase .....	25
Tableau IV.6 : Sollicitations de la 1 <sup>ere</sup> phase .....	26
Tableau IV.7 : Sollicitations de la 2 <sup>eme</sup> phase .....	26

# LISTE DES SYMBOLES

C1 : Culée 1

C2 : Culée 2

P1 : Pile1 (centrale)

V : Effort vertical

H : Effort horizontal

$y_{\max}$  : Flèche maximale

$\alpha$  : L'inclinaison de l'intrados de l'avant-bec

$L_n$  : Longueur de l'avant-bec

p : charge répartie

E : module de Young

I : Inertie

$M_{\min}^-$  : moment sur appui

$M_{\max}^+$  : moment en travée

$R_{\max}$  : réaction maximale sur appuis

# **INTRODUCTION GENERALE**

Le projet de modernisation de la ligne ferroviaire Thenia-Tizi Ouzou, est l'un des projets de l'ANESRIF et son tracé a rencontré une multitude d'oueds, raison pour laquelle on note la présence de plusieurs ouvrages d'art.

Ce modeste travail, composé de quatre chapitres, consiste en l'étude de réalisation d'un pont par la méthode de poussage.

Le premier chapitre traite la méthodologie du procédé de poussage, le second, la méthode de réalisation par poussage, ainsi que les différentes étapes assurant cette dernière. Le dimensionnement de l'avant-bec est exposé dans le chapitre trois.

Le quatrième chapitre concerne le calcul des sollicitations lors du poussage.

Une conclusion générale vient et achevé ce travail.

**CHAPITRE I :**  
**METHODOLOGIE**  
**DU POUSSAGE**

## **Introduction**

Pour la mise en place des ponts par la méthode de poussage, il est nécessaire de faire recours à un matériel spécifique et bien conçu.

### **I.1 Matériels d'aide au poussage**

Lors du poussage d'un tablier, à chaque franchissement de travée, la partie avant de la structure se retrouve en porte-à-faux complet avant l'accostage sur la pile suivante. Les dispositifs permettant de limiter le porte-à-faux ainsi donc la flèche, sont en nombre de trois :

- L'ajout d'appuis provisoires ;
- Un mât de haubannage ;
- L'utilisation d'un avant-bec.

Le dispositif choisi lors de cette étude est l'utilisation d'un avant-bec de poussage. La plupart du temps l'avant-bec possède une structure métallique, donc plus légère par rapport au tablier. Il se fixe en tête du tablier de façon à accoster le plus rapidement possible sur les têtes des piles.

La fixation de l'avant-bec au tablier est assurée par soudage son soudage aux poutres longitudinales.

### **I.2 Dispositifs de guidage et de glissement**

Lors du poussage du tablier, il est indispensable de disposer un matériel de guidage et de glissement bien spécifique qui permettra de contrôler latéralement son déplacement et les différents équipements des têtes de piles.

### **I.3 L'aire de préfabrication**

#### **I.3.1 Présentation de l'aire de préfabrication**

La méthode de construction par poussage nécessite la disposition d'une zone assez large qui servira comme usine pour la préfabrication du tablier sur place. Cette aire se plante dans l'allongement géométrique de l'axe longitudinal de l'ouvrage, et en arrière de l'une ou des deux culées. Elle regroupe des longrines d'appuis du tablier et les coffrages dans lesquels le béton est coulé soit par plots successifs, soit en totalité.

Pour des raisons de rapidité d'exécution, deux aires de préfabrication sont disposées :

- Une aire de coulage et de poussage implantée directement derrière la culée, et composée de longrines en béton armé ;
- Une aire de ferrailage et de coffrage derrière l'aire de coulage. Le ferrailage et le coffrage du deuxième plot est préparé pendant le coulage du premier.

### **Système de glissement sur longrines**

Généralement, les aires de préfabrication se composent de deux longrines longitudinales filantes. Ces dernières servent de coffrage et de support de coffrage pendant le bétonnage, et permettent aussi le glissement des plots lors des opérations de poussage. Le glissement est assuré par plusieurs dispositions comme suit

- Une plaque métallique filante (d'épaisseur d'environ 1 cm) recouvrant les longrines ;
- Un ensemble de plaque jointives en contreplaqué ou en métal servant de coffrage et dont la sous face, en contact avec la tôle métallique, et recouverte de Bakélite<sup>1</sup> et graissée.

Pendant le poussage, le tablier entraîne par frottement les plaques supérieures (en contreplaqué ou en métal) qui glissent sur la tôle métallique inférieure. Ces plaques sont récupérées en extrémité du banc de construction, puis repositionnées à la fin du poussage, sur toute la longueur des longrines pour le cycle suivant.

# **CHAPITRE II : POUSSAGE DES STRUCTURES**

## Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter la méthode de réalisation des ponts par poussage, et les différentes étapes assurant cette dernière.

### II.1 La construction par poussage

La technique du poussage consiste à construire le tablier par éléments successifs (tronçons), sur une ou deux aires de préfabrication situées à l'arrière d'une ou des deux culées, dans le prolongement de l'ouvrage définitif. Au fur et à mesure de la réalisation des tronçons, le tablier est successivement déplacé par poussage en glissant sur ses appuis, jusqu'à sa position définitive.

### II.2 Types de ponts poussés

On distingue deux(02) procédés de poussage :

#### - Poussage unilatéral

Ce procédé de poussage est généralement utilisé dans les cas de ponts construits par tronçons successifs dans un atelier fixe sur une rive, et progressivement poussés sur les appuis définitifs, et en cas de non disponibilité d'espace sur les deux rives.

