

NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE

APERÇU SUR LES PROCÉDÉS DE POSE DE POUTRES PRÉFABRIQUÉES EN T POUR LES PONTS & VIADUCS À GRANDE PENTE LONGITUDINALE ET À COURBE DE PETIT RAYON

OVERVIEW OF THE PROCESSES FOR LAYING PREFABRICATED T-BEAMS FOR BRIDGES & VIADUCTS WITH A LARGE LONGITUDINAL SLOPE AND A SMALL RADIUS CURVE

Réception : 27/12/2022

Acceptation : 26 /03/2023

Publication : 20/06/2023

¹HE XU, Ingénieur en travaux publics, Ingénieur en chef de la direction des travaux publics

²SUN JIAN, Ingénieur en travaux publics, Directeur général adjoint

³ZHANG MINGRAN, Ingénieur en travaux publics, Chef du chantier

⁴LIU REN, Ingénieur en travaux publics, adjoint au Directeur Général

⁵ZHU LANGZI, Ingénieur en tunnels, Responsable du département technique

⁶LIU HUAN, : Ingénieur en Génie civil, Responsable du département commercial

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} CSCEC Algérie, Cité des 56 logements, Rue des frères CHIKIROUS, Staoueli

Résumé

Sur la base du projet du dédoublement de la RN01 Chiffa-Berrouhagia en Algérie, il a été établi le présent document résumant l'ensemble des procédés utilisés pour le choix d'équipements, du transport et du lancement des poutres préfabriquées en béton précontraint, que nous pensons constituer à l'avenir une référence professionnelle de pose de poutres préfabriquées en béton précontraint, pour les ponts & viaducs à grande pente longitudinale et à courbe de petit rayon dans la région nord-africaine.

Mots clés : Autoroute, grande pente longitudinale et petit rayon, choix des équipements, transport et lancement de poutres.

Abstract

This document has been drawn up based of the Chiffa-Berrouhagia RN01 road twining project in Algeria, , summarizing the set of processes and techniques adapted to be used for the choice of equipment, the transport and the installation of prefabricated beams in prestressed concrete, which we believe will constitute in the future a professional reference for the installation of precast prestressed concrete beams, for bridges & viaducts with a large longitudinal slope and a small radius curve in the North African region.

Key words: Highway, large longitudinal slope and small radius, choice of equipment, transport and installation of beams.

1. Généralités du projet

Le projet du dédoublement de la RN01 Chiffa-Berrouhagia réalisé par la société chinoise CSCEC en Algérie, traverse les montagnes de l'Atlas, connues sous le nom de "Musée des catastrophes géologiques". Le projet est situé dans une zone montagneuse à relief très accidenté, avec la réalisation de 40 ouvrages d'art le long du tracé, une longueur totale de 12,78 km et de la plus haute pile de 75,2m. Imposés par les conditions géologiques et topographiques, les échangeurs et les ouvrages d'art sont implantés dans les tronçons en courbe circulaire ou en courbe à raccordement successif, dont la pente maximale atteint 6% et le rayon minimal est de 360m.

La superstructure des ouvrages d'art est constituée de poutres en T précontraintes simplement appuyées. Le nombre total des poutres posées est de 3686 unités. Les portées type projetées sont respectivement de 20,6 m, 28,1 m, 36,1 m et 50,6 m. Le poids maximal des poutres est de 172,2 tonnes.

Tableau 1 : Poids des poutres en T précontraintes

Table 1: Weights of prestressed T-beams

Portée type (en m)	Poids maximal (en t)
20,6	27,1
28,1	45,2
36,1	68,7
50,6	Poutre de rive : 172,2 Poutre de centre : 165,9

2. Procédés de pose et choix des équipements

Selon les différentes techniques de levage, les méthodes adoptées pour la pose de poutres en T en béton précontraint de l'autoroute sont :

- La pose par grues;
- La pose par portique;
- La pose par lanceur de poutre.

Le présent document ne fait pas appel à la méthode de pose par câbles qui est très rarement utilisée dans les pratiques actuelles.



Figure 1 : Pose de poutres par grues
Figure 1: Installation of beams by cranes



Figure 2 : Pose de poutres par portique
Figure 2: Installation of beams by gantry



Figure 3 : Pose de poutres par lanceur de poutre

Figure 3: Installation of beams by beam launcher

2.1. Pose de poutres par grues

La pose de poutres par grues convient aux ponts dont la hauteur ne dépasse pas les 20m et l'espace sous le pont est grand et favorable aux opérations des grues. Lorsque les poutres sont amenées à pied d'œuvre par chariot de remorquage, deux grues sur chenille ou camions grue sont utilisés pour assurer la pose.

