



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2010

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

SESSION 2010

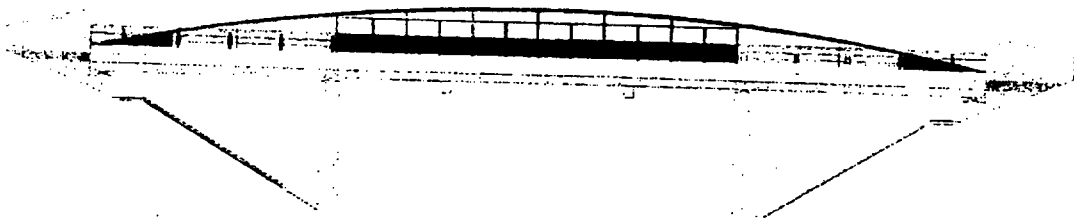
**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
TRAVAUX PUBLICS**

EPREUVE E4

ETUDE DES OUVRAGES

UNITE U 41

MECANIQUE DES STRUCTURES



Durée : 4 heures

Coefficient : 3

Matériel autorisé

Calculatrice (circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999, BO n°42 du 25 novembre 1999)

Aucun document autorisé

TVE4MDS

Composition du sujet :

Ce sujet contient :

- **Un dossier DOCUMENTS TECHNIQUES**

- DT 1 : Vue en plan de l'ouvrage
- DT 2 : Coupes longitudinale et transversale
- DT 3 : Culées
- DT 4 : Piles
- DT 5 : Théorème des 3 moments et Rotations
- DT 6 : Caractéristiques des poutrelles HE
- DT 7 : Vérification moment fléchissant et effort tranchant
- DT 8 : Tableau des intégrales de Mohr
- DT 9 : Rails HALFEN
- DT 10 : Compression simple – Les poteaux

- **Un dossier TRAVAIL DEMANDE :**

Partie	Question	Barème
1	1-1	100 points
	1-2-1	
	1-2-2	
	1-2-3	
	1-2-4	
2	1-2-5	20 points
	2-1	
	2-2	
3	2-3	30 points
	3-1	
4	3-2	50 points
	4-1	
	4-2	
	4-3	
TOTAL		200 points

- **Un dossier DOCUMENT REPONSE**

- DR 1

TVE4MDS

PRESENTATION GENERALE

Dans le cadre de l'amélioration de la liaison Rennes – Brest, la SNCF a décidé la suppression du passage à niveau n°235 situé sur la commune de Meslin .

Le passage à niveau est remplacé par un ouvrage d'art au dessus des voies SNCF.

EXTRAIT DU CCTP :

29.2 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE TERMINE

29.2.1 Généralités

L'ouvrage est défini par le présent CCTP et par l'ensemble des plans qui lui sont joints. Il est toutefois précisé que les niveaux de fondations indiqués sur ces documents n'ont qu'un caractère indicatif et sont fixés définitivement par le maître d'œuvre lors de l'exécution.

Les paragraphes qui suivent présentent les principales caractéristiques de l'ouvrage et certaines de ses particularités.

29.2.2 Culées

Les culées sont des culées remblayées. Elles comportent notamment un sommier, des poteaux et une semelle de fondation.

Les culées sont fondées sur des pieux de 19 m de profondeur.

Pour le profilage des fonds de fouilles, les purges locales éventuelles du sol sont comblées par de la grave non traitée.

Il y a lieu de noter les particularités suivantes pour les culées : perrés des talus, descentes d'eau intégrées.

29.2.3 Piles

La pile est constituée d'un voile unique, de forme rectangulaire, avec un nez arrondi.

La pile est fondée sur des pieux de 19 m de profondeur.

Pour le profilage des fonds de fouilles, les purges locales éventuelles du sol sont comblées par de la grave non traitée.

29.2.4 Tablier de PRAD

Le tablier est constitué de 12 poutres en béton, précontraintes par fils adhérents, de 0,7 m de hauteur et solidarisées par une dalle de couverture de 0,24 m d'épaisseur.

