

## **PROBLÉMATIQUE DE LA JONCTION ACIER - CAS DE LA REHAUSSE DE LA CHARPENTE ET COUVERTURE AINSI QUE LA POSE POUTRE DE MANUTENTION AU NIVEAU DES COLONNES DE CONVERSION A LA BRALIMA LUBUMBASHI -**

**Par**

**Baron KYONI MIKOMBE**

*Assistant à l'Institut de Bâtiment et des Travaux Publics de Matadi*

### **INTRODUCTION**

Pendant les travaux de réparation ou remplacement des machines au niveau des colonnes des conversions, la Bralima Lubumbashi procédait de la manière suivante :

- Dépose de la couverture au niveau des colonnes des conversions ;
- Enlever la machine à l'aide d'une grue ;
- Réparation de la machine ;
- Remise en place de la machine à l'aide de la grue ;
- Reprise de la couverture.

Cette manière de travailler avait beaucoup d'inconvénients :

- L'intervention dans la période pluvieuse avait beaucoup de risque ;
- Il faudra la présence d'une grue pendant le temps d'intervention pourtant la Bralima Lubumbashi ne possède pas des camions grues.

Pour résoudre ce problème, la Bralima Lubumbashi a jugé bon de faire une rehausse de la charpente et couverture au niveau des colonnes des conversions d'une hauteur de 1,50 m et poser les poutres des manutentions et leurs supports en profil en IPE 200.

La nouvelle structure de rehausse se fixera sur la charpente métallique existante, prendra deux fermes consécutifs et sur une longueur de 10 m.

## I. HISTORIQUE DE LA BRALIMA

Après la première guerre mondiale, des hommes d'affaires belges sont venus visiter l'actuelle République démocratique du Congo évaluer les opportunités d'investir dans le pays. Il était entendu que le gouvernement était intéressé par la production de la bière pour la population locale car la bière produite par les habitants eux-mêmes causait de graves problèmes de santé. Une brasserie, qui pourrait brasser une bière de haute qualité, améliorerait la situation actuelle. Les investisseurs ont décidé de créer une brasserie avec le soutien de la «Société Congolaise de Banque». Le 23 octobre 1923, la Brasserie de Léopoldville (Léopoldville est maintenant Kinshasa) a été établie pour 4.000.000 de francs congolais. La première bière est produite le 27 décembre 1926.<sup>1</sup>

## II. CONSTRUCTION MÉTALLIQUE

La construction métallique est un domaine de la construction, mais aussi de la mécanique ou du génie civil qui s'intéresse à la construction d'ouvrages en métal et plus particulièrement en acier. Les différentes pièces de ces constructions sont unies par un système d'assemblage.



*Les aciers couramment utilisés en construction métallique*

---

<sup>1</sup> Brasserie Bralima - Wikipédia (wiki2.wiki)

## II.1 Définition<sup>2</sup>

Un acier est un alliage métallique constitué principalement de fer et de carbone (dans des proportions comprises entre 0,02 % et 2 % en masse pour le carbone).

C'est essentiellement la teneur en carbone qui confère à l'alliage les propriétés de l'acier. Il existe d'autres alliages à base de fer qui ne sont pas des aciers, comme les fontes et les ferroalliages.

## II.2 Désignation des aciers de construction normalisés

Il s'agit des aciers de construction désignés à partir de leur utilisation et de leurs caractéristiques mécaniques ou physiques.<sup>3</sup>

Désignation symbolique	Désignation numérique	Désignation nationale antérieure	R (MPa)	Re (MPa)
S185	10035	A33	370	160
S235	10037	E24	420	225
S275	10044	E28	450	260
S355	10045	E36	520	340
E295	10050	A50	500	275
E335	10060	A60	600	330
E360	10070	A70	730	360

R(MPa) : Résistance à la rupture en MPa

Re(MPa) : Limite apparente d'élasticité en MPa

## III. LES ASSEMBLAGES<sup>4</sup>

Il existe plusieurs modes d'assemblages fondamentales utilisés dans la construction métallique, dont les principaux modes sont :

- Le Boulonnage ;
- Le Rivetage ;
- Le soudage ;
- Le collage.

Il faut noter que parmi les plusieurs avantages de la construction métallique est que la majorité des éléments sont assemblés par boulonnage. Ainsi cet avantage permet d'usiner presque tous les éléments d'une structure dans

<sup>2</sup> Claude Hazard, Frédy Lelong, Bruno Quinzain, *Mémotech Structures Métalliques*, 2004, p.15.