Les exigences sur la portance du sol sont élevées car pendant la mise en œuvre de la pose, les poids propres des grues et des poutres sont importants et un traitement du sol est éventuellement nécessaire. Aussi, la pose par deux grues demande une opération unifiée et coordonnée, car les risques de sécurité venant de la main-d'œuvre demeurent très importants.

2.2. Pose de poutres par portique

La pose de poutres par portique est pratiquement utilisée dans le cas où le pont n'est pas trop long, les piles inférieures à 15m de haut et les rails sont faciles à être posés sur toutes les travées, principalement dans la zone de plaine. Le système de marche doit être assuré par les rails, ce qui demande une portance du sol plus élevée. Les chemins d'accès le long de la ligne doivent être dégagés et les poutres doivent être livrées à l'endroit de pose, ce qui demande des conditions de transport très améliorées.

2.3. Pose de poutres par lanceur de poutre

La pose de poutres par lanceur de poutre s'applique généralement dans le cas où les poutres à poser sont nombreuses, la hauteur du pont importante et la pose par grues ou portique n'est pas facile lorsque le tracé de la route traverse les zones montagneuses.

Cette méthode est favorable pour assurer le délai de réalisation d'une manière économique. En plus, par rapport aux grues, l'utilisation du lanceur de poutre est plus sécurisante et pratique quant aux conditions non favorables du terrain.

2.4. Choix des équipements de transport et de pose

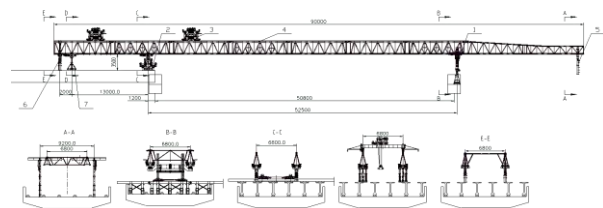
Tous les ouvrages d'art du projet sont situés dans des zones montagneuses, traversant des reliefs très accidentés, ce qui a demandé la réalisation de 3686 poutres en T, et compte tenu des différents facteurs affectant le projet, tels que la faisabilité et la commodité de la réalisation, le délai d'exécution, le coût de financement et la pénurie des équipements de levage à grande échelle en Algérie, la direction du projet a utilisé le lanceur de poutres à double guidage type assemblage DF50/180, fabriqué par Zhengzhou Xindafang pour poser les poutres en T.

Ce type de lanceur, ayant une capacité de levage nominale de 180t, peut travailler sur une portée maximale de 50m, une pente longitudinale maximale de 6%, une pente transversale maximale de 4,7% et un rayon de courbure minimal de 360m. D'ailleurs, il permet le ripage transversal de poutre au moyen mécanique d'une amplitude entière et la pose en une seule opération, en répondant dans la plus grande mesure aux exigences des ponts courbes et des ponts obliques à courbe de petit rayon et à grande pente.

Tableau 2 : Paramètres techniques du lanceur de poutre**Table 2:** Technical parameters of beam launcher

Type de poutre	Poutre en T et petit caisson utilisés pour pont routier	Angle d'inclinaison applicable 0~45°	
Portée de poutre	≤50m	Rayon de courbe mini. Applicable	≥360m
Poids de levage nominal	180t	Vent de travail	Pose de poutres ≤ classe 6, passage sur la travée ≤ classe 5
Pente longitudinale applicable	≤6%	Flèche maxi Au centre de travée lors de la pose	60mm
Pente transversale applicable	≤4.7%	Flèche du bras maxi lors du passage sur la travée	568mm
Vitesse de levage des grues	0.75m/min	Coefficient de stabilité au renversement lors du passage sur la travée	≥1.25
Vitesse de ripage longitudinal des grues	4.2m/min	Capacité électrique totale du lanceur	70kW
Vitesse de ripage transversal des grues	1.41m/min	Capacité électrique maxi. de travail	44kW
Vitesse de la machine entière lors	4.25m/min	Efficacité de pose de poutre	8 pièces/j

du passage sur la travée			
Vitesse de ripage transversal de la machine entière	2.45m/min	Dimension du lanceur	90m*12m*10.5m
Vitesse de marche des supports	4.4m/min	Poids total du lanceur	Environ 250T

**Figure 4** : Plan général du lanceur DF50/180**Figure 4:** General layout of the DF50/180 launcher

Notes : 1-support avant, 2-support arrière, 3-grue, 4-poutre principale, 5-support auxiliaire avant, 6-support auxiliaire arrière, 7-support du lanceur pour passage de la travée

Le transport de poutre est assuré par le chariot de remorquage pneumatique à quatre essieux type LPLC200T, qui est un véhicule spécial pour le transport de poutres préfabriquées et l'alimentation de poutres au lanceur. La charge maximale du chariot est de 200T qui s'adapte à la pente longitudinale maximale de 6%.