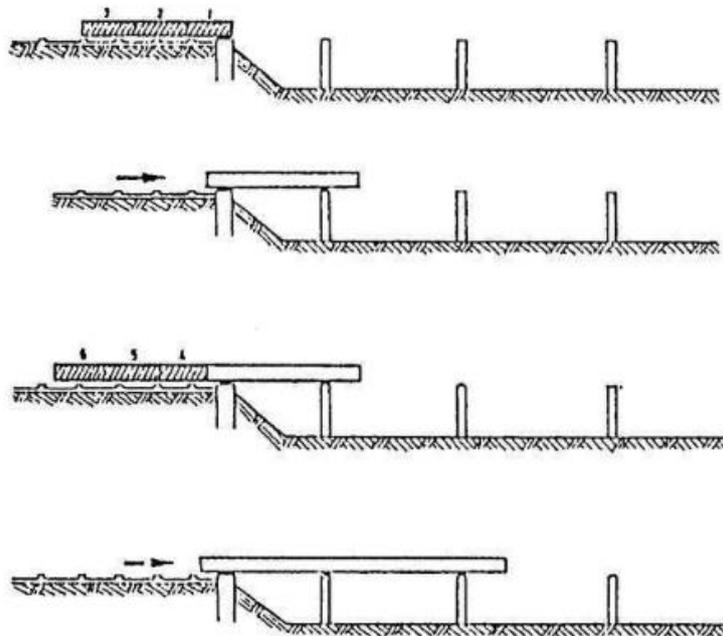


Figure II.1 : Poussage unilatéral

### - Poussage bilatéral

Dans les cas de ponts à trois (03) travées construits par moitié sure chaque rive où les deux (02) moitiés seront poussées sur leurs appuis définitifs et solidarisiées pour assurer la continuité du tablier.

Ce type couvre une gamme de portées comprises entre 30 et 60 m, la portée (L) est sensiblement égale au double des travées de rives.

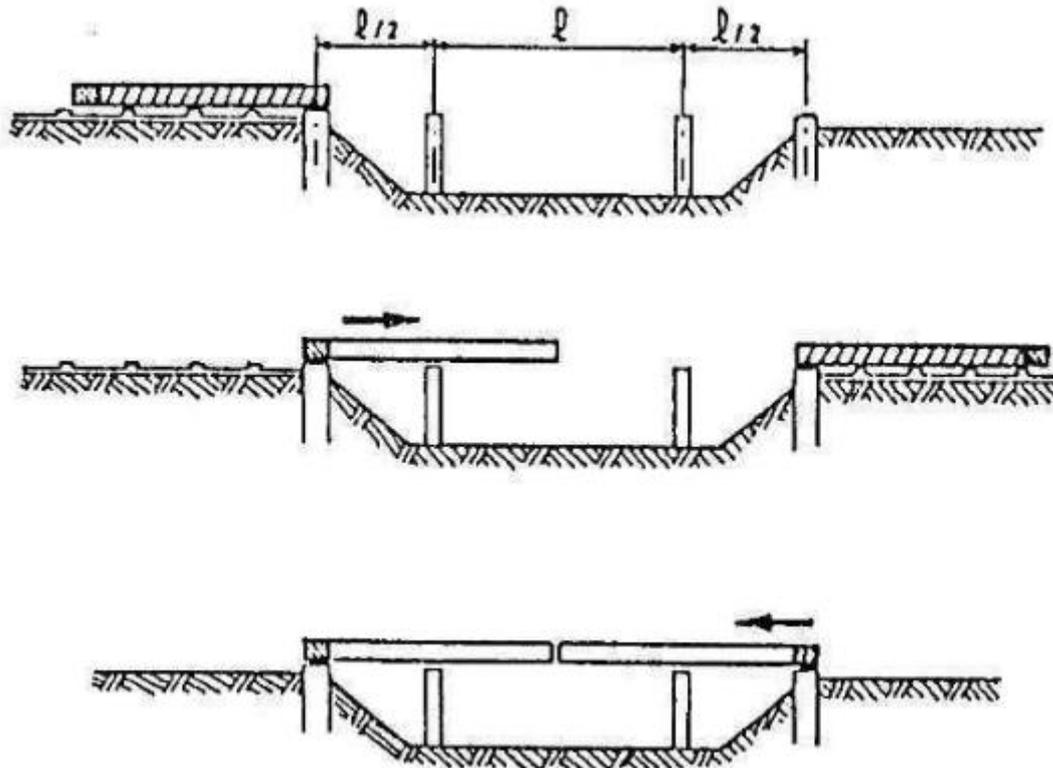


Figure II.2 : Poussage bilatéral

Afin de limiter les efforts de porte-à-faux lors des opérations de poussage et faciliter le franchissement des appuis, l'extrémité du tablier est équipée, généralement, d'un avant-bec métallique.

La construction par poussage présente de multiples avantages à savoir :

- Une rapidité d'exécution ;
- La construction du tablier sur une aire facilement accessible ;
- Une simplification des travaux ;
- Une réduction considérable de la gêne des usagers.

Cette technique est adaptée aux tabliers rectilignes ou courbes, en plan ou en long.

### II.3 Assemblage de la structure métallique

Cette procédure a pour but la présentation du procédé de l'assemblage de la structure métallique du viaduc au PK9+137. L'assemblage de la structure métallique est composé de différentes activités, où il a été prévu un poussage successif de travées métalliques de la culée C1 vers la culée C2.

Les parties métalliques sont transportées selon leurs dimensions maximales si c'est possible afin de minimiser le nombre de joints soudés sur place, le déchargement de ces dernières se fera avec prudence, avec des moyens d'élévation bien appropriés, et protégées de tout contact avec le sol.

Les travées métalliques seront posées, assemblées sur la plate-forme de lancement.

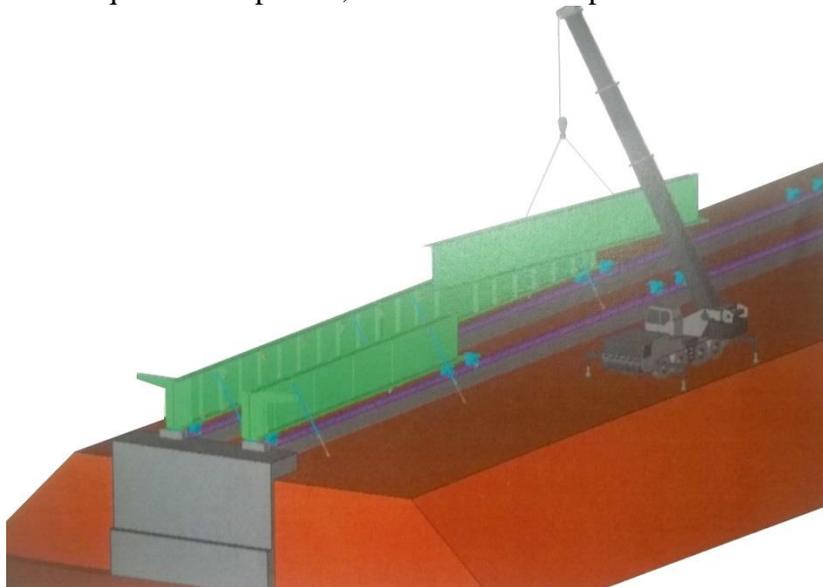


Figure II.3 : Assemblage de la structure sur la plate-forme

## II.4 Lançage de la structure métallique

Après avoir assemblé la structure métallique, nous procédons à son lançage vers sa position finale comme le montre la figure suivante :



Figure II.4 : Poussage de la structure

### Système de lançage

Le système de lançage est composé de :

- **Plate-forme de lançage**

chemin de glissement

ensemble de réaction

patins de glissement

- **avant-bec de lancement**

- **appuis de glissement latéral de guidage sur les piliers du pont**

Un lubrifiant biodégradable a été utilisé pour la réduction du coefficient de frottement sur les surfaces de contact acier/appuis de glissement d'environ 5 fois.

