

Partie 1 : présentation de l'effet de levier

Partie 2 : présentation de l'essai de laboratoire

Partie 3 : Analyse des résultats expérimentaux

Conclusions

Annexes :

Annexe 1 : Analyse réglementaire selon l'EC3

Annexe 2 : Etudes numériques sur Robot

## Présentation.

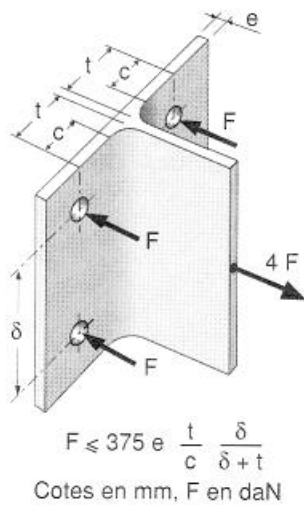


Figure1

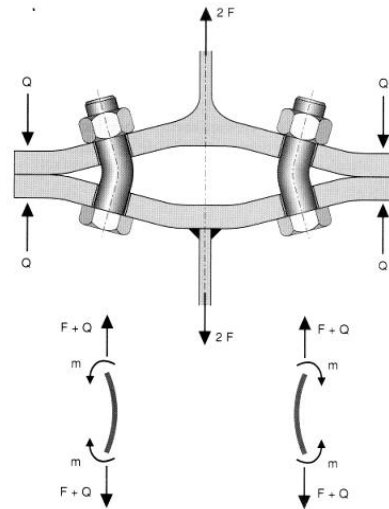


Figure2

*(extrait de Formulaire de la Construction Métallique P Maitre ed. Le Moniteur)*

## Modélisation

171 essais ont été effectués au C.E.B.T.P. de 1955 à 1961, sur des assemblages du type de celui des figures 1 et 2. On a pu alors constater qu'à partir d'une certaine valeur des déformations, la platine exerce sur les boulons un effet de levier qui fait croître l'effort normal auquel ils sont soumis, plus vite que l'effort exercé sur l'assemblage. Tous les essais ont permis de constater que cette valeur était au moins égale à :

$$3750 e \left( \frac{t}{c} \frac{\delta}{\delta + t} \right) \text{ en Newtons}$$

C'est la valeur de vérification introduite en 4,03 des règles CM 66.

## Dimensionnement

Pour dimensionner une attache de ce type il faut donc :

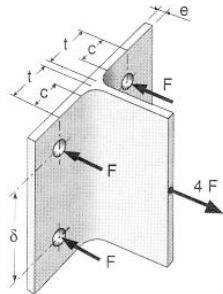
- Vérifier la condition de limitation de l'effort ( CM 66 règle 4.03)
- Vérifier la pièce assemblée en traction ( résistance des âmes)
- Vérifier la résistance des boulons

## Essais sur machine de traction Testa U 20 Tonnes.

### Données géométriques de l'assemblage

 Unités : mm ; mm<sup>2</sup> ; MPa

Profils		4 boulons HM 14 8.8	
2 X ½ HEA 140		diamètre des boulons	14.0
largeur	140.0	diamètre des trous	16.0
épaisseur d'âme	5.5	écartement des files	92.0
épaisseur de semelle	8.5	pas d'implantation	48.0
rayon de congé	12.0	section filetée	115.0
longueur	120.0		
contrainte de limite élastique $\sigma_e$ (Mpa)	235	Contrainte caractéristique $\sigma_{red}$ ( Mpa)	550



t	43.3
c	31.3
delta	48.0
e	8.5

### Calculs prévisionnels – charge de traction maxi. : N

- Limite de traction suivant le CM66 ( effet de levier ) :

$$N = 4 \times \left\{ 3750 e \left( \frac{t}{c} \frac{\delta}{\delta+t} \right) \right\} = 4 \times 23205 = 92820 \text{ N ( 9.3 Tonnes)}$$

- Limite de traction dans l'âme du profil :  $\frac{N}{A} \leq \sigma_e$

$$N = \sigma_e A_{\text{âme}} = 235 \times (120 \times 5.5) = 155100 \text{ N (15.5 Tonnes)}$$