Le chariot présente les caractéristiques suivantes :

- Pas besoin de rails et de rouleaux pendant le transport ;
- Une forte adaptabilité aux conditions routières ;
- Un transport stable sur une longue distance ;
- Une opération simple et une utilisation facile, sécuritaire et fiable.

Tableau 3 : Principaux paramètres du chariot de remorquage pneumatique LPLC200T

Table 3: Main Parameters of LPLC200T Pneumatic beam carrier

N°	Désignation	Valeur
1	Type de poutre	Poutre en T et petit caisson utilisé pour pont routier
2	Longueur de poutre applicable	≤50m
3	Poids de levage nominal	200T
4	Vitesse de marche	4-700m/min
5	Nombre de pneus	32
6	Largeur de marche	280cm
7	Espacement entre les axes de pneus extérieurs	250cm
8	Support de poutre pendant le transport	50m

3. Acheminement des poutres

3.1. Passage sur la plateforme du tracé

L'aire de préfabrication des poutres est implantée sur la plateforme ou aux environs du tracé, ce qui permet, dans la plus grande mesure, de profiter de l'axe routier comme passage du transport de poutres. L'aire de préfabrication est revêtue d'une couche en béton RN27. Pour éviter le renversement éventuel des poutres pendant l'acheminement, le passage reliant l'aire de préfabrication à la fondation de la route est réalisé conformément aux normes de construction de la plateforme routière, entre autres, le compactage s'effectue par couche, la compacité atteint 90% et la pente longitudinale ne dépasse pas 3%.

3.2. Passage sur le tablier de l'ouvrage d'art

Selon la conception du projet, la largeur d'une bande de l'ouvrage d'art est de 16,25m.

08 poutres sont prévues pour les travées de 20,6 / 28,1 / 36,1 m. La lame supérieure de poutre est de 170 cm de large, avec un espacement de pose de 60 cm ; 06 poutres pour les travées de 50,6m, la lame supérieure de poutre est de 170 cm de large, avec un espacement de pose de 96 cm. Pour réaliser les travaux dans les délais impartis, au lieu de mettre un hourdis, le projeteur a opté pour la pose d'une couche de rattrapage en graviers à granulométrie étalée sur la lame supérieure de deux poutres adjacentes au milieu de la bande pour servir de passage de l'acheminement des poutres. Les pneus des deux côtés du chariot de remorquage roulent respectivement sur deux poutres adjacentes.

Selon l'analyse des implantations des aires de préfabrication, les cas suivants peuvent se produire pendant le transport de poutre :

- (1) Passage d'une poutre de 36,1m sur la poutre de 28,1m ;
- (2) Passage d'une poutre de 50,6m sur la poutre de 28,1m ;
- (3) Passage d'une poutre de 50,6m sur la poutre de 36,1m ;
- (4) Passage d'une poutre de 36,1m sur la poutre de 36,1m ;
- (5) Passage d'une poutre de 20,6m sur la poutre de 36,1m ;
- (6) Passage d'une poutre de 50,6m sur la poutre de 50,6m ;
- (7) Passage d'une poutre de 28,1m sur la poutre de 50,6m ;
- (8) Passage d'une poutre de 28,1m sur la poutre de 36,1m ;
- (9) Passage d'une poutre de 36,1m sur la poutre de 50,6m.



Les cas (2), (3) et (6) sont réalisés dans des conditions contrôlées. Après le calcul de la résistance à la flexion de la section normale, la résistance à la compression et au glissement de l'appui et la résistance au renversement sous la charge la plus défavorable, uniquement la poutre de 50,6m n'arrive pas à passer sur la poutre de 28,1m. Dans ce cas, une entretoise est nécessaire à réaliser à l'avance pour relier les poutres en un seul bloc solidaire afin de résister à la charge produite par l'acheminement des poutres.