### II.5 Séquence de lançage

La séquence de lançage recommandée est analogue à la séquence d'assemblage des travées métalliques sur la plate-forme de lançage comme suit :

- |                            |                  |         |   |         |
|----------------------------|------------------|---------|---|---------|
| - Lançage 1 : travée 3 à 2 | - environ 52.5 m | Culée 1 | → | Pile1   |
| - Lançage 2 : travée 3 à 2 | - environ 52.5 m | Pile1   | → | Culée 2 |
| - Lançage 3 : travée 2 à 1 | - environ 52.5 m | Culée 1 | → | Pile1   |

## **II.6 Description du procédé**

Le lançage de la structure métallique est effectué par le poussage successif à partir d'une plate-forme mise en place à la section d'appui C1, composée d'un chemin de glissement et profilés métalliques renforcés, sur lequel la structure métallique à lancer est montée.

Avant le montage de la structure à lancer, ils ont placés des patins de glissement goujonnés lors de la phase de poussage.

Le glissement et la conduite de la structure sur les piliers sont assurés par le biais d'une installation d'éléments provisoires, notamment d'appuis de glissement et de butées latérales de guidage.

Pour aider la structure à franchir les portées du projet, les plus longues, on a mis à l'extrémité avant du viaduc un avant-bec de lancement pour la limitation des efforts transmis à la structure lancée et la récupération des flèches en raison de l'action du poids propre de la structure, par encorbellement, sur la contiguïté des piliers, cette structure provisoire est unie au viaduc par soudage.

## **Conclusion**

Dans ce chapitre, j'ai traité la méthode de construction des ponts par poussage, l'assemblage de la structure métallique, ainsi qu'une description du procédé de lançage.

**CHAPITRE III :**  
**DIMENSIONNEMENT**  
**DE L'AVANT-BEC**

## Introduction

Ce chapitre traite l'utilisation, le dimensionnement et la conception de l'avant-bec permettant la récupération de la flèche lors du poussage de la structure métallique.

### III.1 Définition de l'avant-bec

L'avant-bec est un outillage permettant la récupération de la flèche lors des opérations de lancement de structures telles-que les ponts. Il est constitué d'un système de barres en treillis.

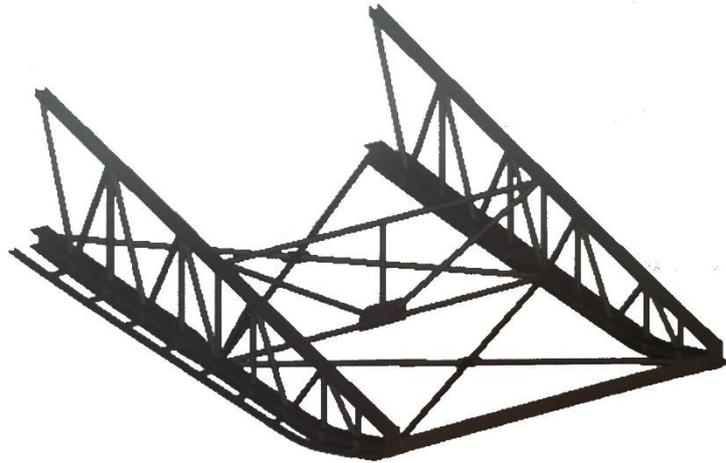


Figure III.1 : Avant-bec de lancement

### III.2 L'utilisation de l'avant-bec

Dans le cas des ponts en acier et des ponts mixtes, la fonction primordiale de l'avant-bec est de récupérer la flèche.

L'avant-bec semble donc être l'outillage adéquat pour récupérer la flèche pour les portées limitées. En effet, à partir d'une certaine longueur, le coût de la consommation d'acier, mais surtout de la main-d'œuvre en ce qui concerne sa fabrication ne peut plus compenser le confort qu'offre l'avant-bec pendant le lancement. Généralement, cette solution est également la moins coûteuse sur le plan de la main-d'œuvre pendant le poussage. Nous citons l'exemple du haubanage qui lui, par contre, nécessite des réglages.

En pratique, c'est la flèche qui est le plus souvent déterminante pour le dimensionnement de l'avant-bec et non le moment dû au porte-à-faux, ce qui constitue une différence essentielle avec les avant-becs conçus pour les ponts en béton.

Un effet positif de l'avant-bec, mais généralement d'importance secondaire pour les ponts métalliques, est la réduction du moment maximal après accostage. Plus l'avant-bec est rigide, plus le moment et la réaction d'appui sur la dernière pile sont importants. C'est principalement

l'âme du tablier qui reprend la réaction d'appui et une bonne conception de l'ensemble 'tablier – outillage' permet de réduire au maximum la nécessité de renforcement de l'âme.

### III.3 Principe de l'avant-bec

Comme la face inférieure de l'avant-bec est inclinée d'un angle  $\alpha$  par rapport à la verticale, la réaction  $R$  de la pile sur l'avant-bec après accostage se décompose en un effort horizontal  $H$  et un effort vertical  $V$ . La composante verticale est la réaction d'appui, qui se calcule en considérant la poutre sur appuis.

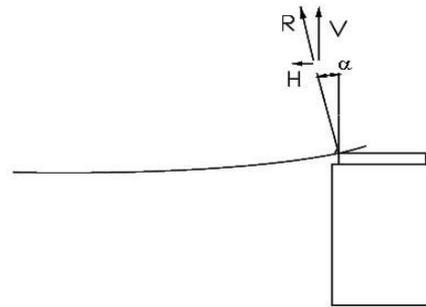


Figure III.2 : efforts dans l'avant-bec

Cette composante verticale  $V$  nous donne la réaction  $R$  orthogonale à l'intrados de l'avant-bec, et la composante horizontale  $H = V \tan \alpha$ . Cet effort  $H$  s'ajoute à un effort de friction (contact de l'avant-bec sur l'appui), qui est généralement de 1 à 4% de la composante verticale  $V$ . Par ailleurs, s'il y a une pente longitudinale, la composante horizontale du poids propre doit également être prise en compte (positive ou négative, selon le sens de poussage). L'effort horizontal, résultant de ces trois composantes horizontales, doit être repris par la pile.