<sup>3</sup> Ibidem, p.21.

<sup>4</sup> Ziad Soulaïman, *Conception d'un hangar en charpente métallique*, Octobre 2015, p.42.

l'atelier avant de les transporter sur site et de les assembler. Au sujet des assemblages, on va faire le calcul des connections boulonnés et soudés.

### III.1 Les boulonnages<sup>5</sup>

Les caractéristiques des différents types d'aciers utilisés pour les boulons présentent les valeurs de la limite d'élasticité et de la résistance à la traction des quatre classes de qualité d'acier utilisées pour les boulons

Boulons	Classe de Qualité	$f_{yb} (N / mm^2)$	$f_{ub} (N / mm^2)$
De Charpente	4,6	240	400
	5,6	300	500
A haute résistance	8,8	640	800
	10,9	900	1000

Ce tableau montre également que l'on distingue deux types de boulons, qui se différencient par leurs caractéristiques mécaniques plus ou moins élevées :

1. Les boulons de charpente métallique ;
2. Les boulons à haute résistance.

Les boulons de charpente métallique s'emploient couramment pour réaliser les assemblages faiblement sollicités des halles et des bâtiments. Les boulons à haute résistance s'utilisent en général pour les assemblages de ponts, ainsi que pour les assemblages fortement sollicités ou soumis à des effets dynamiques. Seuls les boulons à haute résistance peuvent être précontraints.

L'euro code 3 ajoute les classes de qualité 4.8, 5.8 et 6.8 à celles données dans le tableau et utilise la notion de boulon ordinaire à la place de boulon de charpente.

### III.2 Le rivetage<sup>6</sup>

Les rivets ont été le premier moyen d'assemblage utilisé en construction métallique. Actuellement, l'emploi des rivets est limité et on leur préfère, dans la plupart des pays industrialisés, les boulons et la soudure. On les rencontre donc essentiellement dans des structures anciennes, datant du début de ce siècle. Leur diamètre varie généralement de 10 à 28 mm.

<sup>5</sup> Saadi Mohamed, *Structure métallique*, cours inédit, Université Batna 2, p.4.

<sup>6</sup> Ibidem, p.3.

### III.3 La soudure<sup>7</sup>

Le soudage est un procédé, qui permet d'assembler des pièces par liaison intime de la matière, obtenue par fusion ou plastification. Le soudage implique donc :

- L'existence d'une source de chaleur suffisante pour obtenir la fusion du matériau. Elle peut être d'origine électrique (résistance, arc, plasma), chimique (combustion de gaz).
- Une aptitude du matériau à être soudé, appelée soudabilité, la soudabilité à haute température dépend des qualités propres du matériau.

Le soudage présente, par rapport au boulonnage, plusieurs avantages :

- Il assure la continuité de matière, et de ce fait garantit une bonne transmission des sollicitations ;
- Il dispense de pièces secondaire (goussets, attaches,...) ;
- Il est de moindre encombrement et plus esthétique que le boulonnage.

En revanche, il présente divers inconvénients :

- Le métal de base doit être soudable ;
- Le contrôle des soudures est nécessaire ;
- Le contrôle des soudures est aléatoire ;
- Le soudage exige une main-d'œuvre qualifiée et un matériel spécifique.

### III.4 Les assemblages par collages<sup>8</sup>

Les solutions de collage pour le métal sont développées pour garantir des assemblages de très haute résistance mécanique, il s'agit d'un collage dit « structural ». Le collage permet de remplacer ici d'autres méthodes d'assemblage telles que le soudage, vissage, rivetage, en apportant un élément supplémentaire : la compétitivité.

Cette technique d'assemblage permet des gains de productivité significatifs en termes de coûts de production, de poids des pièces assemblées ou encore de temps d'assemblage. Les colles destinées à l'assemblage du métal doivent posséder des propriétés optimisées pour les applications et les contraintes les plus diverses : résistance chimique, résistance thermique jusque +250°C.

---

<sup>7</sup> Saadi Mohamed, *op. cit.*, p.5.