Lors de la pose de poutres dans un tronçon droit, on choisit les poutres (4) et (5) comme passages du transport de poutres quand l'ouvrage d'art n'a qu'une portée unique de 20,6m / 28,1m / 36,1m, et on choisit les poutres (3) et (4) quand l'ouvrage d'art n'a qu'une portée unique de 50,6m. Si la pose s'effectue dans un tronçon courbe de petit rayon, pour faciliter la pose, lors du transport de poutres, le chariot de remorquage circule normalement sur les poutres du côté extérieur de la courbe. D'ailleurs, on choisit les poutres (5) et (6) comme passages du transport de poutres quand l'ouvrage d'art n'a qu'une portée unique de 20,6m / 28,1m / 36,1m et on choisit les poutres (4) et (5) quand l'ouvrage d'art n'a qu'une portée unique de 50,6m.

Pour éviter le renversement des poutres lors du transport, toutes les barres de connexion des entretoises doivent être soudées de sorte que la résistance à la traction au point de soudure ne soit pas inférieure à celle du métal de base. Le soudage doit être surveillé par le personnel qualifié pour assurer la bonne mise en œuvre. Les espaces longitudinaux doivent être complètement revêtus par les plaques d'acier d'une épaisseur $\geq 3\text{cm}$ et soudées fermement avec les barres d'acier sur la surface supérieure de la poutre, de sorte que le chariot de remorquage puisse passer sans aucun problème.

4. Techniques utilisées pour la pose de poutres préfabriquées en béton précontrainte, pour les ponts & viaducs à grande pente longitudinale et à courbe de petit rayon

4.1. Assemblage et réglage des équipements de transport et de pose de poutres

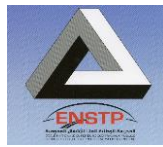
4.1.1. Chariot de remorquage

Quand le chariot de remorquage des poutres LPLC200T arrive sur le chantier sous la forme d'un équipement complètement assemblé, un test s'effectue à vide. Après être muni des tiges de support, des tubes d'air et d'autres accessoires, le chariot est soumis aux essais de mise en œuvre sous charge d'une poutre de 50,6m. Il y a aussi lieu de vérifier le freinage, la direction et d'autres systèmes du chariot pour assurer son bon fonctionnement.

4.1.2. Lanceur de poutres

Le lanceur de poutre est généralement assemblé sur la plateforme du tracé, au point de départ du pont. La superficie du site d'assemblage ne doit pas être inférieure à $95 \times 20\text{m}^2$ et le sol doit avoir une capacité portante suffisante pour répondre aux exigences de montage et de charge d'essai de mise en service du lanceur. L'assemblage du lanceur doit être assuré par un service de personnel technique qualifié et agréé. Avant l'assemblage, il est nécessaire de procéder à un examen et un nettoyage soigneux sur toutes les pièces. En cas des défauts détectés tels que la dégradation et la rouille, l'opération d'assemblage ne peut être effectuée qu'après la levée de toutes les réserves.

Une fois assemblé, le lanceur de poutre est soumis à l'essai de manutention qui est un moyen direct pour identifier l'état de fonctionnement du lanceur et susceptible de juger l'état de fonctionnement et les performances du lanceur relatives à la résistance à la force sous différentes charges. Les 3 principaux essais sont effectués comme suit :



- (1) Essai à vide : observer la marche des grues vers l'avant ou l'arrière, vers la gauche ou la droite, le ripage transversal de la machine entière et la montée et la descente du câble ;
- (2) Essai statique : les grues avant et arrière soulèvent la poutre jusqu'à l'emplacement de pose, la descendent à 10-15 cm du sol et restent plantées pendant 10 minutes pour observer si toutes les pièces du lanceur sont en bon état ;
- (3) Essai dynamique : le lanceur ne bouge pas, tandis que les grues avant et arrière soulèvent la poutre et la déplacent vers la gauche et la droite ; les grues avant et arrière ne bougent pas, le lanceur soulève la poutre et la déplace vers la gauche et la droite ; ni les grues avant et arrière ni le lanceur ne bougent, le treuil soulève la poutre et la déplace vers le haut et le bas.

Le lanceur peut être utilisé pour poser les poutres uniquement quand les résultats de tous ces essais de levage sont déclarés conformes.