Dans le cas de piles basses, il n'y a pas de problème. Cependant, dans le cas de piles plus élevées, ce qui arrive assez fréquemment, les piles ne peuvent pas forcément reprendre la flexion qui résulte de l'effort  $H$ .

Pour une valeur donnée de  $y_{\max}$ , l'inclinaison de l'intrados de l'avant-bec  $\alpha$  est déterminée par la longueur  $L$  de l'avant-bec ; plus  $L$  est importante, plus  $\alpha$  est faible et moins  $H$  est importante. La limitation de  $H$  nous fournit une  $L_{\min}$ .

A priori, un avant-bec de forme triangulaire est possible. Néanmoins, pour ne pas causer des problèmes de passage de l'avant-bec au tablier au niveau des appuis, il est intéressant d'éviter le coude et d'obtenir un raccordement le plus fluide possible en créant un intrados courbé, en forme de ski. La courbure peut être constante (cercle), ou plus généralement variable (par exemple : parabole).



Figure III.3 : forme triangulaire de l'avant-bec



Figure III.4 : forme courbée de l'avant-bec

### III.4 Dimensionnement de l'avant-bec

Une fois que les caractéristiques du tablier sont connues, nous pouvons déterminer la flèche  $y$  à récupérer avant accostage.

Les caractéristiques du tablier sont résumées dans le tableau III.1 suivant : [1]

Tableau III.1 : Caractéristiques du tablier

	Poids spécifique ( $t/m^3$ )	Charge ( $t/ml$ )
Dalle	2.5	2.9
Poutres longitudinales	7.85	1.79
Poutres transversales	7.85	2.34
Poutres caissons	7.85	0.14
Totale		7.17

#### III.4.1 Calcul de la flèche

Pour le calcul de la flèche, nous avons considéré une console uniformément chargée sur toute sa longueur, comme le montre la figure suivante :

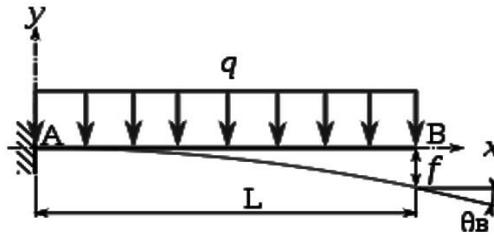


Figure III.5 : La flèche dans une console

On a

P(MN/ml)	L(m)	E(Mpa)	I(m <sup>4</sup> )
0.0717	52.5	2.1*10 <sup>6</sup>	0.042

$$y = \frac{p L^4}{8 EI} \longrightarrow y = 0.77 \text{ m} \longrightarrow y = 77 \text{ cm}$$

Dans le dimensionnement de l'avant-bec, on considère une flèche de  $y = 100 \text{ cm}$ , c'est-à-dire une surévaluation de cette dernière de l'ordre de 23%.

### III.4.2 Longueur de l'avant-bec

En ce qui concerne la longueur d'un avant-bec pour un pont métallique, la moyenne est fort différente de celle des ponts en béton :

- la moyenne pour les ponts en acier est de  $0,25L$  ;
- la moyenne pour les ponts mixtes est de  $0,32L$ .

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés au poussage du pont situé au PK 9+137, un pont mixte.

$$L_n = 0.32 \times L$$

$$L_n = 0.32 \times 52.5 = 16.8$$

$$L_n = 17 \text{ m}$$

Avec

- $L$  : portée de la travée ;
- $L_n$  : longueur de l'avant-bec.

### III.4.3 Elancement de l'avant-bec

L'élancement de l'avant-bec étant déterminé par le biais des courbes des limites supérieures et inférieures comme le montre la figure suivante :

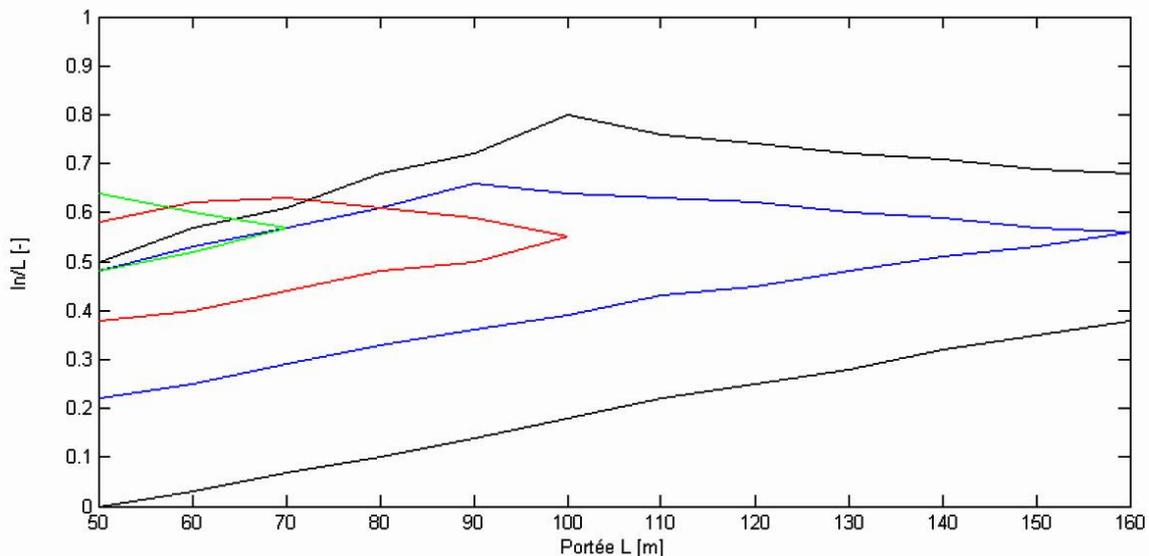


Figure III.6 : courbes des limites supérieures et inférieures selon les différents élancements pour les ponts mixtes [2]

- En noir pour l'élanement 20 ;
- En bleu pour l'élanement 25 ;
- En rouge pour l'élanement 30 ;

- En vert pour l'élanement 35.