Les poutres sont reliées entre elles par des entretoises d'about.

L'ouvrage comporte 3 travées rendues continues de 11/20/11 mètres de portées droites.

29.2.5 Appareils d'appui

Le tablier repose sur les appuis C0, P1, P2 et C3 par l'intermédiaire d'appareils d'appui en caoutchouc fretté.

Les bossages supérieurs sur appareils d'appui sont fabriqués à l'aide de dalles préfabriquées.

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
TRAVAUX PUBLICS**

EPREUVE E4

ETUDE DES OUVRAGES

UNITE U 41

MECANIQUE DES STRUCTURES

TRAVAIL DEMANDE

Question 1-2-1 :

⇒ Calculer les valeurs des moments sur appuis M_0 et M_2 , respectivement sur les appuis A_0 et A_2 .

Question 1-2-2 :

⇒ En appliquant le théorème des 3 moments, calculer la valeur du moment M_1 sur l'appui A_1 .

Document ressource :

- Document technique DT 5 : Théorème des 3 moments

Question 1-2-3 :

⇒ Calculer les actions de liaison en A_0 , A_1 et A_2 puis compléter le schéma mécanique du document réponse DR 1.

Donnée :

- $M_1 = -19,11$ kN.m

Question 1-2-4 :

⇒ Sur le DR 1, tracer les diagrammes de variation de $V(x)$ et de $M_f(x)$ le long du HEB 180. Préciser toutes les valeurs particulières.

Question 1-2-5 :

⇒ Vérifier la résistance du profilé HEB 180 conformément aux prescriptions du document technique DT 7.

Données :

- $M_{\max} = -40$ kN.m
- $V_{\max} = 100$ kN
- limite d'élasticité de l'acier : $f_y = 235$ MPa
- coefficient de sécurité : $\gamma_{M0} = 1$
- Le profilé HEB 180 est un profilé de classe 1 mais, pour les structures provisoires (étaie / coffrage), il sera calculé comme un profilé de classe 3.

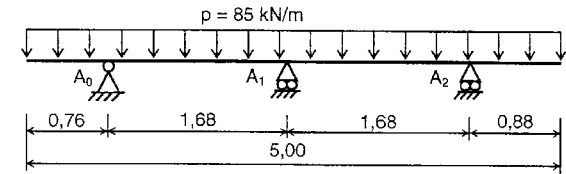
Documents ressources :

- Document technique DT 6 : Caractéristiques des HEB
- Document technique DT 7 : Vérification en flexion simple

PARTIE 2 : Vérification de la flèche d'un HEB 180 de l'étaie

La deuxième partie concerne toujours l'étude du HEB 180 côté Brest de l'étaie au niveau de la Culée C0.

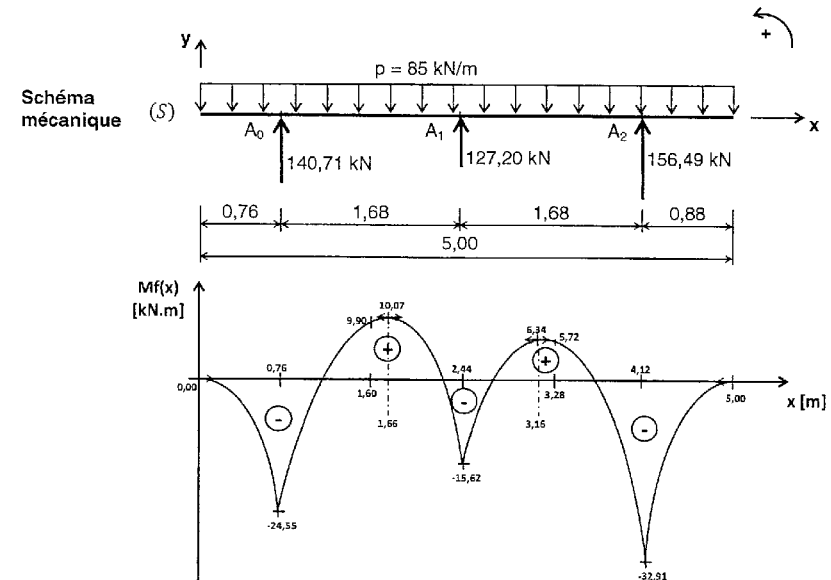
Le schéma mécanique du profilé HEB 180 est donc toujours celui-ci :



avec p la charge pondérée à l'ELS.