4.2. Procédé lors du passage sur la travée à grande pente longitudinale

Tout au long de la pose de poutre, l'avant et l'arrière du lanceur doivent se maintenir sur le même niveau horizontal. Face à la pente longitudinale maximale de 6% et au dénivellement maximal de 3,036m entre deux extrémités d'une poutre de 50,6m, le lanceur ne peut pas passer les travées sans prendre des mesures particulières et l'utilisation de supports à rallonges ordinaires et le rehaussement par des cales n'arrivent pas à le maintenir à niveau. Ainsi, le fournisseur de la machine a remis des rallonges de rehaussement selon l'état de l'ouvrage d'art et ce, d'une part, pour permettre le réglage du niveau du lanceur en fonction de l'inclinaison et d'autre part, assurer la stabilité du lanceur. Lors du passage sur la travée, la hauteur des supports avant et arrière ainsi que

celle des supports auxiliaires arrière sont ajustées au fur et à mesure grâce aux rallonges de rehaussement et aux vérins autonomes. Les étapes de passage du lanceur sont les suivantes dans le cas le plus défavorable d'une pente de 6% :

Tableau 4 : Processus du passage du lanceur sur une pente de 6%

Table 4: Launcher passage process on a 6% slope

(voir ANNEXE)

4.3. Procédé lors du passage sur la travée de courbe à petit rayon

Chaque pile du pont courbe est implantée radialement par rapport à l'axe et la longueur de poutre préfabriquée est disposée en forme d'éventail par rapport à l'axe de la pile. Si le lanceur passe la travée directement, le rail avant transversal ne peut pas être maintenu parallèle au chevêtre avant. Le rail avant sera dans un état suspendu de sorte que la poutre ne soit pas posée. Afin de résoudre ce problème, on adopte la méthode de balancement du lanceur pendant la pose en déplaçant le rail transversal d'une certaine distance vers l'arrière du lanceur depuis le côté intérieur du tablier, ce qui équivaut à faire tourner le lanceur autour du centre du rail arrière d'un certain angle. Le rail transversal avant se repose sur le chevêtre, de sorte que le rail transversal des supports avant soit parallèle à l'axe du chevêtre et le rail transversal des supports arrière est placé dans une position parallèle au rail transversal des supports avant.

En raison de la grande taille du lanceur, le balancement arrière ne peut pas se faire en une seule fois et le lanceur doit être balancé plusieurs fois pendant le passage sur la travée. Les supports avant et arrière ont pour fonction de déplacer la machine entière transversalement. L'axe du lanceur peut être aligné avec celui de la poutre de travée suivante par le balancement latéral des supports avant et arrière.

Le balancement latéral du lanceur signifie que les supports avant ou arrière sont déplacés transversalement et latéralement pour décaler le pont principal du lanceur d'un certain angle. Le degré de chaque balancement latéral du lanceur est de $1,6^{\circ}$ - 2° . En cas de dépassement, le balancement doit se faire plusieurs fois jusqu'à ce que le rail transversal avant soit parallèle à l'axe transversal du chevron avant (figure 5).

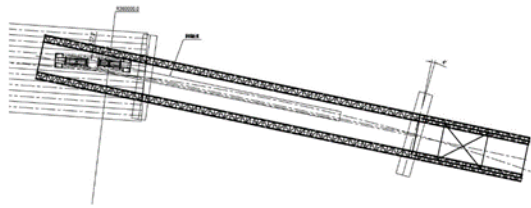


Figure 5 : Plan schématique du balancement du lanceur

Figure 5 : Layout of the launcher

4.4. Procédé de la pose de poutre de 50,6m sur une courbe de 360m

4.4.1. Transport de poutre

Une fois que la poutre répond aux exigences de transport et de pose, deux grues à portique 125T sont utilisées pour sortir la poutre de l'aire de préfabrication et la mettre dans le chariot de remorquage qui s'achemine sur le passage de transport et amène la poutre au site de pose. Pendant le transport, il faut veiller sur la stabilité de la poutre, en particulier à l'inclinaison pour identifier les anomalies et introduire des mesures correctives immédiatement.

Les consignes recommandées lors du transport de poutres sont comme suit :

- (1) Après le stationnement du chariot de remorquage à l'aire de préfabrication de poutres, lorsque le portique soulève la poutre, les pneus extérieurs du véhicule et la plaque d'acier en forme de L sont utilisés pour protéger le câble de levage et la partie de contact de la poutre afin d'éviter les

dommages éventuels à la poutre lors de l'opération de la manutention ;