On a :

$$\left. \begin{array}{l} L = 52.5 \text{ m} \\ \text{et} \\ L_n/L = 0.32 \end{array} \right\} \longrightarrow \text{Élanement} = 25$$

Les caractéristiques de l'avant-bec sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau III.2 : Caractéristiques avant-bec

Longueur (m)	Elancement	Flèche (m)	Hauteur max(m)	Hauteur min(m)	$\alpha$ (%)
<b>17</b>	<b>25</b>	<b>100</b>	<b>1.40</b>	<b>0.68</b>	<b>4.24</b>

Nous optons pour les caractéristiques suivantes :

Tableau III.3 : Caractéristiques avant-bec retenues

Longueur (m)	Elancement	Flèche (m)	Hauteur max(m)	Hauteur min(m)	$\alpha$ (%)
<b>17</b>	<b>28.33</b>	<b>100</b>	<b>1.40</b>	<b>0.60</b>	<b>47.06</b>

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu définir la structure de l'avant-bec, son utilisation, ainsi que le principe de son fonctionnement.

Ce chapitre a aussi traité le dimensionnement de l'avant-bec.

**CHAPITRE IV :**  
**CALCUL DES**  
**SOLLICITATIONS**

## **Introduction**

Le présent chapitre traite l'évaluation des sollicitations lors du poussage du tablier sous l'effet de différentes sources. Les moments fléchissant et les efforts tranchants sont déterminés en ayant recours au logiciel **MIDAS CIVIL 2015**.

### **IV.1 Calcul des efforts lors du poussage de la structure**

Le calcul des efforts dans la phase du poussage de structure se fait en considérant le cumul résultant des effets de :

- Du poids propre du tablier.

#### **IV.1.1 Sollicitations dues au poids propre de la structure**

Dans cette section, j'ai considéré deux phases pour le calcul sont comme suit :

**Phase critique** : où j'ai envisagé d'obtenir les sollicitations les plus grandes aux cours de poussage. Deux cas de phases critiques qui correspondent à :

- Avant l'accostage du tablier ;
- Avant bec en porte-à-faux.

**Phase de poussage** : ce sont les phases qui correspondent à la fin du poussage de chaque bloc de tablier.

#### **Phases critiques**

Le pont étant constitué de deux travées, alors les phases critiques sont en nombre de quatre (04).

1<sup>ere</sup> Phase



Figure IV.1: 1ere phase

Tableau IV.1 : Sollicitations de la 1ere phase

$M_{\max}^+$ (t.m)	$M_{\min}^-$ (t.m)	$R_{\max}$ (t)
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

2<sup>eme</sup> Phase

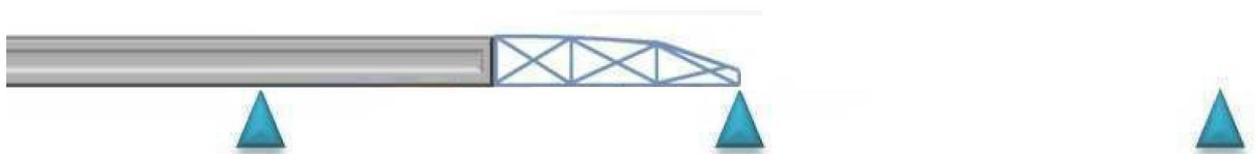


Figure IV.2 : 2eme phase

Tableau IV. : Sollicitations de la 2eme phase

$M_{\max}^+$ (t.m)	$M_{\min}^-$ (t.m)	$R_{\max}$ (t)
<b>0</b>	<b>-2193.76</b>	<b>198.43</b>

3<sup>eme</sup> Phase



Figure IV.3: 3eme phase

Tableau IV. 3 : Sollicitations de la 3eme phase

$M_{\max}^+$ (t.m)	$M_{\min}^-$ (t.m)	$R_{\max}$ (t)
<b>3113.63</b>	<b>-1002.72</b>	<b>-399.91</b>

4<sup>eme</sup> Phase

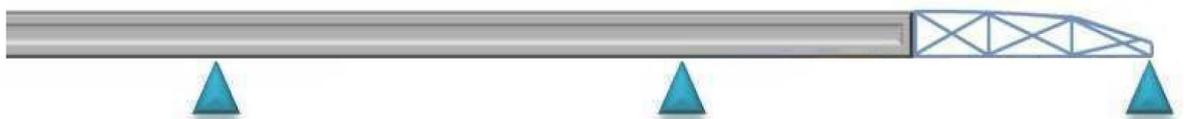


Figure IV.4 : 4eme phase

Tableau IV.4 : Sollicitations de la 4eme phase

$M_{\max}^+$ (t.m)	$M_{\min}^-$ (t.m)	$R_{\max}$ (t)
<b>1103.95</b>	<b>-7832.49</b>	<b>-497.51</b>

## 5<sup>eme</sup> Phase

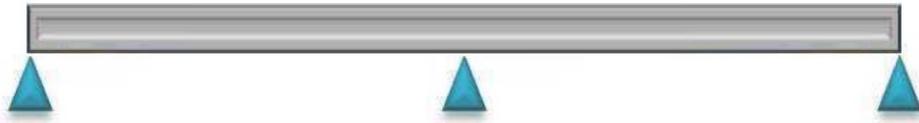


Figure IV.5: 5eme phase

Tableau IV.5 : Sollicitations de la 5eme phase

$M_{\max}^+$ (t.m)	$M_{\min}^-$ (t.m)	$R_{\max}$ (t)
<b>3748.27</b>	<b>-5872.41</b>	<b>603.98</b>

## Phases de poussage

La structure a poussée doit être assemblée sur la plate-forme de lancement avant son poussage, et ça par soudage des tronçons des poutres longitudinales, les poutres transversales et le coulage de la dalle, pour atteindre une longueur totale égale à la travée du pont. Ainsi deux phases de poussage seront considérées.