Après avoir vérifié la résistance de ce profilé, nous souhaitons vérifier sa flèche au point B.

L'étude mécanique de ce système a fourni les résultats suivants :

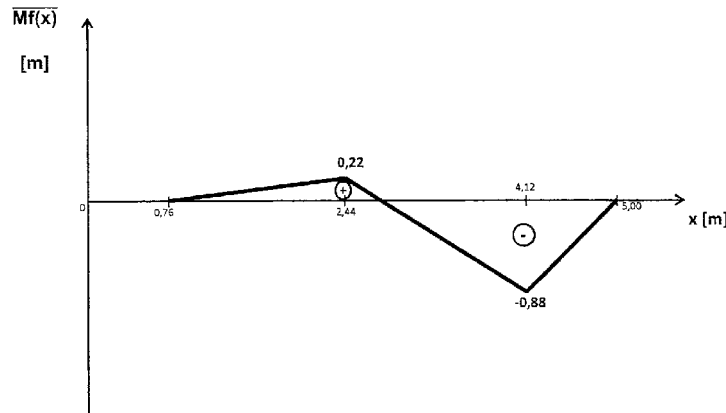
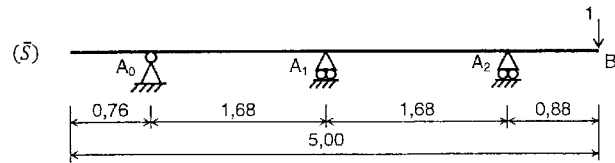


Pour calculer le déplacement vertical du point B, on souhaite appliquer le théorème de Muller-Breslau (ou théorème de Bertrand de Fontviolant ou encore théorème de la charge unité) :

$$\Delta_{V_B} = \int_{structure} \frac{M \times \bar{M}}{EI} dx \quad (1)$$

Avec Δ_{V_B} : Déplacement vertical du point B,
 M : Moment fléchissant dans la structure (S) étudiée,
 \bar{M} : Moment fléchissant dans (\bar{S}), structure initiale (S) soumise uniquement à un facteur sollicitant (force unité = 1) appliqué au point B,
 E : Module d'élasticité longitudinale ou Module d'Young,
 I : Moment quadratique.

Considérons le profilé soumis uniquement à l'action d'une charge unitaire verticale appliquée au point B et le diagramme de variation du moment fléchissant qui en résulte.



Pour le cas que nous étudions, l'intégrale (1) devient :

$$EI\Delta_{V_B} = \int_0^{A_0} M \times \bar{M} dx + \int_{A_0}^{A_1} M \times \bar{M} dx + \int_{A_1}^{A_2} M \times \bar{M} dx + \int_{A_2}^B M \times \bar{M} dx$$

On donne le résultat suivant :

$$\int_0^{A_0} M \times \bar{M} dx + \int_{A_0}^{A_1} M \times \bar{M} dx + \int_{A_1}^{A_2} M \times \bar{M} dx = 5,3 \text{ kN.m}^3$$

Question 2-1 :

A partir des résultats fournis (diagramme de variation du moment fléchissant $Mf(x)$ dans la poutre soumise à la charge uniformément répartie p et $\bar{M}f(x)$ dans la poutre soumise à une charge unitaire) :

⇒ Calculer $\int_{A_2}^B M \times \bar{M} dx$ puis donner l'expression du déplacement vertical du point B en fonction de E et de I .

