



# UN PONT À HAUBANS AU CŒUR DE CASABLANCA

*Par:*

M. BAHARI: DR/DOA/SE

S. MIKOU : ADM/AESM

M. EL BADA : SEPROB

# Plan de l'exposé:

- I. Présentation du projet
- II. Etudes d'exécution du PàH
- III. Surveillance du PàH
- IV. Organisation du chantier du PàH
- V. Contrôle de qualité du PàH
- VI. Travaux de construction du PàH
- VII. Reportage photographique

# I. Présentation du projet:

## CONTEXTE:

- Programme d'Aménagement des Pénétrantes du Grand Casablanca
- Convention de partenariat signée en Avril 2005 entre le METLE, le CUC et le CR.

## OBJECTIFS:

- Résoudre le problème de circulation et d'augmentation du trafic dans ce carrefour (17.000 véh/h de pointe)
- Assurer une liaison fluide entre l'axe Aéroport Mohammed V et les différents centres d'affaires de la zone (CFC, Technopark, Zénith, Casa Nearshore...)
- Assurer le bon fonctionnement du carrefour avec le passage du tramway
- Doter la ville de Casablanca d'un ouvrage formant signal avec effet de « **Porte**»

# I. Présentation du projet:

## CONCEPTION:

- Un viaduc au niveau (+1) type pont à haubans assurant les flux direct Casablanca-Aéroport Mohammed V et inversement ;
- Deux giratoires circulaires au niveau (0) (terrain naturel actuel) ;
- Des trémies au niveau (-1), assurant les flux direct Sidi Maârouf-RN11 vers les autres artères suscitées de Casablanca et inversement ;



## I. Présentation du projet:

## LE PÀH:

➤ Appuis :

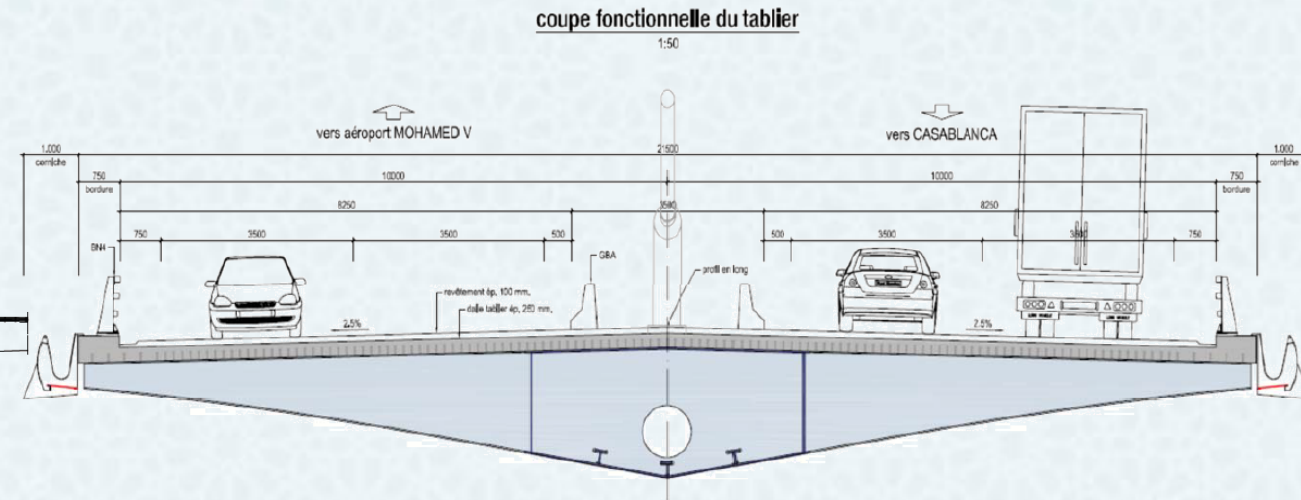
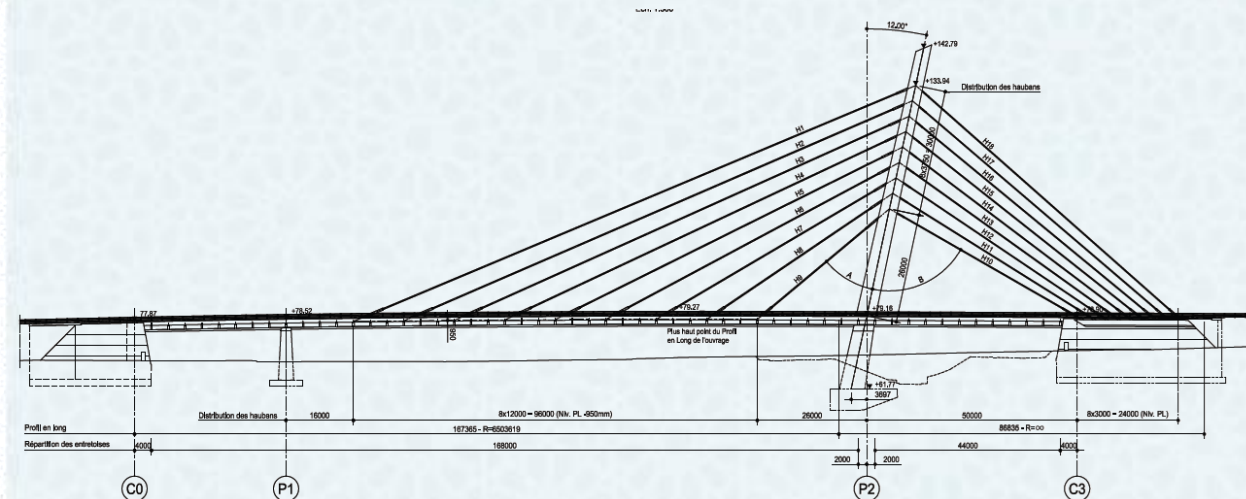
- C0, P1, Pylône P2 et C3,
- Fondations superficielles (-12m)
- Pylône incliné de  $12^\circ$  atteint 64m de hauteur,

► Haubans :

- 27 haubans ( $9+9*2$ ),

► **Tablier :**

- 2\*2 voies (21.5m)
- Caisson mixte de 224=36+138+50,
- Consoles de 8m esp. 4m,
- Dalle Précontrainte de 34m au niveau de C3



# I. Présentation du projet:

## LE PÀH EN CHIFFRES:

- Béton : 11 100 m<sup>3</sup>
- Charpente métallique : 1605 T
- Haubans : 102T
- Haubans : 2100 ml
- Torons : 100 km
- Acier béton : 1650 T,
- Précontraint : 6T

## INTERVENANTS

|                                 |                                                                                                                                             |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maître d'Ouvrage</b>         | Commune Urbaine de Casablanca                                                                                                               |
| <b>Maître d'Ouvrage Délégué</b> | DRETLE de Casablanca                                                                                                                        |
| <b>Responsable des Travaux</b>  | Direction d'Aménagement de l'échangeur Sidi Maârouf (ASM - ADM)                                                                             |
| <b>Entreprise travaux</b>       | SEPROB<br><u>Bureau d'études</u> : Groupement TEAM MAROC-IOA (Fr)<br><u>Bureau de contrôle externe des études</u> : C <sup>2</sup> ODA (Fr) |
| <b>Contrôle de la qualité</b>   | LPEE                                                                                                                                        |
| <b>Assistance technique</b>     | Groupement NOVEC - INGEROP                                                                                                                  |

## II. Etudes d'exécution du PàH:

### ORGANISATION DES ÉTUDES DU PAH : PAQ TYPE C

|                                               |                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>BET: Team+IOA</b>                          | Etablir l'ensemble des documents relatifs aux études d'exécution (modèles numériques, notes calculs, plans,...)            |
|                                               | Interpréter les résultats du laboratoire (géotechnique, soufflerie...)                                                     |
| <b>Contrôle Externe:<br/>C<sup>2</sup>ODA</b> | Vérifier la consistance et le contenu des notes et plans,                                                                  |
|                                               | Vérifier la conformité des études aux règlements et au marché, des hypothèse et données de chaque note,                    |
|                                               | Apprécier la pertinence des résultats (Ordre de grandeur, ratios...)                                                       |
| <b>Contrôle extérieur:<br/>NOVEC+INGEROP</b>  | S'assurer que le BET s'est organisé conformément aux stipulations du marché,                                               |
|                                               | S'assurer de la conformité des études aux règlements et au marché, des hypothèse et données de chaque note,                |
|                                               | Apprécier la pertinence des résultats (Ordre de grandeur, ratios...)                                                       |
|                                               | Aviser l'e MO sur les éventuelles dispositions de l'étude non prévues par le marché,                                       |
|                                               | Validation de l'étude par l'expert OA,                                                                                     |
|                                               | Interventions ponctuelles de l'expert OA pour instruire les différentes situations inhabituelles au chantier,              |
| <b>MOD: METLE</b>                             | Vérification des hypothèses contractuelles (CCTP, Eurocodes, Règles de l'art...)                                           |
|                                               | Réexamen sommaire des études et plans,                                                                                     |
|                                               | Réexamen des fiches d'examen des contrôles externes et extérieur en s'assurant que leurs observations ont été satisfaites, |
|                                               | Validation définitive du dossier,                                                                                          |