## 1<sup>ere</sup> Phase



Figure IV.6: 1ere phase

Tableau IV.6 : Sollicitations de la 1ere phase

$M_{\max}^+$ (t.m)	$M_{\min}^-$ (t.m)	$R_{\max}$ (t)
<b>3113.63</b>	<b>-1002.72</b>	<b>-399.91</b>

2<sup>eme</sup> Phase

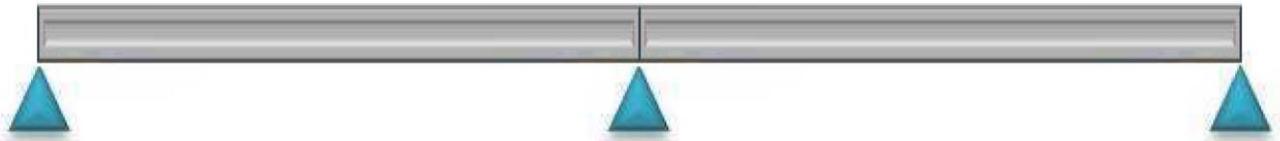


Figure IV.7: 2eme phase

Tableau IV.7 : Sollicitations de la 2eme phase

$M_{\max}^+$ (t.m)	$M_{\min}^-$ (t.m)	$R_{\max}$ (t)
<b>3748.27</b>	<b>-5872.41</b>	<b>603.98</b>

## Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai pu calculer les différentes sollicitations dues au poids propre de la structure lors de son passage, à l'aide du logiciel de calcul Midas civil.

# **CONCLUSION GENERALE**

Ce mémoire de master a fait objet d'une étude de réalisation d'un pont situé à Issers wilaya de Boumerdès au PK 9+137 s'insérant dans le projet de la modernisation de la ligne ferroviaire Thenia/Tizi Ouzou.

Dans cette étude, j'ai passée en revue la méthode de construction des ponts par poussage (lançage), ainsi que sa méthodologie. J'ai pu aussi touché au dimensionnement de l'avant-bec des ponts mixtes, et le calcul des efforts lors du poussage.

Cette thèse de master m'a permis de :

- Mieux comprendre les procédés de réalisation des ponts en générale, et la méthode de poussage en particulier ;
- De pouvoir dimensionner un avant-bec de lancement ;
- De mettre en pratique les notions acquises pendant mon cursus.

Au cours de ce travail j'ai été confronté à des problèmes que j'ai pu surmonter grâce au savoir-faire acquis lors de notre formation. Ceci a été pour moi une expérience dans le domaine des ouvrages d'art.

# Références bibliographiques

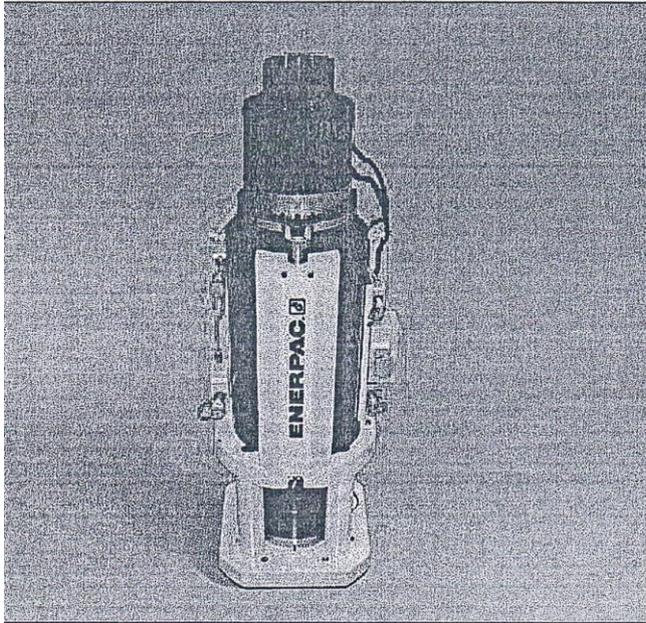
- [1] S. A. BELKACHE Sofiane, «Etude d un pont mixte type Bowstring,» ENP Alger, Alger, 2015.
- [2] N. Arnaud, «Projet de dimensionnement du Pont du Val d'Arve,» INSA Strasbourg, Strasbourg, 2011.
- [3] ACHI Loubna, BRAHIMI Thiziri, «Etude et conception d' un tablier de pont caisson en béton précontraint réalisé par poussage, situé à Ghar El-Baz» ENP Alger, Alger,2013.

# **ANNEXES**

# Systèmes de levage par vérins à câbles

**ENERPAC**   
POWERFUL SOLUTIONS. GLOBAL FORCE.

Modèle: TT-84SJ706, système de vérin à câbles 86 tonnes



Clavettes hydrauliques en place pour un contrôle précis du poids de la charge

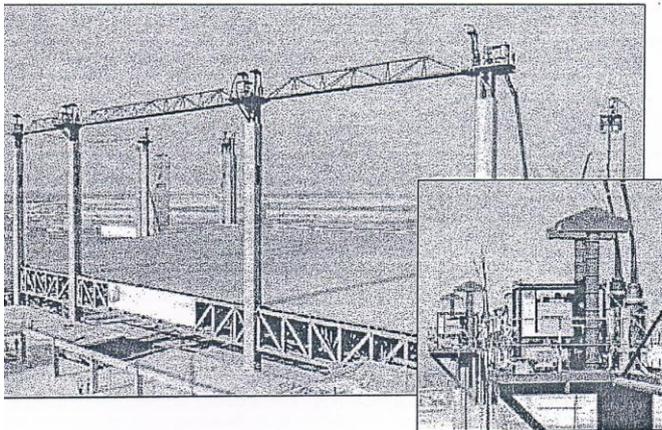
Levage individuel des torons grâce au système de levage à câble  
Traitement anticorrosion et dégagement sans difficulté des câbles

Systèmes conçus pour fonctionner dans toutes les positions : verticale, horizontale ou inclinée

Système de levage conçu conformément aux normes de sécurité les plus strictes avec une charge de rupture de toron nominale de 2,5:1

Capteurs intégrés pour la gestion des courses et des charges.

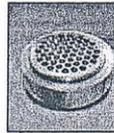
Système de levage lourd avec vérins 11 x 3720 kN, 6 pompes, commande et réseau contrôlés par PLC, pour lever les toitures pendant la construction d'un nouveau hangar d'entretien d'avions à trois baies à l'aéroport international d'Abu Dhabi.



## Levage, descente ou déplacements horizontaux de charges lourdes

### Levage dans des situations inhabituelles

En cas de levage ou de descente de charges dans des lieux exigus ou dans des situations où la hauteur libre est limitée, Enerpac offre cette solution de rechange économique par rapport aux outils traditionnels pour le montage d'appareils de levage. Email: [integratedsolutions@enerpac.com](mailto:integratedsolutions@enerpac.com).



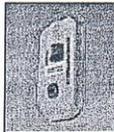
### Plaque de précontrainte

Livré avec tous les systèmes de levage synchronisé. Utilisé pour pré-contraindre les torons avant le fonctionnement du système.