Document ressource :

- Document technique DT 8 : Tableau des intégrales de Mohr

Question 2-2 :

⇒ Calculer la valeur du déplacement vertical du point B.

Données :

- $\Delta_{V_B} = \frac{0,0117 \text{ MN.m}^3}{EI}$
- $E_{acier} = 210 \text{ 000 MPa}$

Document ressource :

- Document technique DT 6 : Caractéristiques des HEB

Question 2-3 :

Le déplacement vertical du point B est limité à : $\overline{\Delta_{V_B}} = \frac{L_{A_2B}}{300}$.
 (L_{A_2B} = longueur du porte-à-faux A_2B)

⇒ Conclure.

PARTIE 3 : Vérification d'un élément du coffrage de rive

Nous nous intéressons dans cette partie au coffrage de rive du tablier. La solution retenue par l'entreprise est présentée ci-dessous par la figure 3-1.

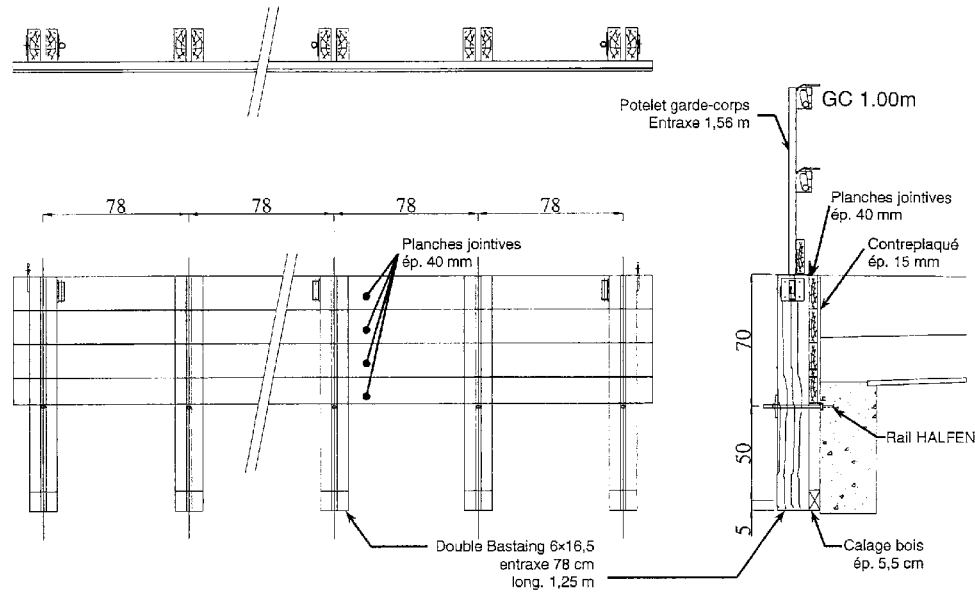


Figure 3-1 : Coffrage de rive du tablier.

L'objectif de cette étude est de choisir le rail HALFEN à mettre en place vis-à-vis de l'effort horizontal à reprendre.

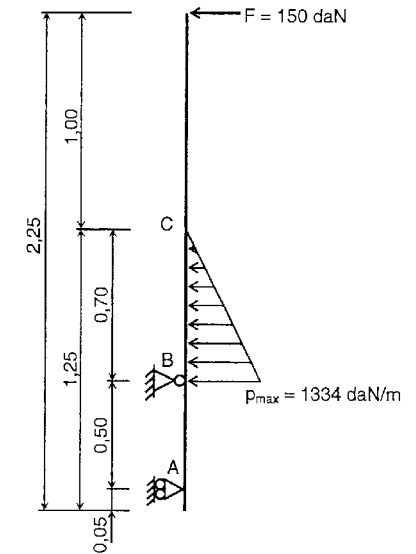
Comme on peut le voir sur la figure 3-1, les efforts horizontaux lors du coulage du tablier sont repris par deux bastaings maintenus sur la poutre de rive par un rail HALFEN (voir document technique DT 9).