## II. Etudes d'exécution du PàH:

## QUELQUES POINTS PARTICULIERS :

➤ Phases de l'étude:

En parallèle à l'avancement des travaux:

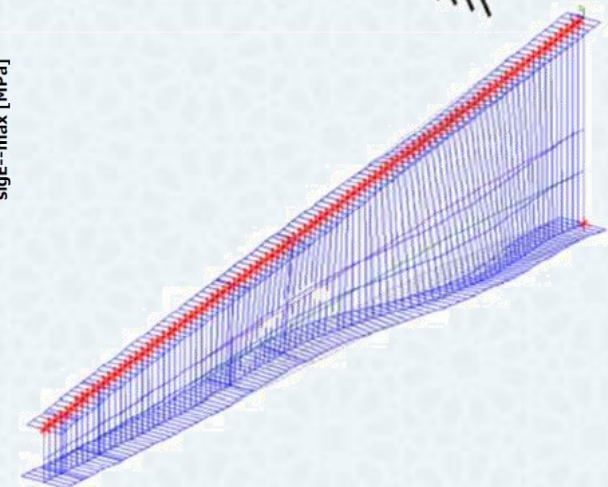
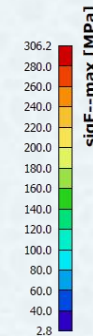
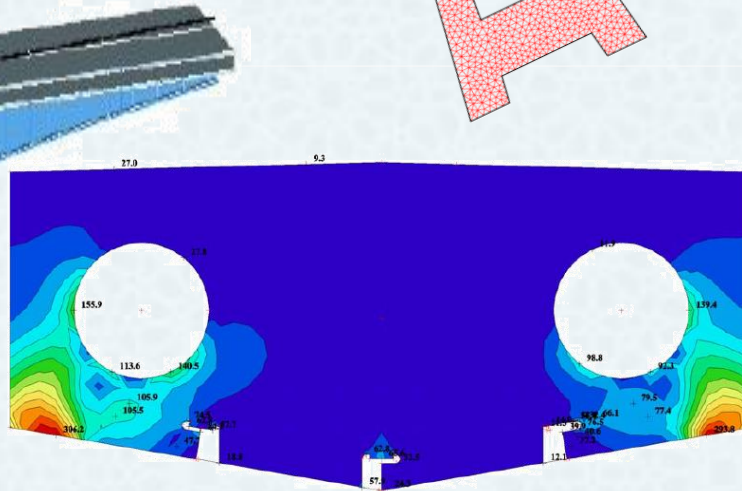
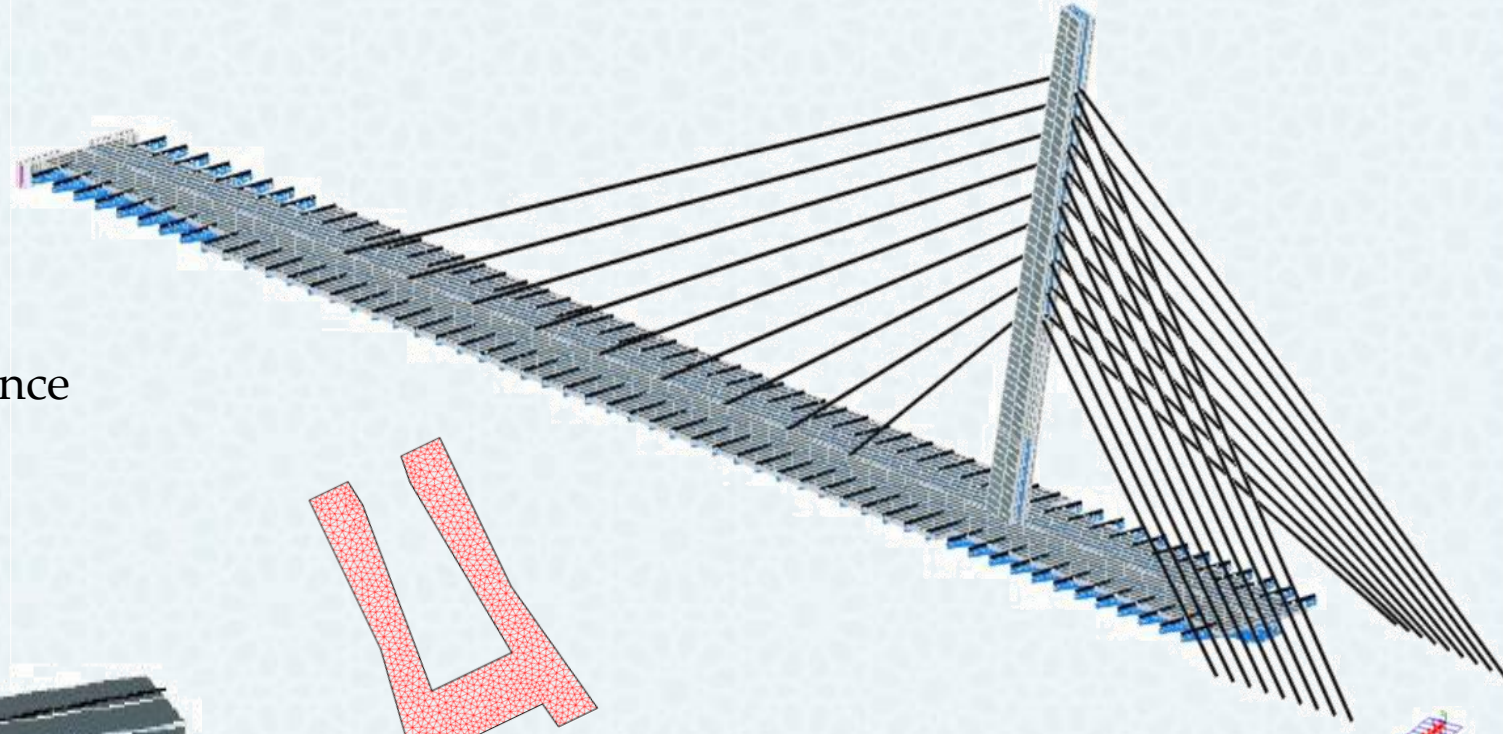
➤ Plate forme de partage:

## Intervenants dispersés entre le Maroc et la France

► Modèle en EF:

## Modèle global

## Modèles locaux

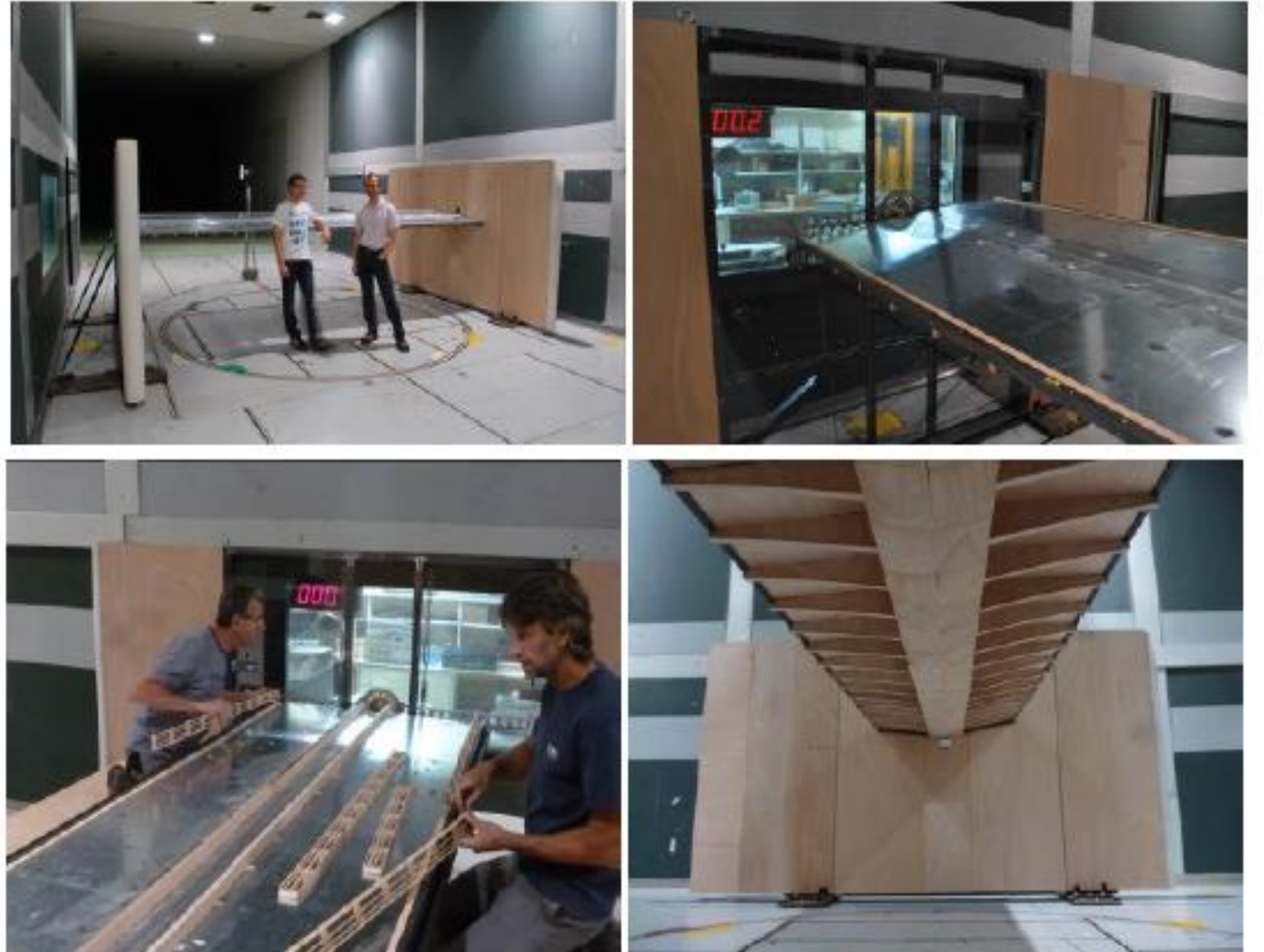
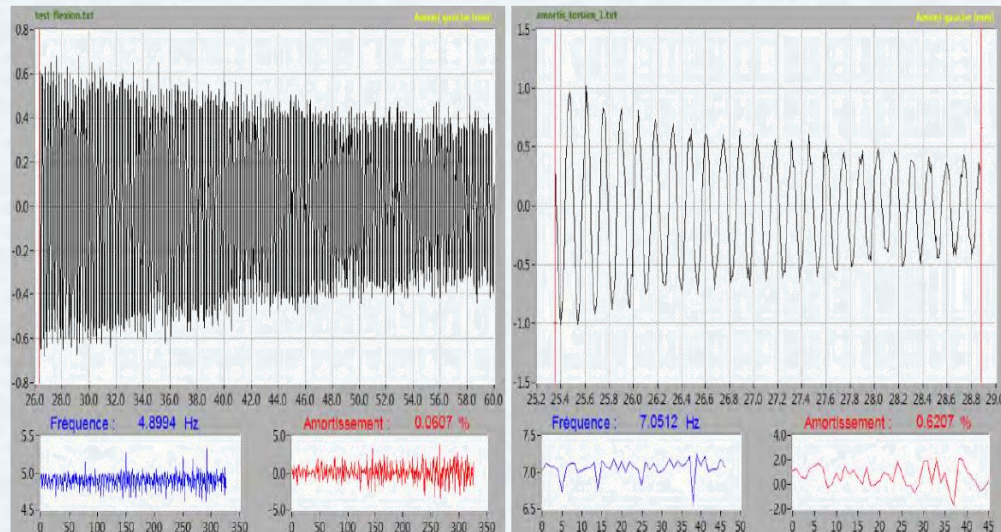