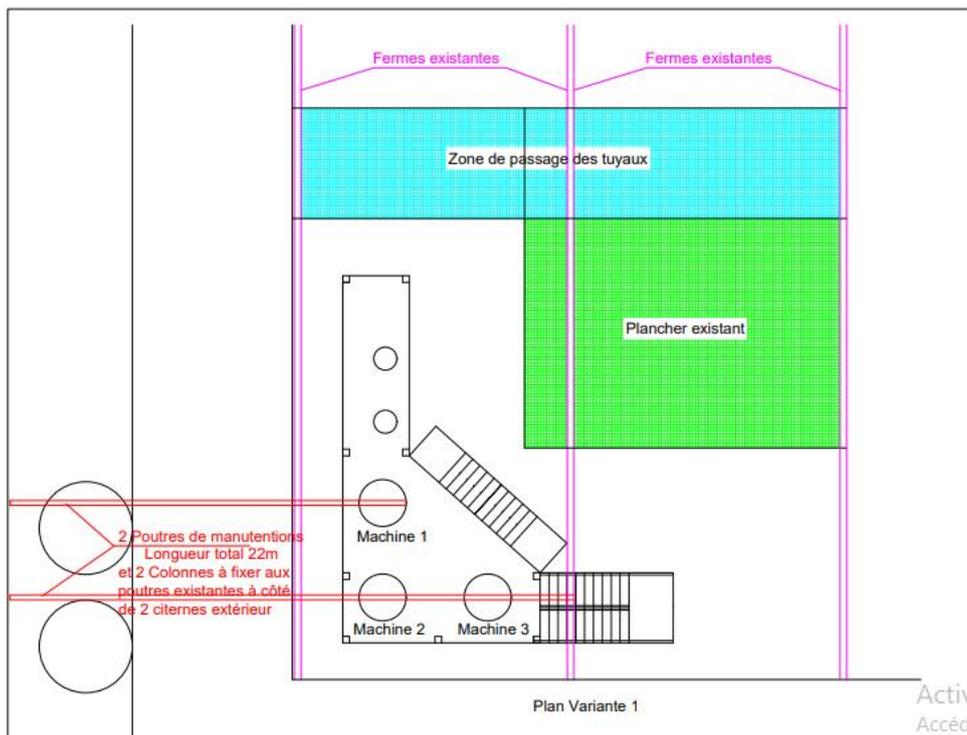
<sup>8</sup> <https://www.supratec-syneco.com/problematiques/coller-des-pieces-metalliques/>

#### IV. CHOIX DE LA VARIANTE

Plusieurs possibilité sont envisagés pour la pose de la poutre de manutention en fonction premièrement de la facilité d'utilisation et deuxièmement du coût de travaux et de la sécurité de personnes en service.