On s'intéresse dans cette étude aux bastaings du dispositif de coffrage munis d'un potelet du garde-corps.

Les charges à reprendre sont :

- p : la poussée du béton frais lors du coulage sur une largeur de 0,78 m,
- F : un effort ponctuel horizontal en tête du potelet.

Le schéma mécanique à l'ELU pour l'étude des deux bastaings munis d'un potelet est celui ci-contre.



Question 3-1 :

- ⇒ Calculer les actions de liaison aux points A et B. Faire un schéma mécanique récapitulatif.
- ⇒ En déduire la valeur de l'effort horizontal à reprendre par le rail HALFEN.

Question 3-2 :

- ⇒ Donner la référence du rail HALFEN à mettre en place à partir de la documentation technique fournie.

Document ressource :

- Document technique DT 9 : Gamme des rails insert HALFEN

PARTIE 4 : Armatures d'un poteau de la Culée

Comme on peut le voir sur les plans fournis (DT 3), le chevêtre d'une culée repose sur quatre poteaux rectangulaires de section 1 000 × 600 mm et de hauteur 4,71 m.

On cherche à déterminer la section d'armatures longitudinales d'un poteau de culée.

Données :

- Effort normal centré aux ELU : $N_{ED} = 2 \text{ MN}$
- Longueur de flambement du poteau : $\ell_0 = 4,71 \text{ m}$
- Aire de la section brute transversale de béton : $A_c = b \times h$
- Distance de l'axe des aciers à la paroi la plus proche : $d' = 50 \text{ mm}$
- Enrobage relatif $\delta = \frac{d'}{b}$
- Béton C 30/37 ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$) $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5}$
- Acier B 500 ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$) $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,15}$

Document ressource :

- Document technique DT 10 : Poteaux

Question 4-3 :

- ⇒ Calculer la section d'armatures longitudinales A_s .
- ⇒ Calculer le diamètre des armatures transversales et leur espacement.

Documents ressources :

- Document technique DT 10 : Poteaux
- Tableau des sections pour N barres

Diamètre mm	Poids kg/m	Périmètre cm	Section pour N barres en cm ²									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	0,154	1,57	0,196	0,393	0,589	0,785	0,982	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96
6	0,222	1,88	0,283	0,565	0,848	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
8	0,395	2,51	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,617	3,14	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
12	0,888	3,77	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
14	1,208	4,40	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39
16	1,578	5,03	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11
20	2,466	6,28	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
25	3,853	7,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
32	6,313	10,05	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42
40	9,865	12,57	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,66

Question 4-1 :

- ⇒ Vérifier que les conditions imposées par les articles 10.1 et 10.2 du document technique DT 10 sont bien respectées.

Document ressource :

- Document technique DT 10 : Poteaux

Question 4-2 :

- ⇒ Calculer A_c , f_{cd} et f_{yd} .

Question 4-4 :

- ⇒ Proposer un schéma de ferrailage de la section du poteau.