# II. Etudes d'exécution du PàH:

## QUELQUES POINTS PARTICULIERS :

### ➤ Etude aérodynamique du tablier:

Coefficients aérodynamiques:  $C_x$ ,  $C_y$ ,  $C_{mz}$   
Analyse fréquentiel:  $T_0$ ,  $\xi$ .



## II. Etudes d'exécution du PàH:

### QUELQUES POINTS PARTICULIERS :

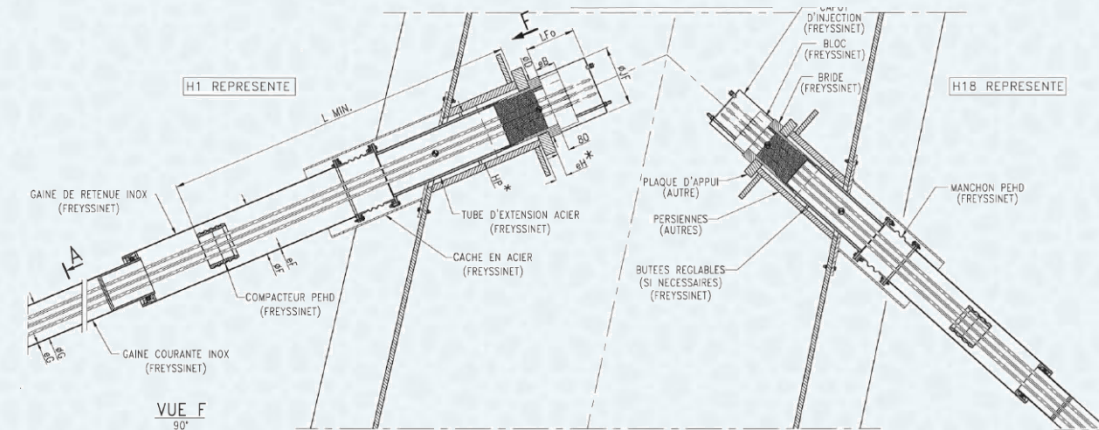
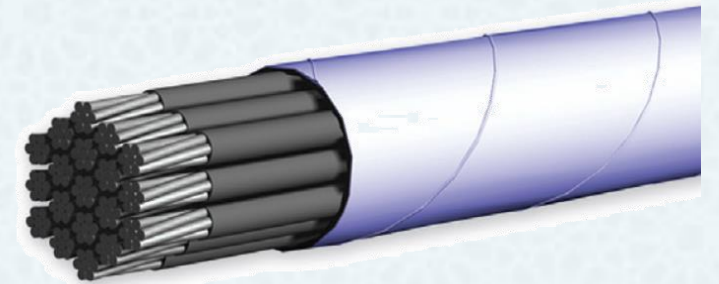
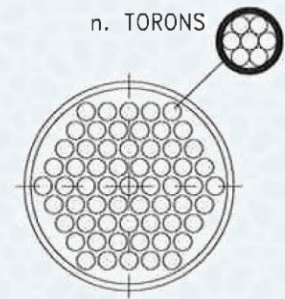
#### ➤ Etude des Haubans:

HAUBAN : Faisceau de Torons 15,7 mm galvanisés , cirés , et gainés en PEHD à l'intérieur d'une gaine enveloppe en inox

Les haubans sont justifiés vis-à-vis de:

- Charges permanentes et d'exploitation,
- Action du vent sur les haubans : vent statique et turbulent,
- Actions thermiques : retrait, gradient thermique...
- **Rupture** accidentelle d'un hauban,
- Remplacement des haubans,
- Vérification à la **fatigue**,
- **Phasage** précis de construction.

TORONS FREYSSINET 15.7mm, PROTEGES INDIVIDUELLEMENT  
GALVANISES CIRÉS ET GAINES EN PEHD



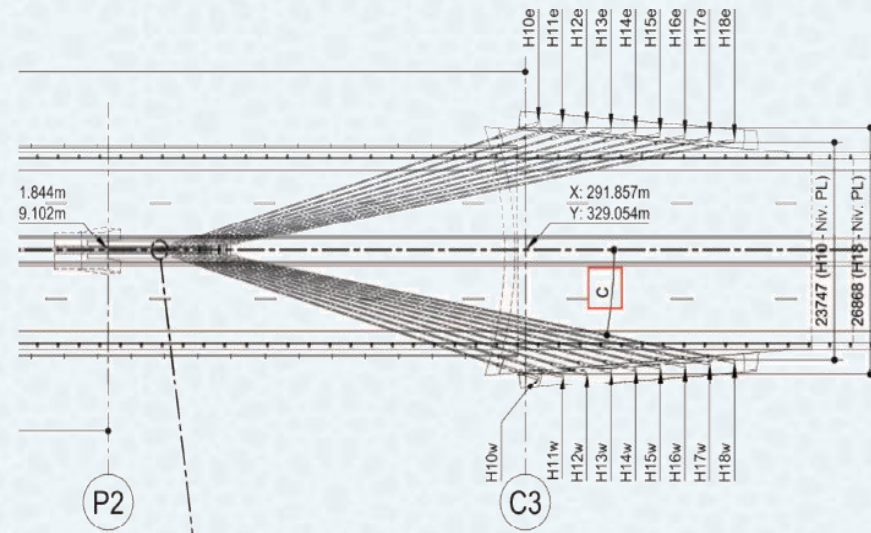
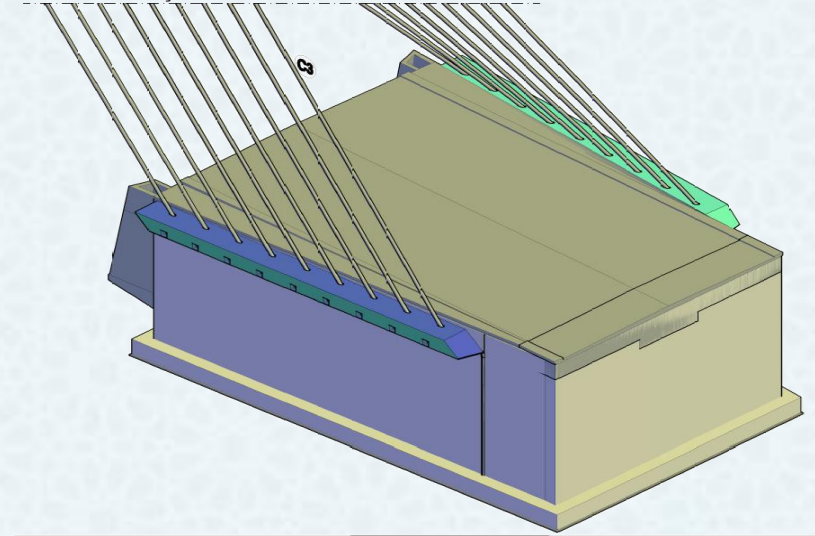
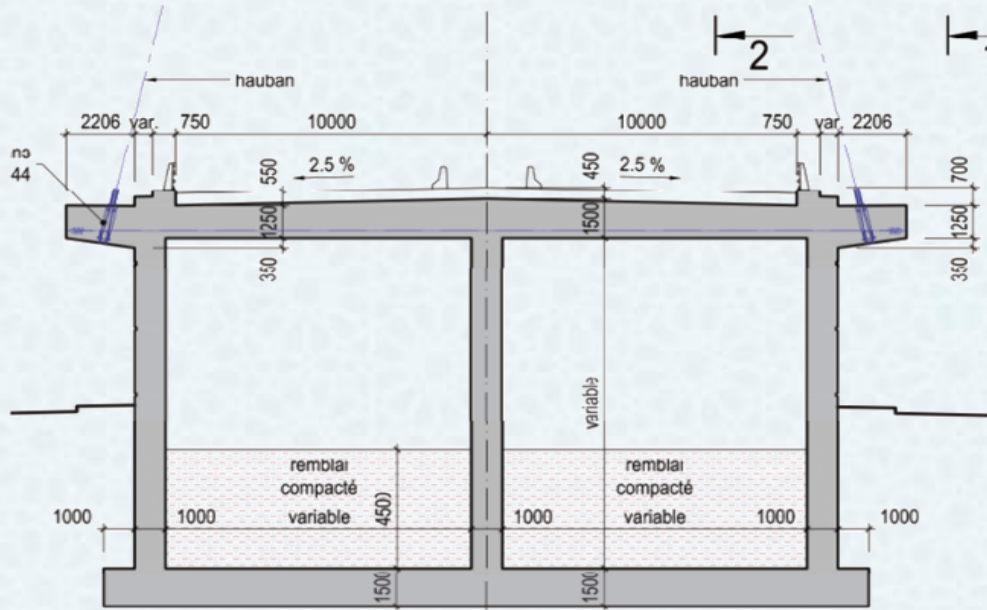
## II. Etudes d'exécution du PàH:

### QUELQUES POINTS PARTICULIERS :

#### ➤ Etude de la culée C3:

Culée creuse, Assure:

- L'ancrage des haubans arrière, au niveau de ses oreilles



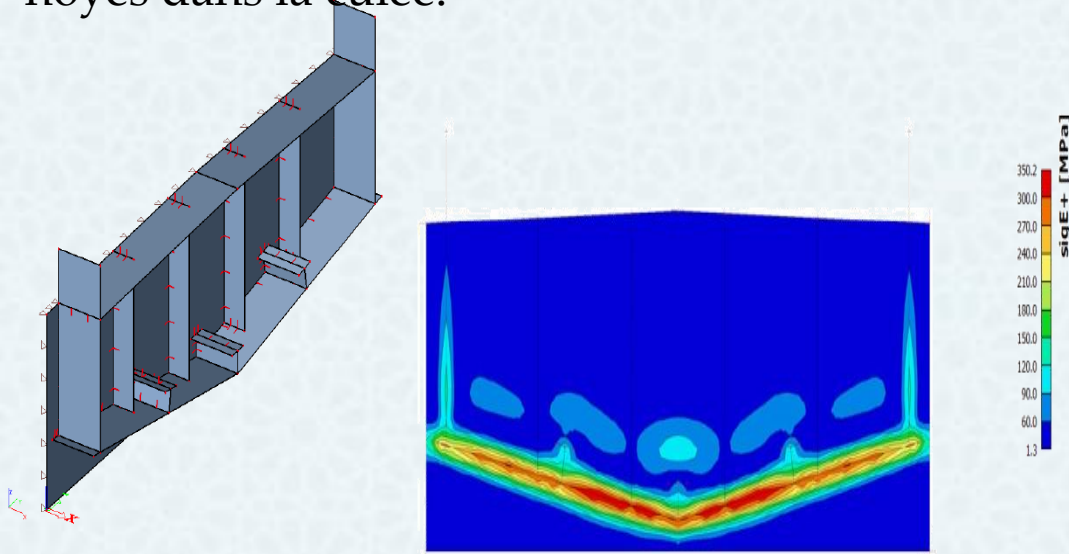
## II. Etudes d'exécution du PàH:

### QUELQUES POINTS PARTICULIERS :

#### ➤ Etude de la culée C3:

Culée creuse, Assure:

- L'encastrement du tablier à la culée à travers le diaphragme d'ancrage, équipé de goudjons noyés dans la culée.



# III. Surveillance du PàH:

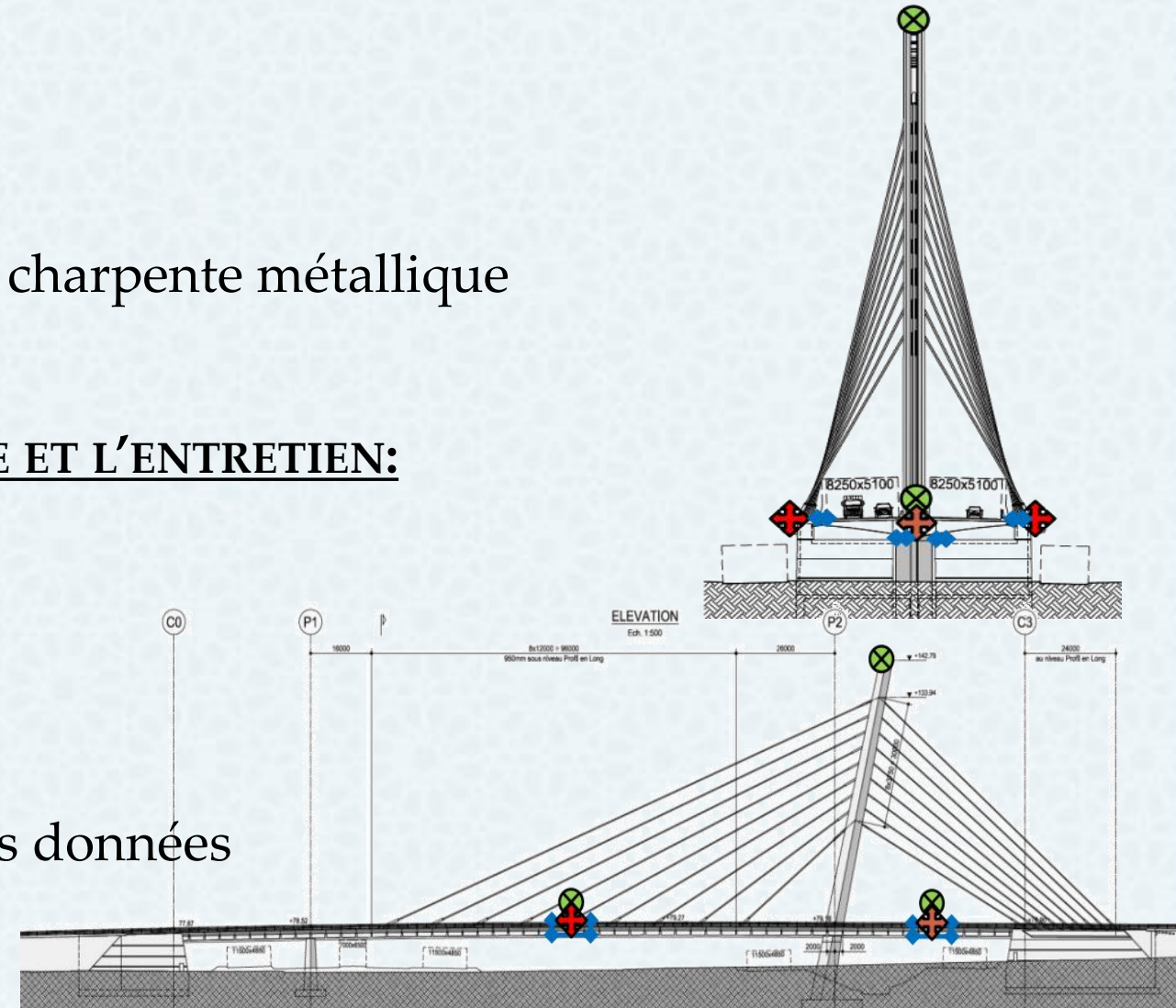
## INSTRUMENTATION DU PONT:

### ➤ POINTS SENSIBLES IMPACTANT LE PONT :

- Effet du vent sur la vibration des haubans
- Effet du gradient de la température sur la charpente métallique
- La corrosion de la charpente métallique

### ➤ RECUEIL DES DONNÉES POUR LA SURVEILLANCE ET L'ENTRETIEN:

- Anémomètre/girouette situé à distance
- Anémomètres sur le tablier et le pylône
- Accéléromètres sur le tablier
- Sondes de température
- Une centrale d'acquisition
- Un routeur permettant la transmission des données