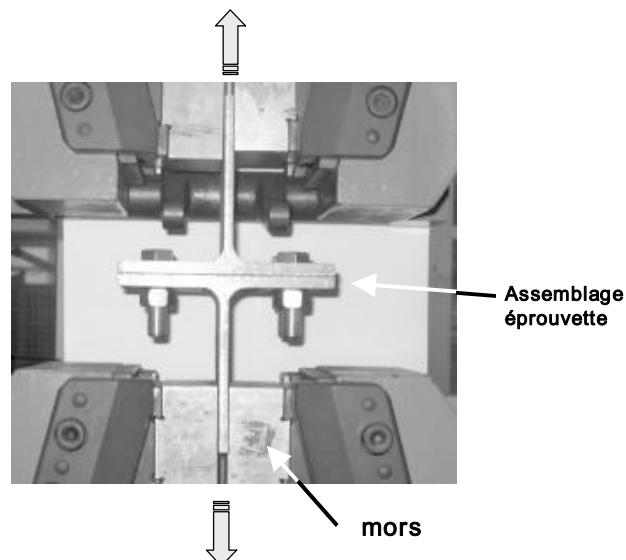
- Limite de traction dans les boulons : *NF P 22-430 Art. 6.3.1*

$$1.25 \frac{N_1}{A_s} \leq \sigma_{red}$$

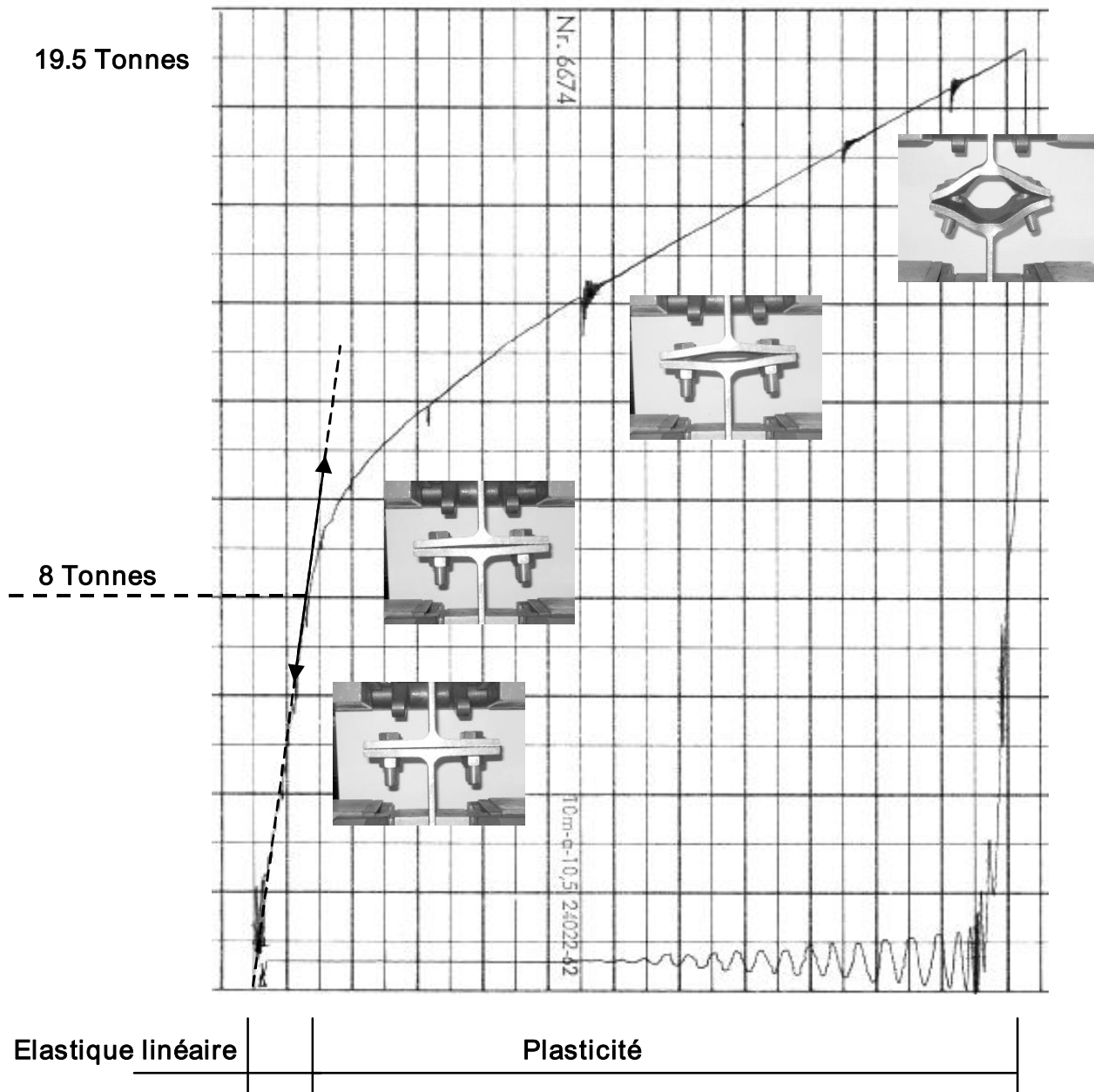
$N_1$  effort par boulon =  $N / 4$   
 $\sigma_{red}$  contrainte caractéristique des boulons  
 $A_s$  aire de la section filetée