TVE4MDS

SESSION 2010

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
TRAVAUX PUBLICS**

ÉPREUVE E4

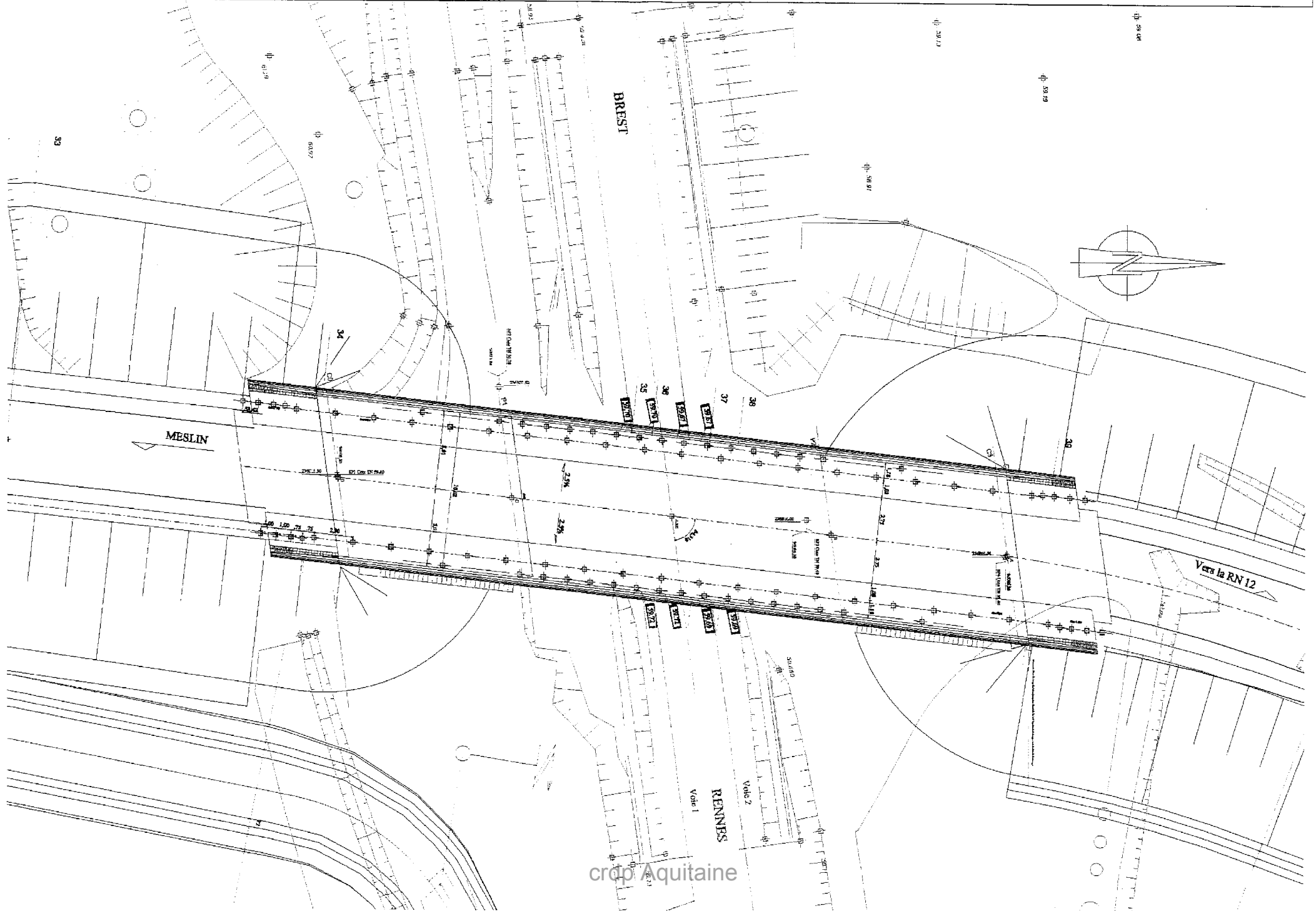
ETUDE DES OUVRAGES

UNITE U 41

MECANIQUE DES STRUCTURES