### Clavettes

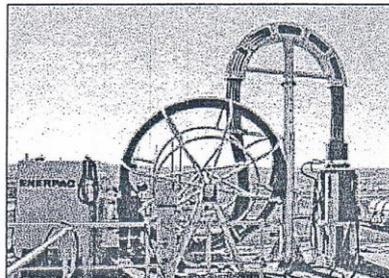
Les clavettes spécialement conçus pour l'usage des systèmes de levage Enerpac sont inclus et disponibles séparément.



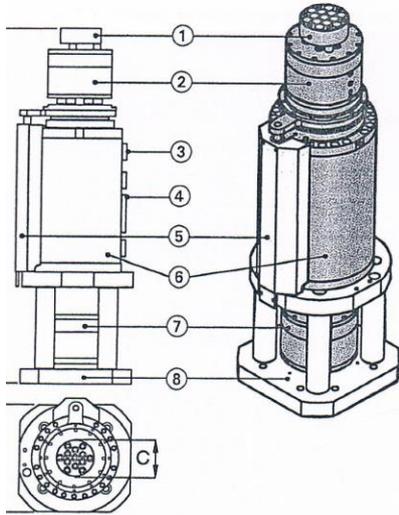
### Accessoires de levage lourd

- Attaches de levage
- Palmiers pour garder les câbles
- Enrouleurs de torons
- Distributeur de toron.

▼ Huit systèmes de levage de 444 tonnes comprenant palmiers, attaches de levage, enrouleurs de torons et pièces d'usure de coins de levage souleveront douze broyeurs à galets pesant 1500 tonnes à une hauteur de 20 m sur leurs corps de palier dans une exploitation minière en Australie.

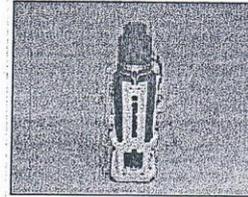


# Systemes de levage par vérins à câbles



- ① Plaques de précontrainte
- ② Dispositif de verrouillage amovible
- ③ Clapet antiretour piloté
- ④ Connexions électriques
- ⑤ Capteur de course, dispositif antirotation
- ⑥ Vérin de levage
- ⑦ Dispositif de verrouillage statique
- ⑧ Chaise

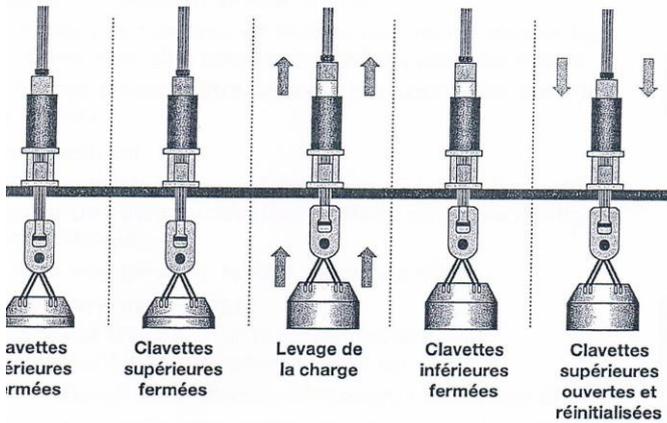
**Série TT**



Capacité nominale par vérin:  
**37 - 673 tonnes**  
 Course effective:  
**500 mm**  
 Pression de service:  
**300 bar**

## Principe de fonctionnement

Le mode de fonctionnement est illustré par les dispositifs de verrouillage affichés rouge lorsque les clavettes sont fermées. Les dispositifs de verrouillage sont affichés en bleu quand les clavettes sont ouvertes.



**Unité de commande contrôlée par PLC et pompes pour système de levage synchronisé**

Le recours à un câble réseau, pour connecter chaque pompe, pour système de levage à la commande permet d'utiliser un nombre illimité de vérins.

Page: 231

**Système de levage à câble monotoron**

Pour les applications de levage lourd, où une grue ou un palan ne conviendrait pas, il se peut que le mod. **ST-120M06** soit la seule solution. Contactez Enerpac pour obtenir plus de détails concernant cette solution unique de levage.

## TABLEAU DE SÉLECTION

Capacité système de levage <sup>1)</sup>	Référence système de levage	Diamètre toron <sup>2)</sup>	Nombre de torons	Course effective	Surface effective	Pression nominale de service	Dimensions (mm)		
							A	B (tige sortie)	C
37 (360)	TT-36SJ306	0.60 (15,2)	3	500	123	300	300	2270	60
36 (840)	TT-84SJ706	0.60 (15,2)	7	500	287	300	430	2290	93
17 (1440)	TT-144SJ1206	0.60 (15,2)	12	500	466	300	490	2298	133
12 (2280)	TT-228SJ1906	0.60 (15,2)	19	500	754	300	600	2330	169
10 (3240)	TT-324SJ2706	0.60 (15,2)	27	500	1089	300	650	2330	208
13 (4440)	TT-444SJ3706	0.60 (15,2)	37	500	1486	300	700	2652	246
17 (5760)	TT-576SJ4806	0.60 (15,2)	48	500	1865	300	760	2693	284
13 (6600)	TT-660SJ5506	0.60 (15,2)	55	500	2199	300	900	2775	291

pas d'usage avec un système de levage lourd différent. Capacités et courses supplémentaires disponibles. Modèles de levage également disponibles pour toron 18 mm (0,7 pouce). Contactez Enerpac pour en savoir plus.