$$N = 4 \times (A_s \sigma_e / 1.25) = 4 \times 115 \times 550 / 1.25 = 202400 \text{ N ( 20.2 Tonnes)}$$

### Montage



## Observations / Mesures.



## Conclusion

Le calcul prévisionnel s'avère correct. La séparation des surfaces en contact est devenue sensible aux environs de 8 tonnes. C'est à ce niveau de sollicitation que la ruine de cette attache a débuté par plastification des semelles à la jonction des congés de raccordement.

La grande déformation de l'ensemble, sans rupture, donne une idée de la capacité d'adaptation plastique d'un acier de construction.

On peut constater la bonne ténacité des boulons qui en dépit d'une grande déformation de flexion sous traction, n'ont pas rompus.

## Annexe 1

### II/ Calcul aux Eurocodes 3

#### Modes de ruine d'un tronçon en T

**Mode 1**

Mécanisme complet dans la semelle

4 charnières plastiques

$$M_{pl} = Qn$$

$$M_{pl} = -Q(m+n) + (F_t/2 + Q)m$$

$$F_t = \frac{4 M_{pl}}{m}$$

**Mode 2**

Mécanisme partiel dans la semelle et atteinte de la capacité en traction des boulons

2 charnières plastiques

$$Q = \Sigma B_t/2 - F_t/2$$

$$M_{pl} = -Q(m+n) + \Sigma B_t/2 \times m$$

$$F_t = \frac{2 M_{pl} + n \Sigma B_t}{m+n}$$

**Mode 3**

Atteinte de la capacité en traction des boulons

$$F_t = \Sigma B_t$$

**a**  $l_{eff} = p$

**b**  $l_{eff} = 4m + 1,25e$

**c**  $l_{eff} = 2\pi m$

$0,8r$

$0,8a\sqrt{2}$

**Longueurs efficaces affectables à un rang de boulons en fonction des dispositions géométriques de l'assemblage**

	HEA 140	boulon
h	133.0	d 14.0
b	140.0	dtr 16.0
tw	5.5	écart 92.0
tf	8.5	pas 48.0
r	12.0	As 115.0
L	120.0	sigmared 410.0
delta	48.0	t 43.3
e	8.5	c 31.3

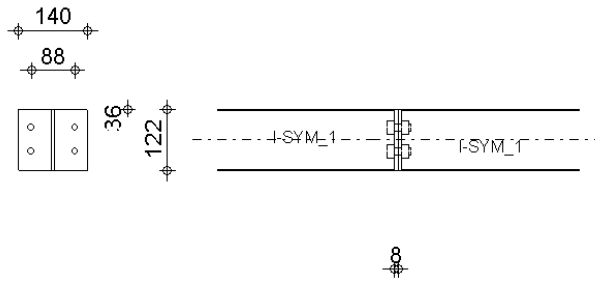
	F en N	total en T
cm66	23205.7	9.3
boulons	37720.0	15.1
traction âme	15510.0	15.5