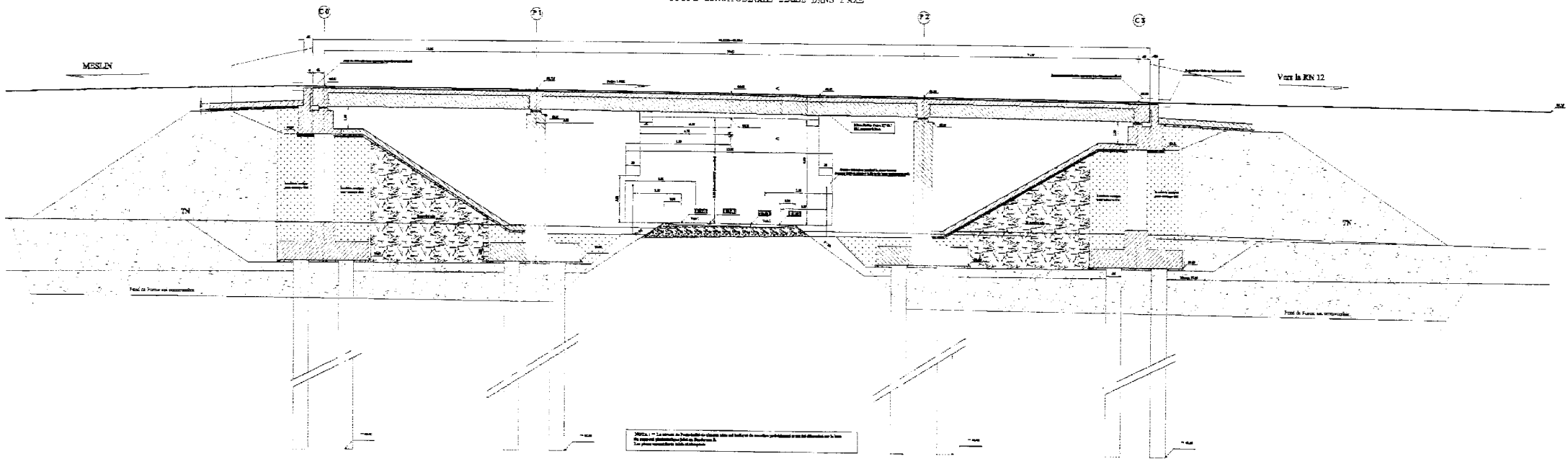
DOCUMENTS TECHNIQUES

DOCUMENT TECHNIQUE DT 1 : VUE EN PLAN DE L'OUVRAGE

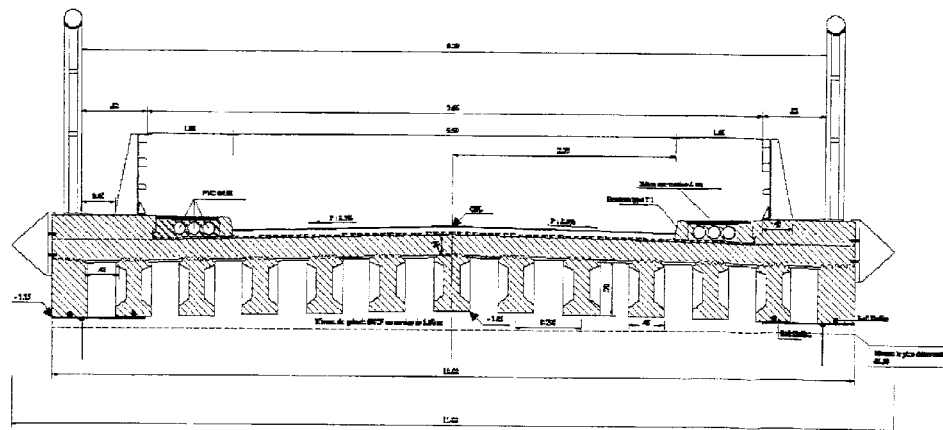


DOCUMENT TECHNIQUE DT 2 : COUPES LONGITUDINALE ET TRANSVERSALE