- (2) Au cours du transport de la poutre, on utilise les palans manuels pour tirer les extrémités gauche et droite de la poutre qui seront soutenues par les tiges de support afin de constituer un bloc monolithique. Le convoi sera escorté par le personnel qualifié pour surveiller attentivement le transport de la poutre et éviter le détachement éventuel des supports et le renversement de la poutre ;
- (3) La vitesse du chariot chargé est contrôlée à 15m/min. Le chariot est conduit par un chauffeur qualifié ;
- (4) Avant la mise en œuvre du tablier, le chariot de remorquage applique la force uniformément sur le pont principal du lanceur en fonction de la distance entre les poutres et de la largeur totale du tablier et une fois l'alimentation de poutre terminée, le chariot reprend le passage de transport pour retourner à l'aire de préfabrication ;
- (5) Lorsque le chariot de remorquage circule sur le tablier à une pente longitudinale de 6%, il doit s'équiper d'un bon système de freinage pour assurer la sécurité de transport ;
- (6) Lorsque le chariot de remorquage circule sur un pont courbe à petit rayon, il faut renforcer les supports latéraux en bas pour éviter le renversement de la poutre. De plus, lors du transport des poutres, le chariot circule normalement sur les poutres du côté extérieur de la courbe pour faciliter la pose.

4.4.2. Pose des poutres

Compte tenu que la poutre de 50m est trop longue, après le balancement du lanceur, quand la poutre est affectée au lanceur, il arrive qu'elle chevauche le pont principal à l'intérieur du lanceur pour que la poutre ne puisse pas être affectée à l'emplacement requis. Il faut donc riper le lanceur transversalement en continu pour éviter des collisions éventuelles.

- (1) Le chariot de remorquage avant s'arrête environ 0,3m derrière les supports arrière du lanceur, la grue avant soulève la poutre, tandis que le chariot arrière lance la poutre avec la grue ;
- (2) Après le levage de la poutre et lors de son lancement, la grue avant et la machine entière se déplacent transversalement et continuellement, de sorte que la poutre en béton et le lanceur maintiennent toujours un écart raisonnable de > 100mm et rendent la poutre parallèle au pont principal du lanceur ;
- (3) Lorsque la grue arrière est susceptible d'accrocher la poutre, le chariot arrière amène la poutre en place jusqu'à environ 0,3m derrière le chariot avant, la grue arrière soulève la poutre et avance vers les supports avant à la même vitesse que la grue avant ;
- (4) Le chariot retourne à l'aire de préfabrication, les grues avant et arrière se disposent pour lancer la poutre. L'ensemble du lanceur se ripe transversalement et alimente la poutre jusqu'à la position requise comme ce indiqué dans la figure 7. Le lanceur descend la poutre et les grues avant et arrière se déplacent transversalement pour se localiser avec précision ; les grues avant et arrière continuent de descendre la poutre jusqu'à ce que la poutre de 50m soit posée.

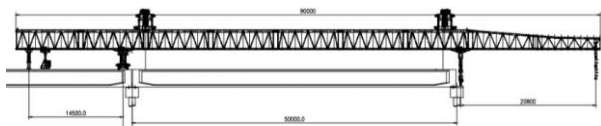


Figure 6 : Manutention pour le lancement de la poutre par les grues avant et arrière

Figure 6: Handling for launching the beam by the front and rear cranes

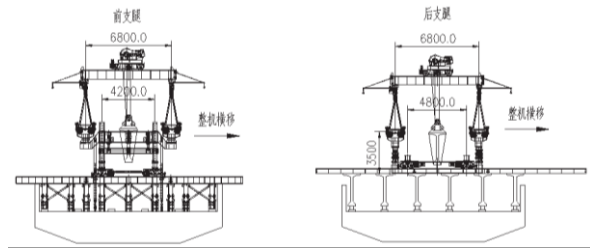


Figure 7 : Plan schématique du ripage transversal de la machine entière

Figure 7: Schematic plan of transverse shifting of the whole machine

Lorsque le lanceur doit soulever la poutre et traverser la ligne, il faut que le rail transversal soit posé fermement à 2m de la ligne à traverser. Lorsque la roue du côté support est proche de la ligne, la grue se déplace vers le côté éloigné de la ligne ; lorsque la colonne droite traverse 2m, la grue se déplace vers le côté droit pour que la colonne gauche commence à avancer. Une fois le franchissement terminé, la machine entière relâche la poutre et une poutre est posée.

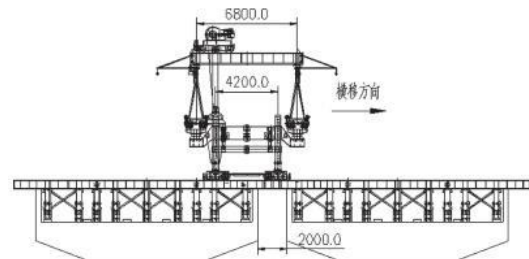


Figure 8 : Franchissement de la colonne gauche

Figure 8 : Crossing the left column

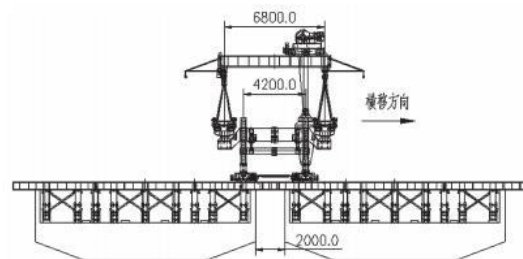
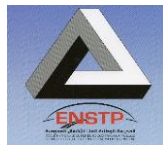