	Mode 1	
ms	1083.8	
Mpl Nmm	509362.5	Ft (T)
Ft (N)	60548.3	6.1

	Mode 2	Ft (T)
Ft (N)	83979.1	8.4

	Mode 3	Ft (T)
Ft (N)	150880.0	15.1

## Annexe 2 : Etudes numériques. Plastification par effet de levier



## ROBOT - ASSEMBLAGES Calcul de l'Encastrement Poutre-Poutre - NF P 22-430

Unités: mm, kN, kN\*m, MPa, Deg

### DONNEES

	Poutre 1:	Poutre 2:
Barre N°	1	2
Profilé	I-SYM_1	I-SYM_1
	h = 122	h = 122
	b = 6	b = 6
	es = 1	es = 1
	ea = 6	ea = 6
Matériau	ACIER	ACIER
fe	235.00	235.00
Angle	-180.0	-0.0

### BOULONS :

Diamètre	= 14	Classe	= 8.8
Fb	= 50.60		
Nombre	= 2		
Ecartement	= 93	Niveau 1er boulon	= 36
Entraxe	= 50		

Platine :	Epaisseur	= 9	Hauteur	= 122
	Largeur	= 140	Re	= 235.00

Soudures :	Ame	= 7	Semelle	= 7	Raidisseur	= 5
------------	-----	-----	---------	-----	------------	-----

### RESULTATS

### EFFORTS

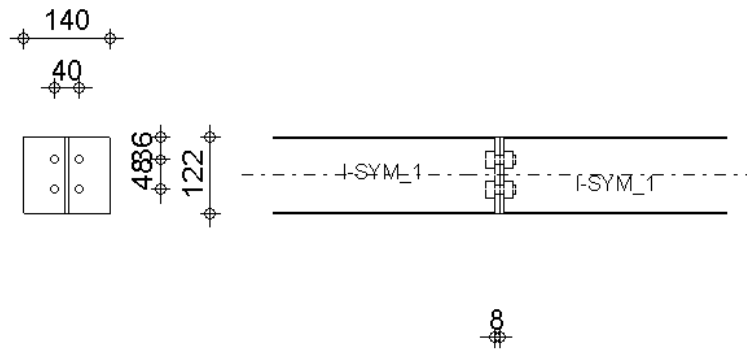
Moment	= 0.00
Effort tranchant	= 0.00
Effort axial	= 95.00

### Efforts par boulon [9.2.2.2.3]

*di* : position du boulon  
*Ft* : effort transféré par la platine de l'élément aboutissant  
*Fa* : effort transféré par l'âme de l'élément aboutissant  
*Fs* : effort transféré par la soudure  
*Fp* : effort transféré par l'aile du porteur  
*Fb* : effort transféré par le boulon  
*Fi* : effort sollicitant réel

Boulon N°	di	Ft	Fa	Fs	Fp	Fb	Fi	%
1	85	67.22	0.00	99.70	67.22	50.60	>= 23.75	100.00
2	35	23.37	35.25	83.09	23.37	50.60	< 23.75 ⊗	100.00

## Ruine par plastification de l'âme



## ROBOT - ASSEMBLAGES

### Calcul de l'Encastrement Poutre-Poutre - NF P 22-430

Unités: mm, kN, kN\*m, MPa, Deg

#### DONNEES

		Poutre 1:	Poutre 2:
Barre N°	:	1	2
Profilé	:	I-SYM_1	I-SYM_1
		h = 122	h = 122
		b = 6	b = 6
		es = 1	es = 1
		ea = 6	ea = 6
Matériau	:	ACIER	ACIER
fe	:	235.00	235.00
Angle	:	-180.0	-0.0

#### BOULONS :

Diamètre	= 14	Classe	= 8.8
Fb	= 50.60		
Nombre	= 2		
Ecartement	= 40	Niveau 1er boulon	= 36
Entraxe	= 48		

#### Platine :

Epaisseur	= 8	Hauteur	= 122
Largeur	= 140	Re	= 235.00

#### Soudures :

Ame	= 5	Semelle	= 5	Raidisseur	= 5
-----	-----	---------	-----	------------	-----