# IV. Organisation du chantier du PàH :

## EQUIPE DE SUIVI:

**Aménagement de l'Echangeur de Sidi Maarouf : ADM**

**CONVENTION MOD: 29MDH**

**AT: NOVEC+INGEROP**

**42MDH**

**Laboratoire : LPEE**

**9MDH**

**Chef de Mission**

**Ingénieur travaux**

**Ingénieur étude et  
méthodes**

**Ingénieur topo**

**+4 Techniciens**

**Experts**

**Equipe de suivi +  
interventions  
ponctuelles**

# IV. Organisation du chantier du PàH :

## GESTION DOCUMENTAIRE:

### ➤ DIFFICULTÉS IDENTIFIÉES :

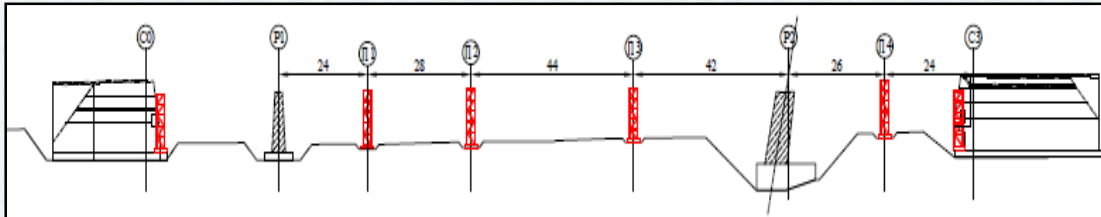
- Nombre important des documents à éditer, avec de multiples révisions
- Nombre important des intervenants , et disparité géographique de ces intervenants
- Difficulté de repérer l'information ciblée en temps opportun

### ➤ SOLUTION :ADOPTER UNE « GED » SOUS DRIVE POUR OBJECTIF DE :

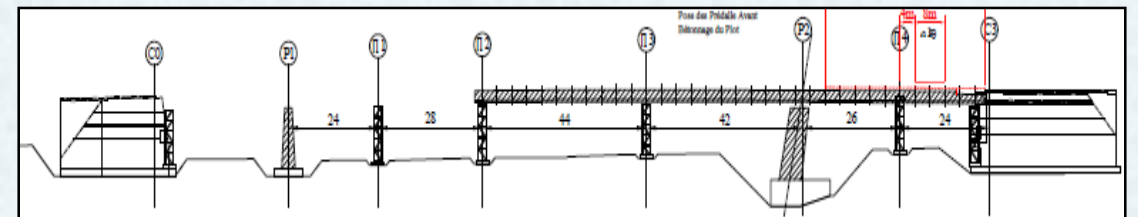
- Faciliter l'échange entre les différents intervenants
- Accélérer la prise de décision
- Permettre un classement structuré des données du projet et les rendre facilement accessibles et mieux exploitables
- Assurer une large diffusion des informations auprès de l'ensemble des intervenants
- Économiser en terme de papier : les versions provisoires sont gérées sous format numérique, alors que l'édition papier est réservée uniquement à la version définitive

# IV. Organisation du chantier du PàH :

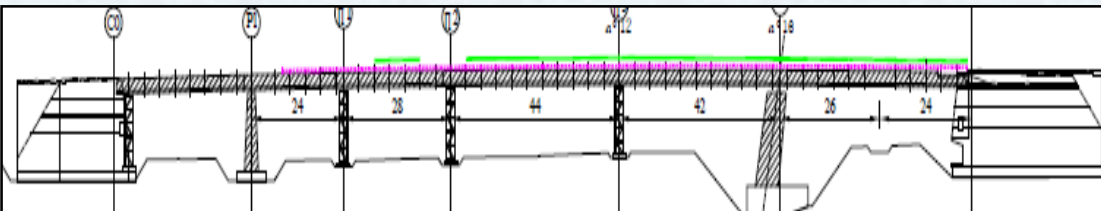
## PHASAGE TRAVAUX:



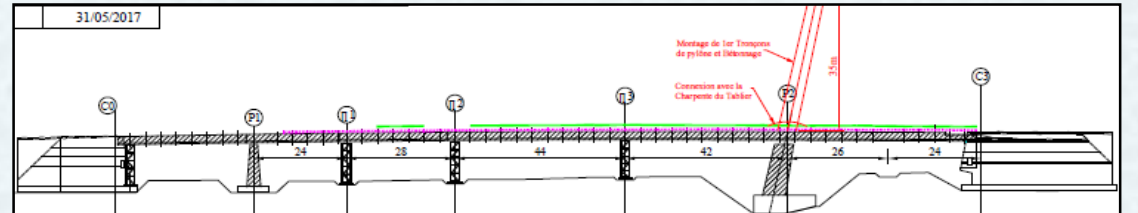
**1-CONSTRUCTION DES APPUIS DÉFINITIFS ET PROVISOIRES**



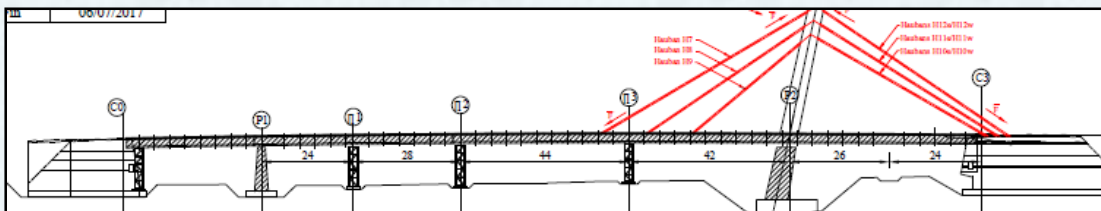
**2-POSE DU CAISSON ET PRÉDALLES**



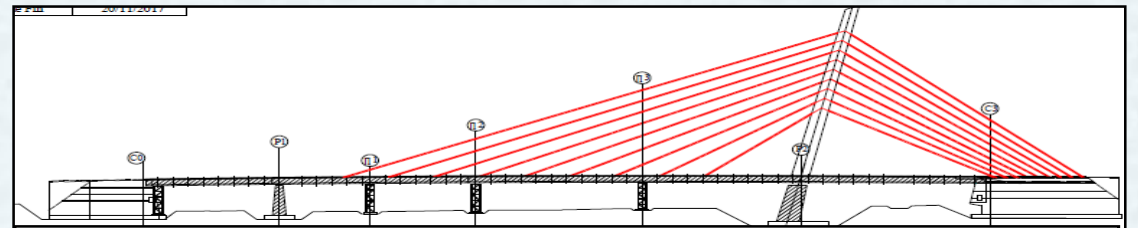
**3-MISE EN PLACE DE L'HOUDIS**



**4-CONSTRUCTION DU PYLÔNE SUR 35 M**



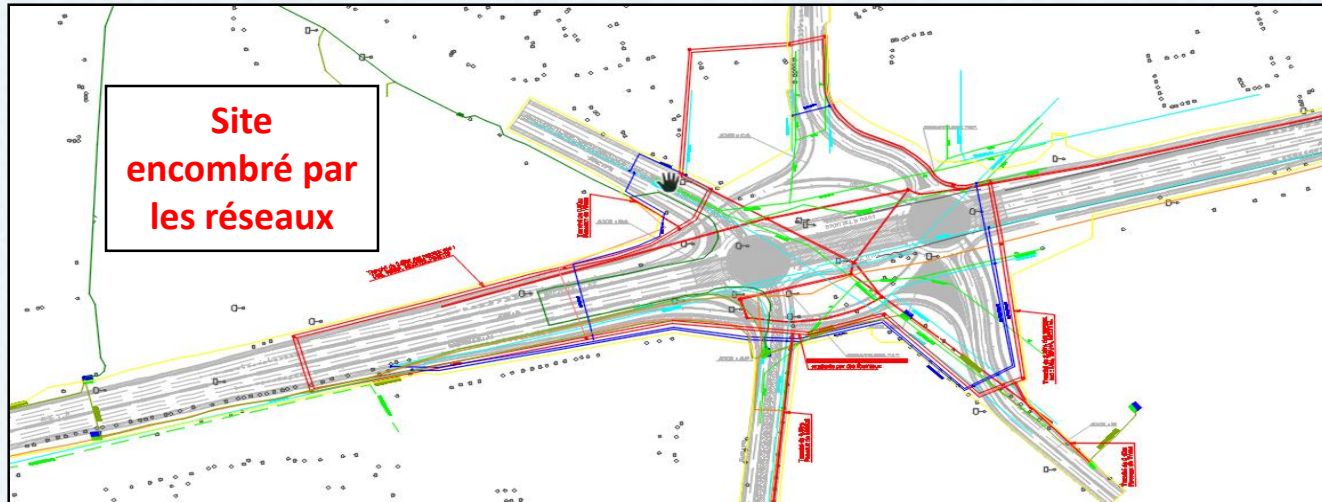
**5-MISE EN PLACE PREMIÈRE NAPPE DES HAUBANS**



**6-ACHÈVEMENT DU PYLÔNE ET DES HAUBANS**

# IV. Organisation du chantier du PàH :

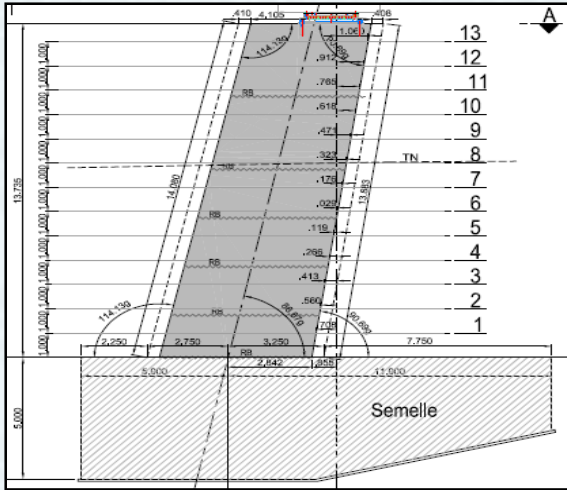
## CONTRAINTES DU SITE:



- Travaux en site urbain avec un trafic important de l'ordre de 17 000 véhicules en heure de pointe
- Site dense en réseaux : panneaux , conduites , arbres, réseaux secs
- Site traversé par le Tram en exploitation : ouvrage provisoire a été construit pour protéger le tram durant le chantier

# V. Contrôle de qualité du PàH:

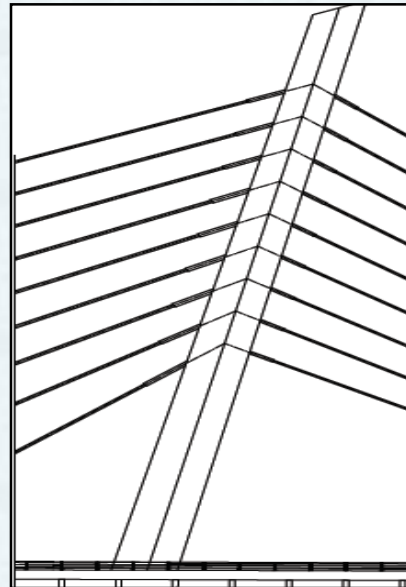
## BÉTONS



Semelle P2 : 16 m\*16 m\*5 m , impliquant :

- bétonnage par levées et usage du CPM pour limiter les effets de la RSI
- usage des cheminées de bétonnage à l'intérieur de la semelle pour vibration du béton

Hauteur pylône : 64 m:  
réalisé en 14 levés entre 4 et  
5 m, avec coffrage grimpant



Coffrage  
matricé

Coffrage matricé : augmenter l'enrobage à 9,5cm

# V. Contrôle de qualité du PàH:

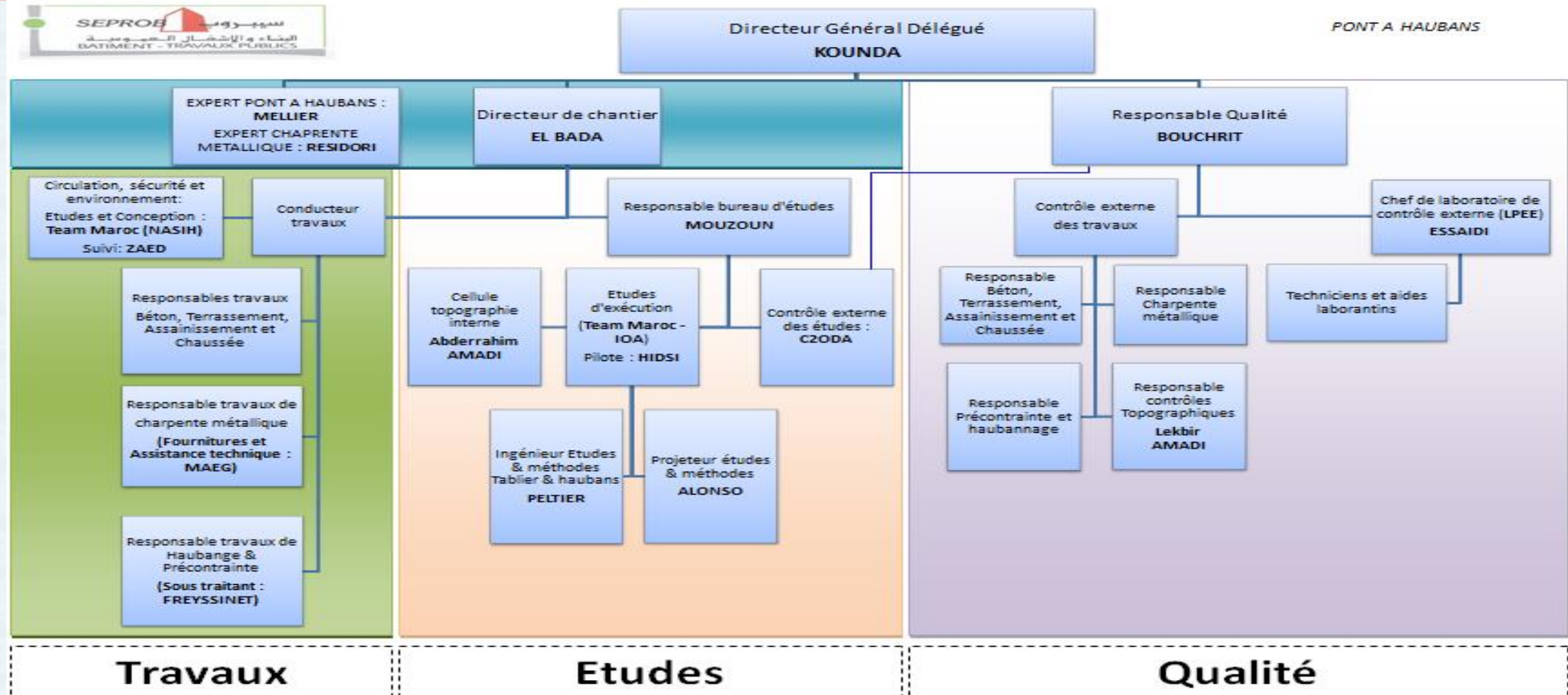
## CHARPENTE MÉTALLIQUE

### ➤ Processus:

- Examen certificat matière des coulés ,
- Traçabilité de l'interface : coulé , plaque , partie ouvrage
- Contrôle de soudage en usine ,
- Choix du Procédé de soudage sur chantier ,
- DMOS : écartement des joints , température de préchauffage , gaz de protection, intensité de courant , matière d'apport...
- QMOS : essais laboratoire de qualification du procédé ,
- Certificat de qualification des soudeurs
- Contrôle des soudures : essais laboratoires : ultra son , magnéto, visuel , ressuage , suivant la pénétration de la soudure.

# VI. Travaux de construction du PàH:

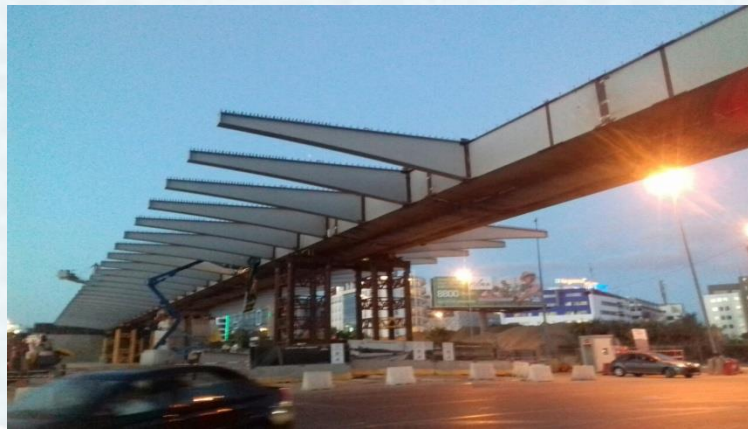
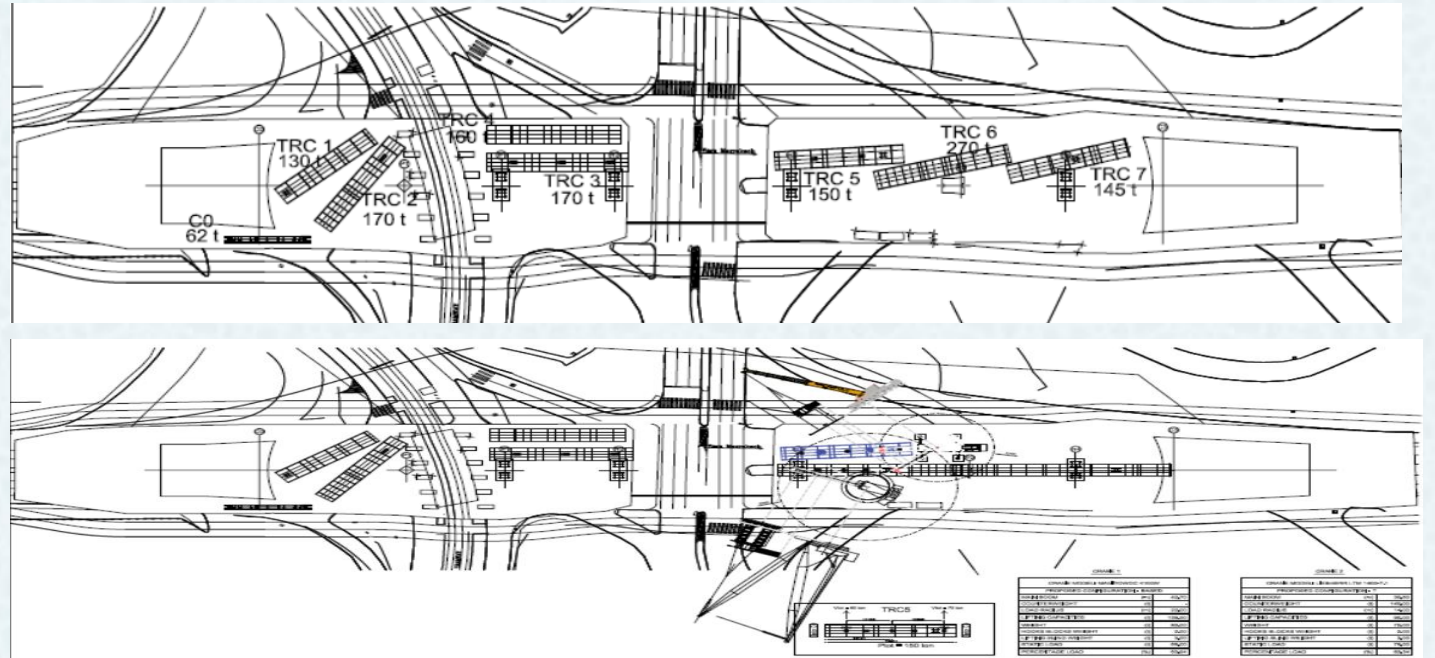
## ORGANISATION DE L'ENTREPRISE:



# VI. Travaux de construction du PàH:

## POINTS SPÉCIFIQUES: CHARPENTE MÉTALLIQUE:

- APPROVISIONNEMENT,
- DÉCOUPAGE,
- ASSEMBLAGE,
- MISE EN PLACE.