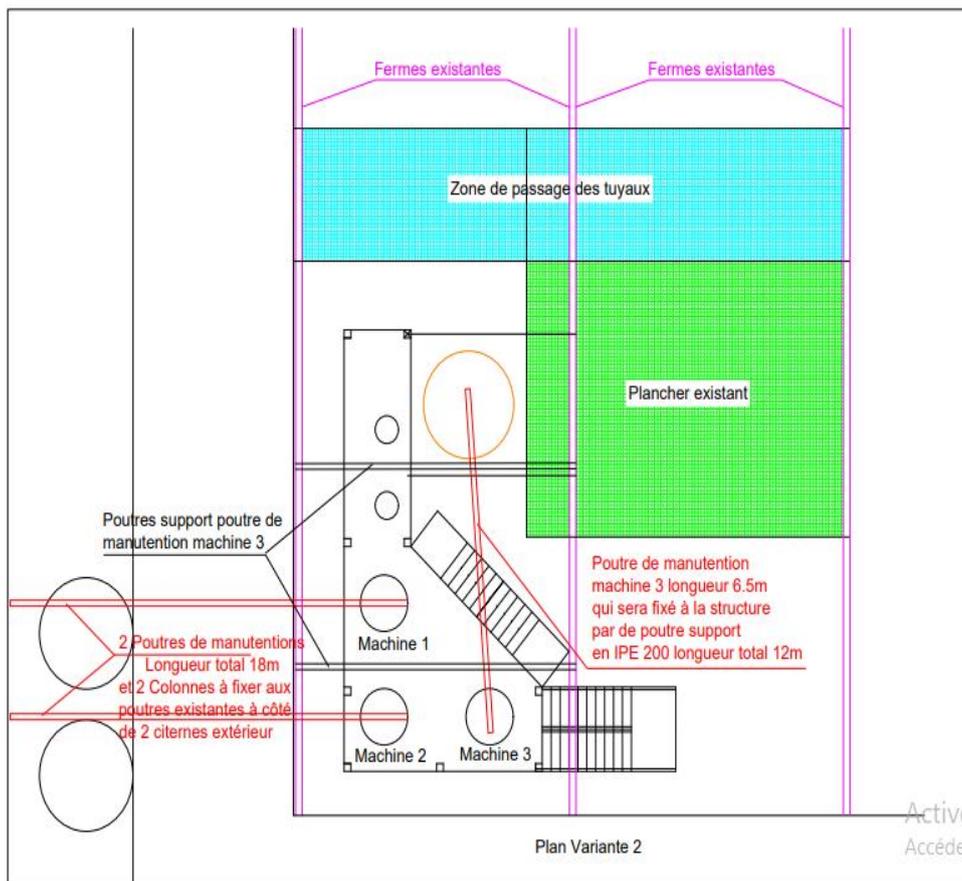
##### 1. Variante 1

- **Avantage :**
  - Les machines sont directement évacuées vers l'extérieur ou il y a une grande place de manutention.
- **Inconvénients :**
  - Difficile à évacuer les machines en période de pluie ;
  - En cas de panne de la machine 3, il faudra nécessairement démonter d'abord la machine 2 pour permettre le passage de la machine 3.
- **Les matériaux de mise en œuvre :**
  - Poutre de manutention : 22 m des poutres en IPE 200 ;
  - Colonne pour fixation de la poutre de manutention à la poutre inférieure du côté extérieur : 2 Longueurs H 200.



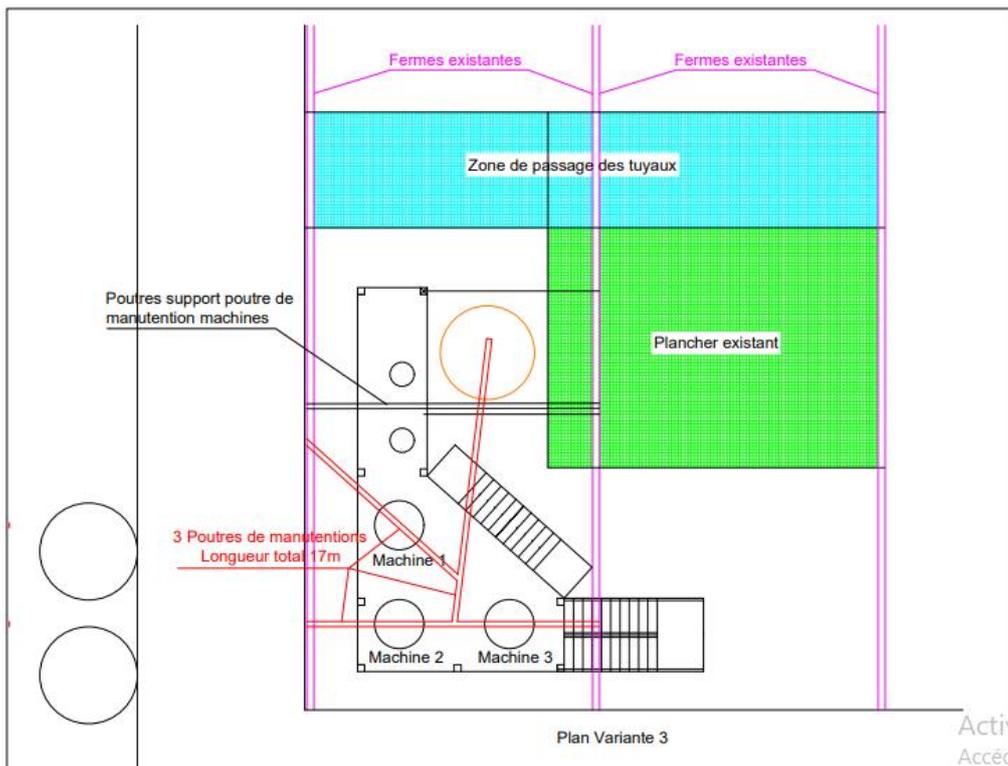
## 2. Variante 2

- **Avantage :**
  - Deux machines sont directement évacuées vers l'extérieur ou il y a une grande place de manutention.
- **Inconvénients :**
  - Difficile à évacuer les machines en période de pluie.
- **Les matériaux de mise en œuvre :**
  - Poutre de manutention : 18 m des poutres en IPE 200 ;
  - Colonne pour fixation de la poutre de manutention à la poutre inférieure du côté extérieure : 2 Longueurs H 200 ;
  - Poutre support, poutre de manutention : 12m.