#### RESULTATS

#### EFFORTS

Moment	= 0.00
Effort tranchant	= 0.00
Effort axial	= 140.00

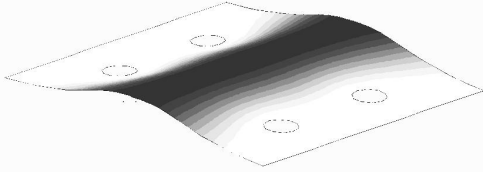
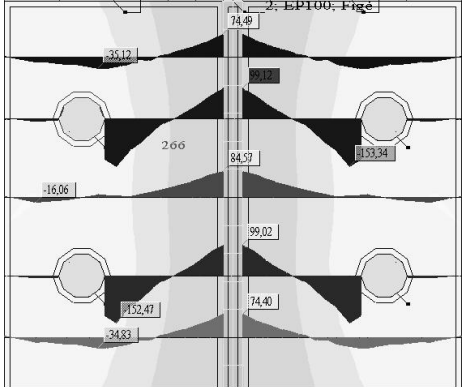
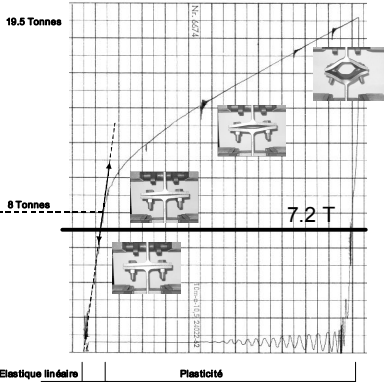
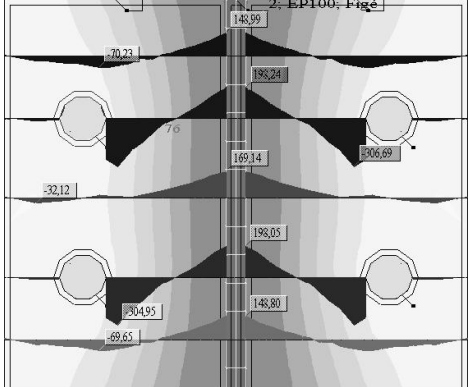
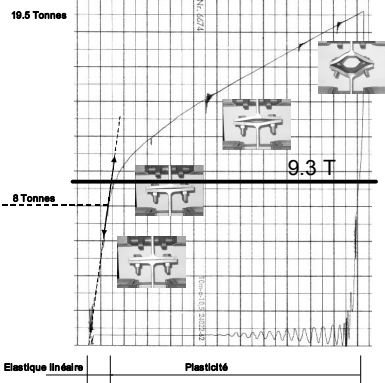
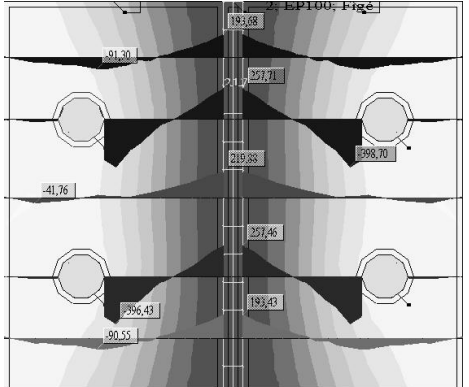
#### Efforts par boulon [9.2.2.2.3]

- di : position du boulon
- Ft : effort transféré par la platine de l'élément aboutissant
- Fa : effort transféré par l'âme de l'élément aboutissant
- Fs : effort transféré par la soudure
- Fp : effort transféré par l'aile du porteur
- Fb : effort transféré par le boulon
- Fi : effort sollicitant réel

Boulon N°	di	Ft	Fa	Fs	Fp	Fb		Fi	%
1	83	69.91	0.00	72.40	69.91	50.60	>=	35.00	100.00
2	35	37.93	33.84	56.97	37.93	50.60	<	35	100.00



## Modèle numérique éléments finis :

Force appliquée	Commentaires	Répartition de contraintes normales
<p><math>F = 3600 \text{ daN}</math></p>	 <p>Allure de la déformation de plaque</p>	
<p><math>F = 7200 \text{ daN}</math></p>		
<p><math>F = 9300 \text{ daN}</math></p>	<p>Les premières zones plastifiées apparaissent au voisinage de l'âme.</p> 	
<p><math>F = 10500 \text{ daN}</math></p>	<p>Une charnière plastique apparaît le long de l'âme</p> 