Figure 9 : Franchissement de la colonne droite

Figure 9: Crossing the right column



5. Conclusion

Le projet du dédoublement de la RN01 Chiffa-Berrouhagia en Algérie a été mis en circulation. Au cours de l'exécution du projet, en utilisant les équipements adaptés de transport et de pose, en améliorant et optimisant l'ancien procédé de pose de poutre, une méthodologie complète a été développée sur la pose de poutre en T pour les ponts courbes à grande pente longitudinale et à courbe de petit rayon, ce qui, non seulement nous a aidé à achever avec succès la pose de 3686 poutres sur toute la ligne du tracé, mais aussi fournir une référence pour l'assemblage et la pose de poutres similaires dans le futur.

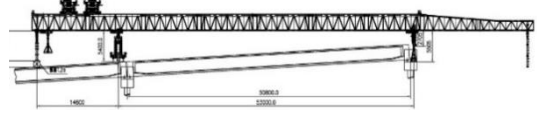
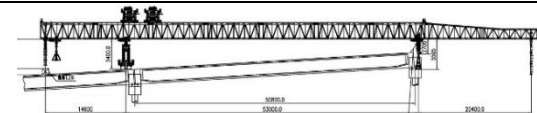
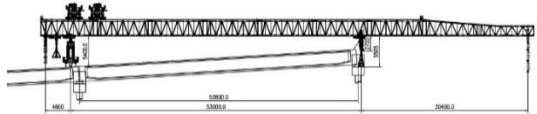
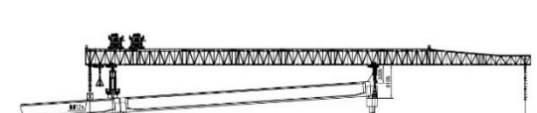
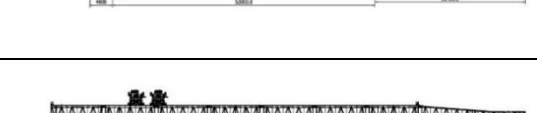
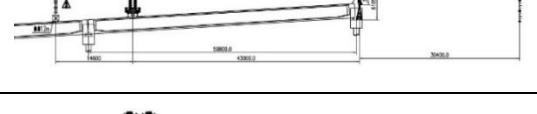
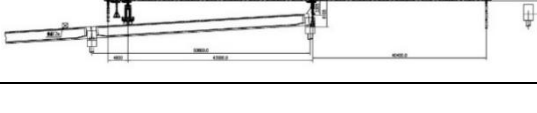
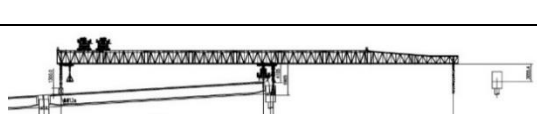
Références :

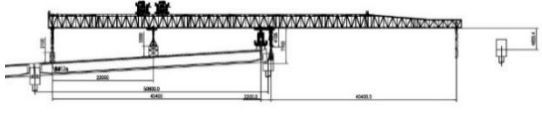
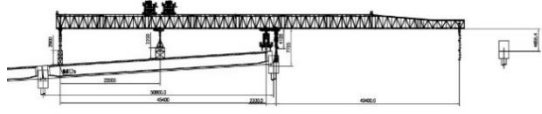
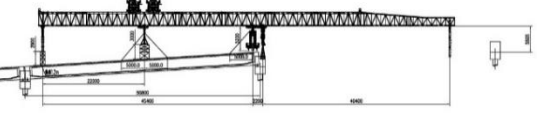
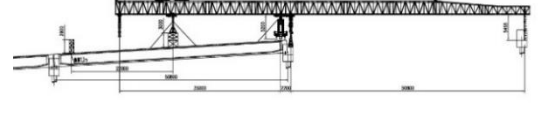
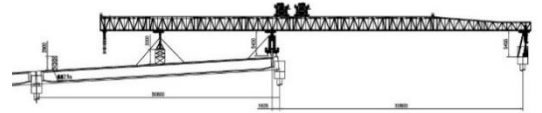
- [1] Spécifications générales pour la conception des ouvrages d'art de route (JTGD60-2004)
- [2] CCTP-2014, Cahier des clauses techniques particulières appliquées au projet du dédoublement de la RN01 Chiffa-Berrouhagia en Algérie (S)
- [3] YI GANMING, Analyse de sécurité du transport et de la pose de poutres en T préfabriquées pour les ponts à grande pente longitudinale et à courbe de petit rayon, la Route et la Nature, numéro 2, 2016.
- [4] HE XU, Analyse des points techniques importants de la pose de poutres de 50m pour les ponts à grande pente longitudinale et à courbe de petit rayon, High-Tech de Chine, numéro 2, 2019.