### 3. Variante 3

- **Avantage :**
  - Toutes machines sont directement évacuées vers l'intérieur.
- **Inconvénients :**
  - Chaque machine sera évacuée avec deux mobilités :
    - Sortie de la machine en place avec première poutre ;
    - Déposer la machine sur le plancher à la jonction des poutres des manutentions ;
    - Et reprise de machine par la deuxième poutre de manutention pour l'évacuation.
- **Les matériaux de mise en œuvre :**
  - Poutre de manutention : 17 m des poutres en IPE 200 ;
  - Poutre support, poutre de manutention : 6 m.



Vu que les deux premières variantes ne permettront pas aux agents de travailler pendant la période de pluie, nous optons pour la variante trois.

## V. DIMENSIONNEMENT DES POUTRES

- **Poutres supports**

- **Chargement**

- ✓ **Charge d'exploitation**

La charge d'exploitation dans ce cas est la charge de la machine à déplacer soit « F » estimé à 500 Kg.

- ✓ **Charge permanente**

La charge permanente est celle d'une poutre en IPE 200 soit « Q » qui vaut 22,4 Kg/m.

- **Pondération des charges**

Selon les normes CM 66, la charge d'exploitation sera pondérée de 50% et la poids mort ou la surcharge permanente pondérée de 35%.

- ✓ **Charge d'exploitation**

La charge d'exploitation sera pondérée de 50%.

$$F = 500Kg \times 1,5 = 750Kg$$

- ✓ **Charge Permanente**

La charge permanente sera pondérée de 35%.

$$q = 1,35 \times 22,4Kg / m = 30,24Kgm$$

- **Schéma statique**

- **Dimensionnement**

- ✓ **Calcul des efforts internes<sup>9</sup>**

$$M_A = \frac{Fl}{8} + \frac{ql^2}{12}$$

$$\Rightarrow M_A = \frac{750Kg \times 6m}{8} + \frac{30,24Kg / m \times (6m)^2}{12} = 653,22Kgm$$

$$Y_A = \frac{F}{2} + \frac{ql}{2}$$

$$\Rightarrow Y_A = \frac{750Kg}{2} + \frac{30,24Kg / m \times 6m}{2} = 465,72Kg$$

---

<sup>9</sup> Claude Hazard, Frédy Lelong, Bruno Quinzain, *op. cit.*, p.329.

✓ **Vérification de la poutre support**

$$\sigma = \frac{M_A}{W} + \frac{Y_A}{S}$$

Avec :

$M_A$  = Moment fléchissant dans un appui

$Y_A$  = Effort tranchant dans un appui

$W$  = Module d'inertie du profilé

$S$  = La section transversale du profilé

$$\sigma = \frac{65322Kgcm}{194,3cm^3} + \frac{465,72Kg}{23,9cm^2}$$

$$\sigma = 355,69Kg/cm^2 < 2400Kg/cm^2 \text{ OK}$$

✓ **Vérification de la flèche**

La doit satisfaire la condition :

$$\frac{f}{L} < \frac{1}{200} \Rightarrow f < \frac{L}{200} \quad (10)$$

Dans ce cas, comme nous avons une combinaison de chargement, nous allons faire soit le chargement concentré, soit le chargement uniformément réparti. Nous allons transformer la charge uniformément répartie en une charge puis faire la somme pour avoir une résultante qui nous permettra de calculer la flèche.

- Flèche de la poutre avec charge concentrée  $f_{Calculée}$

$$f_{Calculée} = \frac{(F + Q)l^3}{192EI_x} \quad (11)$$

$E = 21000Kg/mm^2$  Module de Young

$I_x = 1943,2cm^4$  Module d'inertie pour un IPE 200

<sup>10</sup> Ziad Soulaïman, conception d'un hangar en charpente métallique, Octobre 2015, p. 12.

<sup>11</sup> Claude Hazard, Frédy Lelong, Bruno Quinzain, *op. cit.*, p.329.

$$f_{\text{Calculée}} = \frac{931,44\text{Kg} \times (6000\text{mm})^3}{192 \times 21000\text{Kg} / \text{mm}^2 \times 1943,2 \times 10^4}$$

$$f_{\text{Calculée}} = 2,57\text{mm} < f = \frac{6000\text{mm}}{200} = 3,00\text{mm} \quad \text{Ok}$$

▪ **Poutres de manutention**

○ **Chargement**

✓ **Charge d'exploitation**

La charge d'exploitation dans ce cas est la charge de la machine à déplacer soit « F » estimé à 500 Kg.

✓ **Charge permanente**

La charge permanente est celle d'une poutre en IPE 200 soit « Q » qui vaut 22,4Kg/m.