# VI. Travaux de construction du PàH:

## POINTS SPÉCIFIQUES: PRÉDALLES:

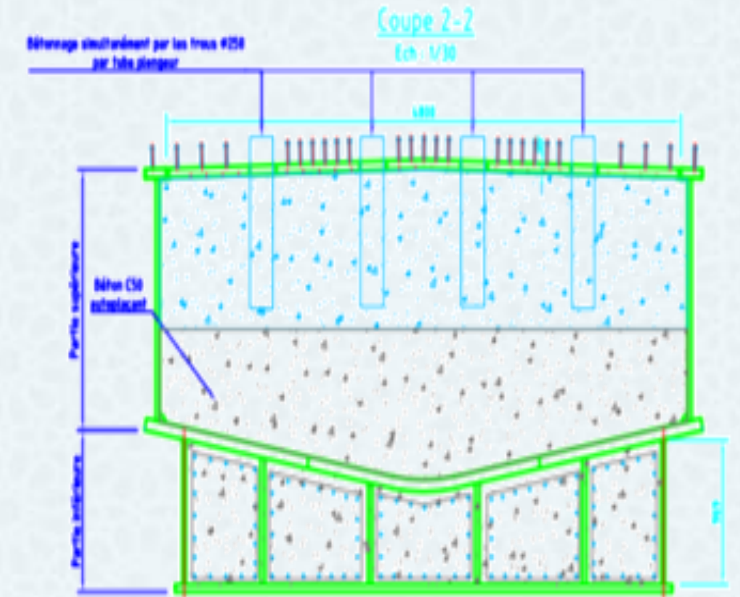
- Préfabrication et mise en place des prédalles,
- Phasage prédéterminé d'exécution de l'hourdis,
- Entre consoles les aciers inférieurs des prédalles reprennent la flexion locale et générale.
- Sur consoles la flexion locale engendre de la compression en fibre inférieure, il n'y a donc pas lieu d'assurer une continuité par recouvrement sur les aciers en fibre inférieure. Pour assurer la continuité du ferrailage vis-à-vis de la flexion générale, une **tirette** est positionnée au-dessus des prédalles.



# VI. Travaux de construction du PàH:

## POINTS SPÉCIFIQUES: NŒUD

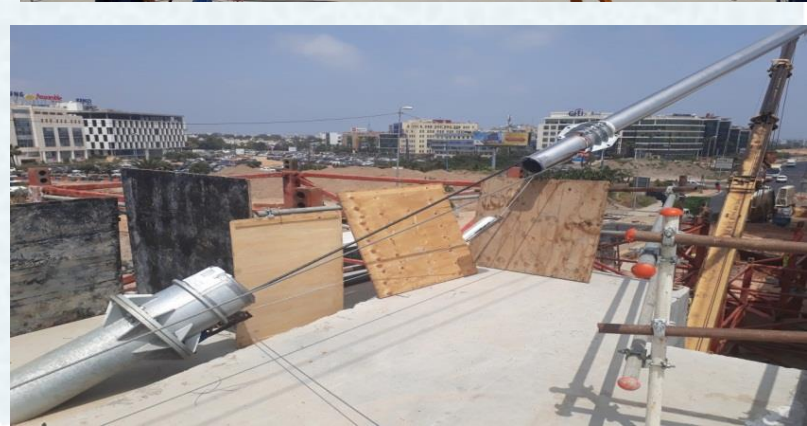
- Jonction tablier-pylône: point névralgique de la structure.
- Ferrailage très dense
- Défis:
  - Assurer le bon remplissage du caisson métallique du nœud en béton armé,
  - Lever et poser l'élément dans son emplacement final.



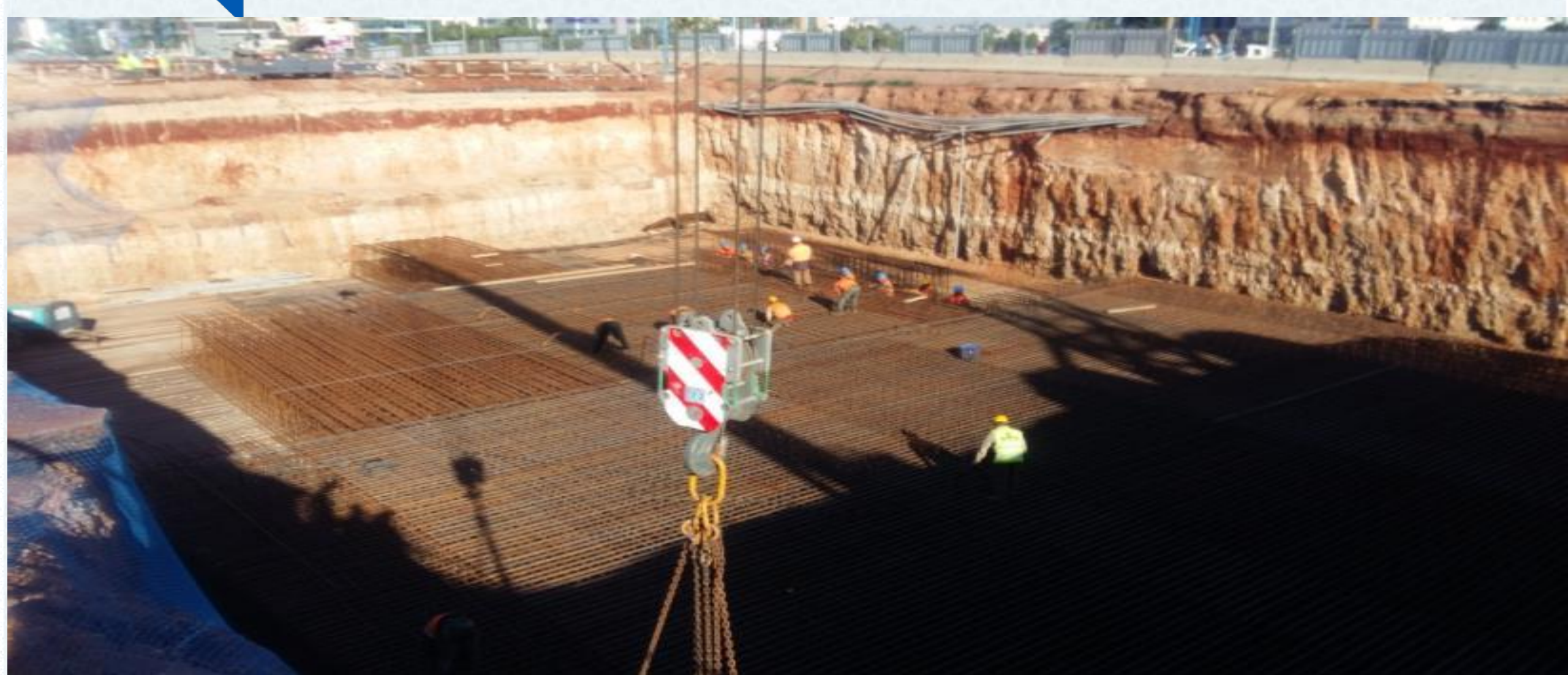
# VI. Travaux de construction du PàH:

## POINTS SPÉCIFIQUES: HAUBANAGE

- Les haubans sont installés au fur et à mesure du montage du pylône,
- Nivellement de la structure et adaptation de la tension des haubans,
- Gaines inox lourdes et rigides => câbles blondins:
  - Mise en tension des Blondin entre les ancrages hauts et bas,
  - Les gaines sont reliées aux poulies de levage placés sur les blondins , via des câbles , sur plusieurs points d'attache
  - Les poulies sont actionnés et la gaine est levée pour être placée dans l'ancrage haut
  - le master (toron de référence) est enfilé , tendu pour supporter le poids de la gaine, ensuite , le blondin est détendu
  - Après , est entamé l'opération d'enfilage et mise en tension du reste des torons de l'hauban.
- 2 Phases de mise en tension:
  - Stabiliser le pylône incliné, et compenser ses déformations,
  - Appliquer le reliquat des efforts prévus sur les haubans,