ANNEXE

Tableau 4 : Processus du passage du lanceur sur une pente de 6%

Table 4: Launcher passage process on a 6% slope

Étape	Processus	Schéma
1	Les supports avant sont abaissés à 2,7m avec un abaissement de 1,14m, les supports arrière sont surélevés à 5,4m et les supports auxiliaires arrière sont surélevés à 5,3m.	
2	Les grues avant et arrière se déplacent et s'arrêtent au-dessus des supports arrière, les supports avant sont ancrés sur le tablier.	
3	Les supports avant se retirent, les supports sont surélevés, le lanceur se déplace transversalement de 10m, les grues se déplacent vers l'arrière.	
4	Les supports auxiliaires arrière font le support sur le tablier, les supports auxiliaires arrière, les supports arrière et les supports avant sont rehaussés de 0,6m successivement, de sorte que le lanceur est surélevé de 0,6m.	
5	Les supports arrière restent suspendus, avancent de 10m par son propre système de suspens et sont ancrés sur le tablier, les grues avant et arrière se déplacent au-dessus des supports arrière.	
6	Les supports auxiliaires arrière se retirent, le lanceur avance de 10m.	
7	Les supports auxiliaires arrière est surélevés de 1,3m. Le lanceur est réhaussé de 0,8m à l'aide des supports auxiliaires arrière et des supports avant, les supports du lanceur pour passage sur la travée et les supports arrière sont suspendus à l'armature.	
8	Les supports arrière se retirent de 1,8m et avancent de 40,8m et s'ancrent sur le tablier.	
9	Les supports du lanceur pour passage sur la travée avancent de 20m et se surélève de 1,4m pour s'ancrer sur la poutre. Les grues avant et arrière se déplacent au-dessus des supports pour passage sur la travée, les supports auxiliaires se retirent de 0,8m et en bas, les supports sont réhaussés de 0,8m.	

<p>10</p>	<p>Enlever l’ancrage entre les supports avant et le tablier. Le rail transversal de la section médiane et les colonnes sont ancrés sur les supports avant. Les supports arrière, avec deux rallonges de rehaussement, sont surélevés par cylindre simultanément avec les supports auxiliaires arrière, de sorte que la machine entière est surélevée de 0,8m. Les supports avant et les supports pour passage sur la travée restent suspendus, les supports pour passage sur la travée sont réhaussés de 0,8m et soutenus en bas.</p>	
<p>11</p>	<p>Les supports auxiliaires arrière sont retirés de 0,8m et surélevés de 0,8m en bas.</p>	
<p>12</p>	<p>Les supports arrière, avec deux rallonges supplémentaires, sont relevés par cylindre simultanément avec les supports auxiliaires arrière, de sorte que la machine entière est surélevée de 0,8m. Les supports avant et les supports pour passage sur la travée restent suspendus, les supports pour passage sur la travée sont réhaussés de 0,8m et soutenus en bas, les supports pour passage sur la travée et les supports arrière sont ancrés sur le tablier.</p>	
<p>13</p>	<p>Les supports arrière restent suspendus, le lanceur avance de 10,4m, en même temps, les supports avant et les grues se déplacent vers l’arrière, les supports auxiliaires avant reposent sur le chevêtre de la pile.</p>	
<p>14</p>	<p>Soutenir les supports auxiliaires avant. Les supports avant avancent de 50.8m avec le rail de transversal et les colonnes, reposent sur le chevêtre de la pile et sont ancrés temporairement. Les grues avant et arrière se déplacent à environ 2m devant les supports arrière.</p>	
<p>15</p>	<p>Les supports auxiliaires arrière et les supports pour passage sur la travée restent suspendus, le lanceur avance de 20,4m, les supports auxiliaires arrière sont surélevés de 1,3m et sont ancrés sur le tablier. Les supports avant et arrière sont ancrés sur l’armature et se préparent pour poser la poutre.</p>	