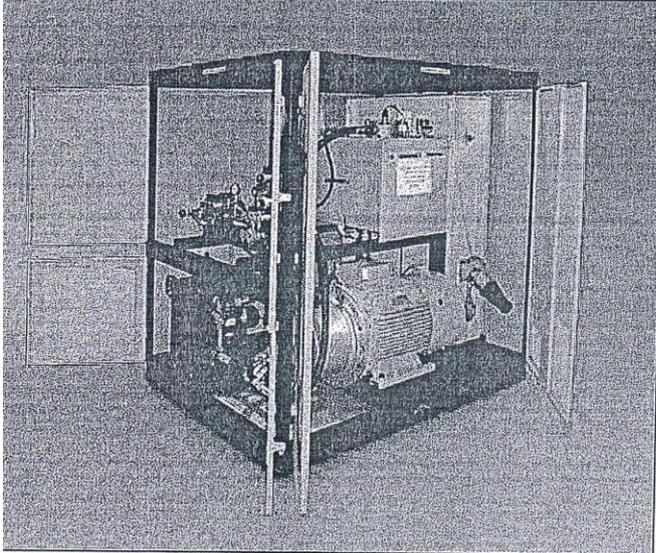
enerpac.com

**ENERPAC** 229

# Pompes hydrauliques pour système de levage

**ENERPAC**  
POWERFUL SOLUTIONS. GLOBAL FORCE.

Image: Série TTP, Pompe hydraulique pour système de levage



Options multiples pour la pompe et le réservoir  
Commande contrôlée par PLC  
Châssis et anneaux de levage d'acier  
Le système de pompe par système de levage permet de réduire les vibrations avec des positions flexibles pour les vérins  
Plusieurs pompes peuvent être connectées entre elles avec un bus réseau.  
Options premium:  
entraînement à fréquence variable pour contrôler le débit  
pour assurer une synchronisation parfaite entre les points de levage multiples  
Seule pompe pour activer plusieurs vérins  
Entièrement intégré  
Régulateur d'huile pour fonctionnement en continu  
à température élevée ou continue  
Châssis renforcé avec châssis et anneaux de levage d'acier  
Chauffeur d'huile pour applications à basse température  
Le biodégradable.

**Puissance hydraulique pour applications de système de levage exigeantes**

Puissance moteur:  
**5,5 - 37 kW**

Vitesse de levage:  
**1 - 29 m/h**

Pression de service:  
**300 bar**



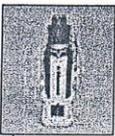
### Commande à distance manuelle

Permet de contrôler séparément les systèmes de levage pour la configuration et la commande manuelle. Livré avec chaque unité de pompe.



### Contactez Enerpac !

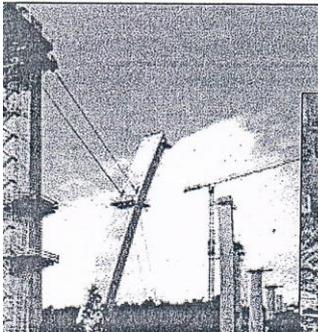
Contactez le bureau Enerpac le plus proche de chez vous pour obtenir des conseils et une assistance technique lors de la conception de votre système de levage idéal.  
[integratedsolutions@enerpac.com](mailto:integratedsolutions@enerpac.com) ou visitez notre site: [www.enerpac.com](http://www.enerpac.com).



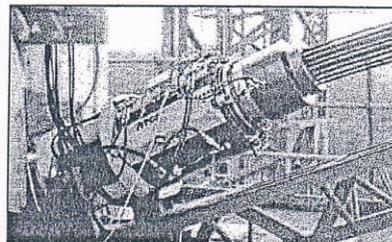
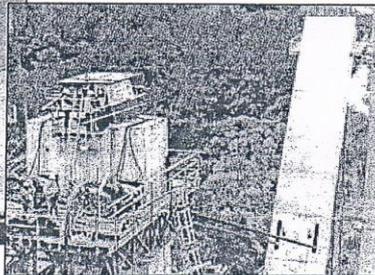
### Systèmes de levage

Systèmes de levage multiples pour levage, descente ou déplacements horizontaux précis de charges lourdes.

Page: 228



▼ Rotation et descente de deux arcs en béton de ce viaduc situé à Silleda, en Espagne, au moyen des systèmes de levage par vérins à câbles Enerpac.



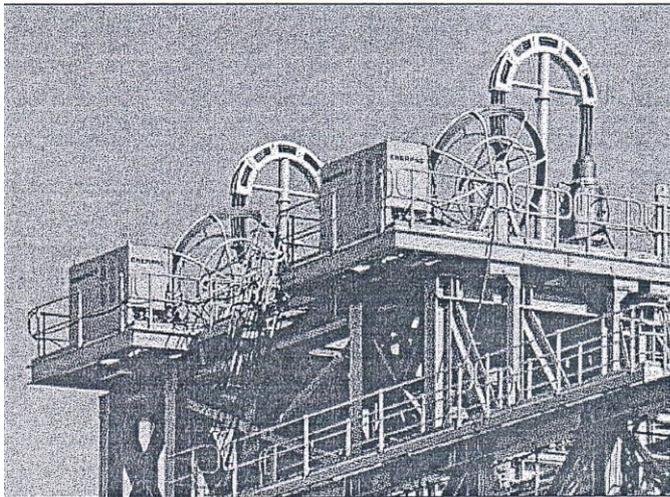
## Commandes du système de levage

▼ Image: Unité de commande contrôlée par PLC



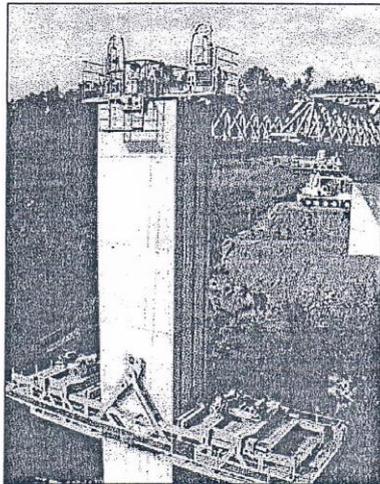
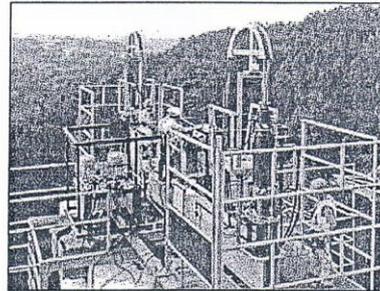
- Système modulaire
- Commandez jusqu'à 32 systèmes de levage avec une seule commande
- Possibilité de mettre en réseau une multitude de commandes
- Commande séparée ou synchronisée
- Affichage de course et de charge séparé
- Alertes de course et de charge pour plus de sécurité
- Fonctions de saisie de données.

▼ Dans une exploitation minière en Australie, plusieurs pompes hydrauliques et huit systèmes de levage ont été connectés à l'automate pour soulever douze broyeurs à galets pesant chacun 1500 tonnes. Le recours à un câble réseau pour connecter entre eux les systèmes de levage permet d'actionner une multitude de systèmes de levage à partir d'une seule commande à automate programmable.



Commandez plusieurs systèmes de levage avec une seule commande à automate programmable

▼ Lancement de pont avec les systèmes de vérins à câbles Enerpac.



▼ Lancement de pont avec les systèmes de vérin à câbles Enerpac.