○ **Pondération des charges**

Selon les normes CM 66 la charge d'exploitation sera pondérée de 50% et le poids mort ou la surcharge permanente pondérée de 35%.

✓ **Charge d'exploitation**

La charge d'exploitation sera pondérée de 50%.

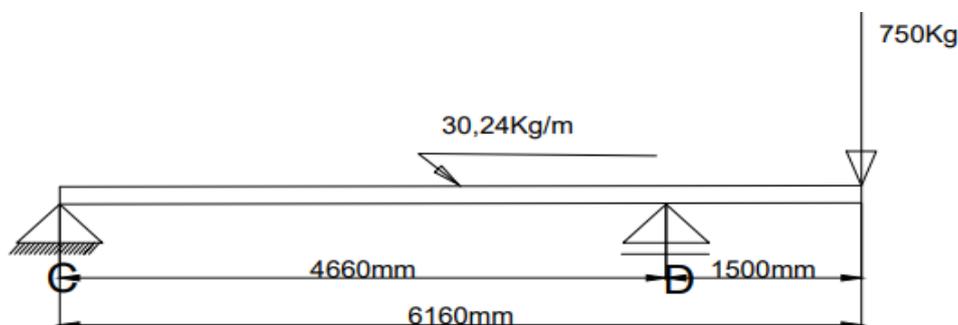
$$F = 500\text{Kg} \times 1,5 = 750\text{Kg}$$

✓ **Charge Permanente**

La charge permanente sera pondérée de 35%.

$$q = 1,35 \times 22,4\text{Kg} / \text{m} = 30,24\text{Kg/m}$$

○ **Schéma statique**



○ **Dimensionnement**

✓ **Calcul des efforts internes** (Logiciel RDM6)

Les efforts internes trouvés à l'aide du logiciel de calcul RDM 6 sont maximum à l'appui D et vaut :

$$M_{Max} = 1159,02Kgm$$

$$Y_A = 1221,28Kg$$

✓ **Vérification de la poutre de manutention**

$$\sigma = \frac{M_A}{W} + \frac{Y_A}{S}$$

$$\sigma = \frac{115902Kgcm}{194,3cm^3} + \frac{1221,28Kg}{23,9cm^2}$$

$$\sigma = 647,61Kg / cm^2 < 2400Kg / cm^2 \quad OK$$

Nous adoptons les poutres de manutentions et les poutres supports pour les profiler en IPE 200 aux caractéristiques ci-dessous :

*Poids (P) : 22,4Kg / m*

*Section (S) : 23,9cm<sup>2</sup>*

*Module d'inertie (W) : 194,3cm<sup>3</sup>* (12)

*Moment d'inertie (I) : 1943,2cm<sup>4</sup>*

## VI. FIXATION À LA CHARPENTE EXISTANTE

Pour la fixation de support poutre de manutention à la charpente existante, nous avons opté comme mode d'assemblage, la soudure, vu le travail devrait se faire en hauteur et par manque d'outillage nécessaire pouvant nous permettre de prendre un autre mode d'assemblage.

---

<sup>12</sup> Catalogue des profilés Arcelor.

## CONCLUSION

La BRALIMA classée parmi les grandes brasseries en République Démocratique du Congo étant une filiale du groupe Heineken international qui est un groupe brassicole d'origine néerlandaise, elle respecte les consignes et principes Heineken international.

Le présent article, se veut être un apport dans le cadre de la construction métallique, le souci majeur ayant été de mettre à la portée de tous ambitieux de la construction métallique, un canevas de vérification de stabilité d'une structure métallique.

Ainsi, dans cet article, nous avons donné en détail la méthodologie et les éléments nécessaires pouvant permettre à la vérification de stabilité d'une structure.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. Catalogue des profilés européen. Arcelor métal.
2. Gagliardini Olivier, *IUP Génie Civil et Infrastructures*, UJF-Grenoble I.
3. Hazard Claude, Frédy Lelong, Bruno Quinzain, *Mémotech Structure Métallique*, Edition Casteilla-25 rue Monge-75005 Paris-1997 mise à jour 2004.
4. Mongi Ben Ouézdou, *Cours d'ouvrages d'art*, Ecole Nationale d'ingénieurs de Tunis.
5. Perchat, J, *Pratique du BAEL 91*, cours avec exercices corrigés, Eyrolles, Quatrième édition.
6. Saadi Mohamed, *Structure métallique*, cours inédit, Université Batna 2.
7. Ziad Soulaïman, *Conception d'un hangar en charpente métallique*, Octobre 2015.