# Reportage photographique



# Reportage photographique



# Reportage photographique



# Reportage photographique



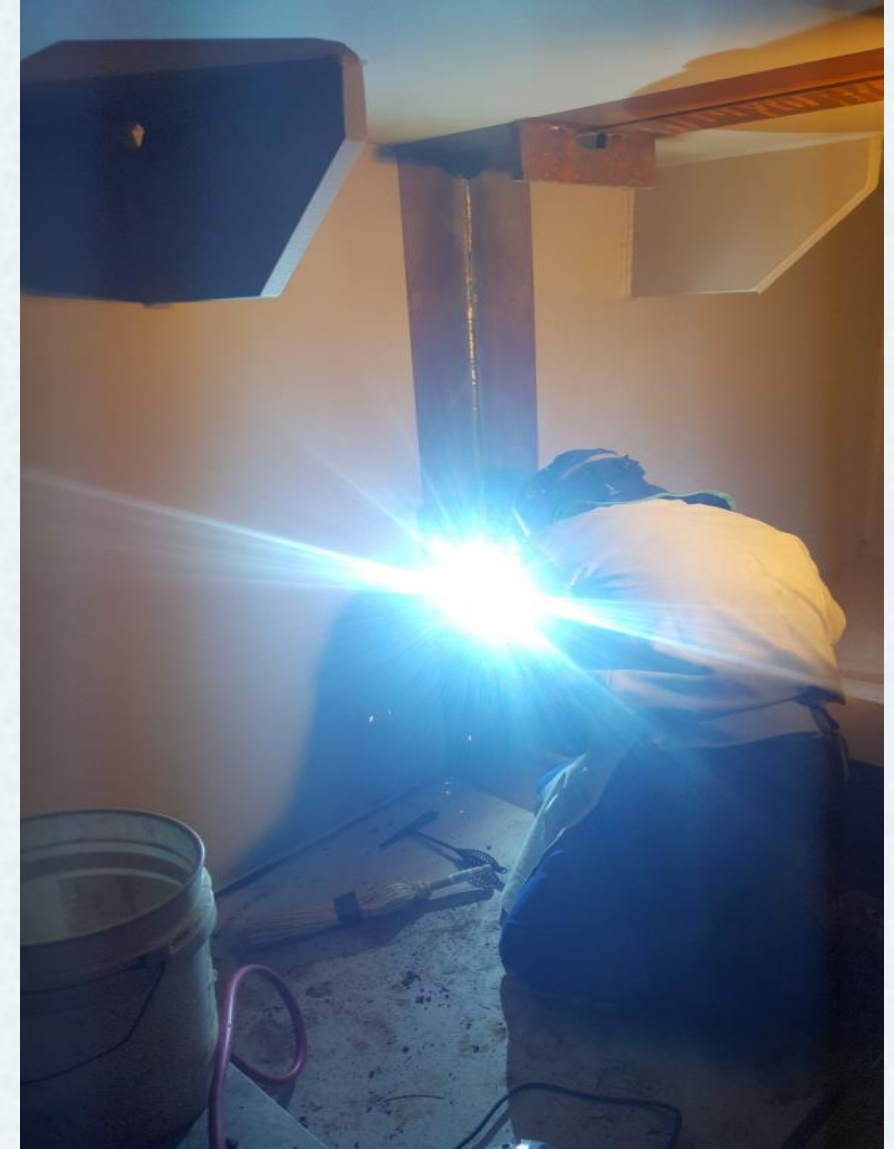
# Reportage photographique



# Reportage photographique



# Reportage photographique



# Reportage photographique



# Reportage photographique



# Reportage photographique



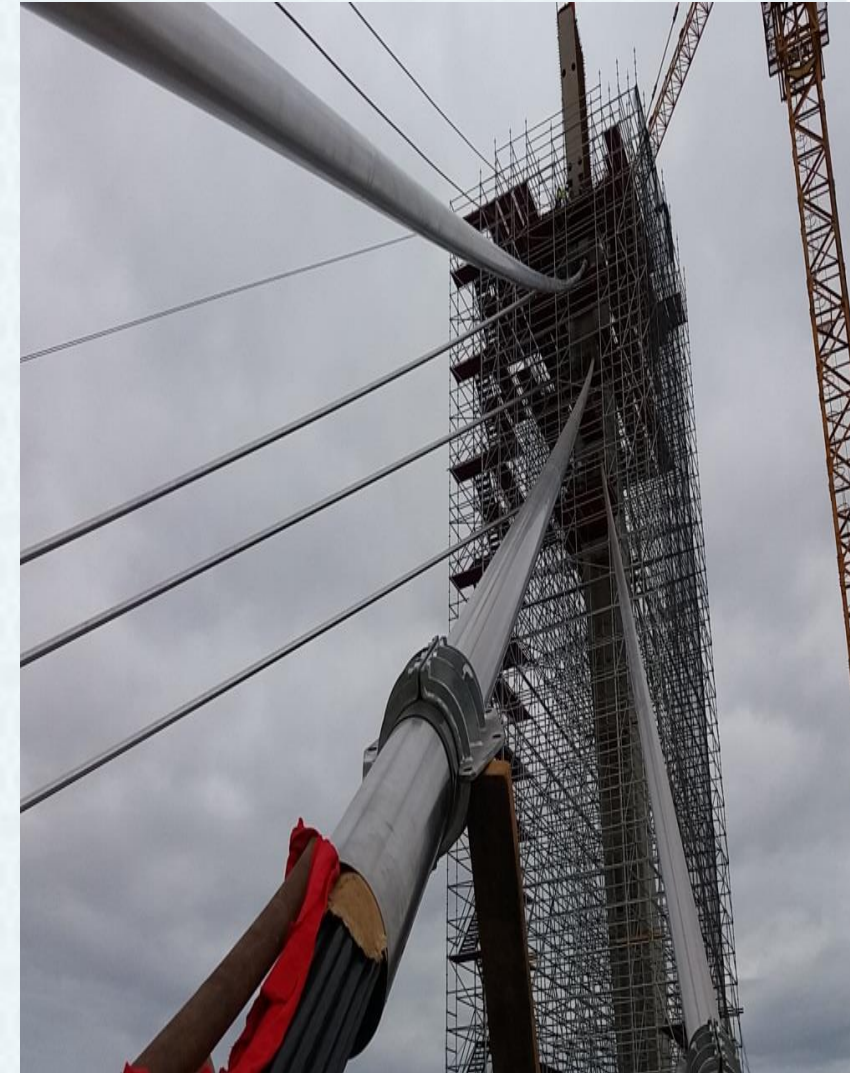
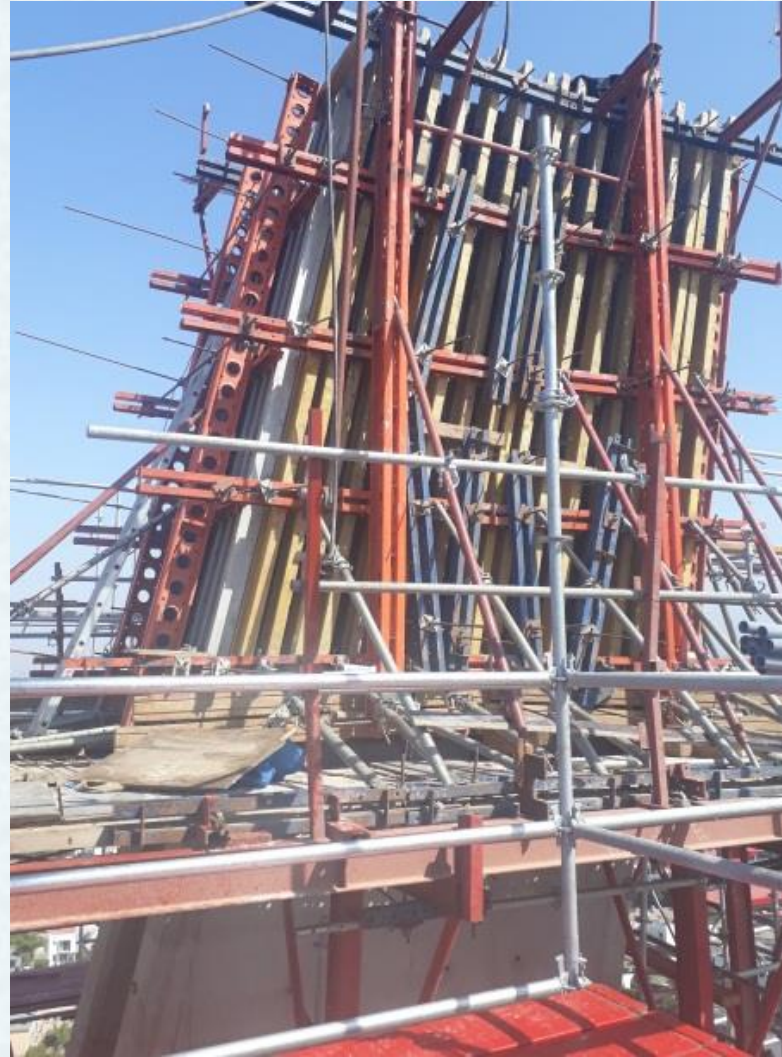
# Reportage photographique



# Reportage photographique



# Reportage photographique



# Reportage photographique





MERCI POUR VOTRE ATTENTION