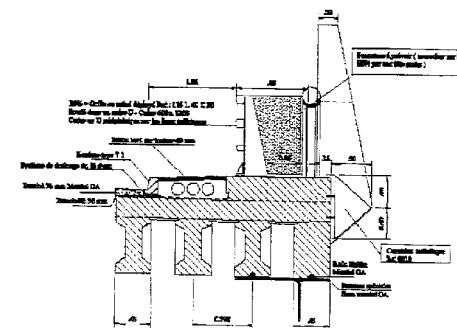
COUPE LONGITUDINALE EGAISE DANS L'AXE

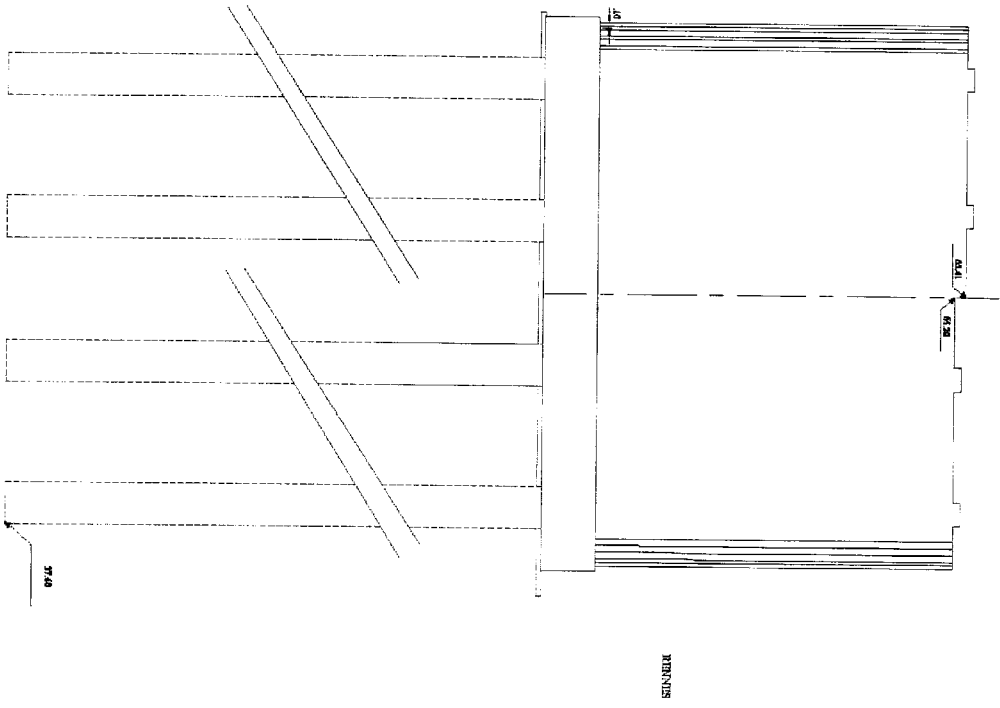
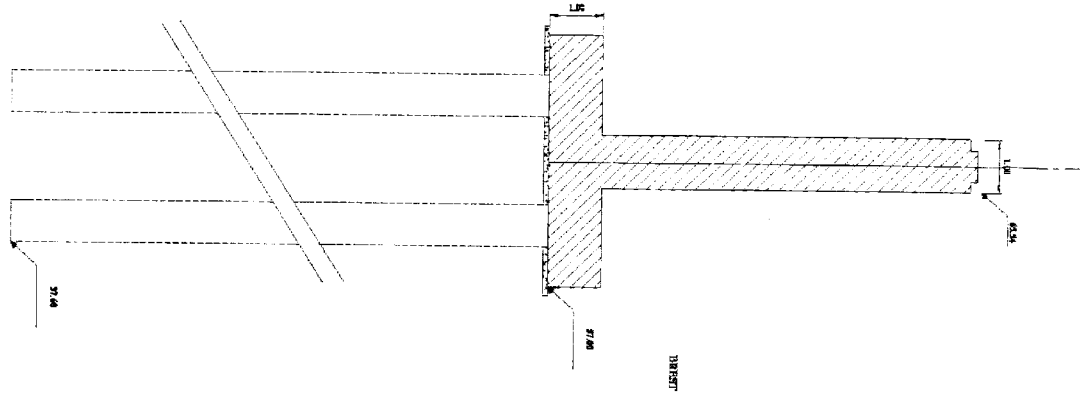


COUPE TRANSVERSALE DROITE A A

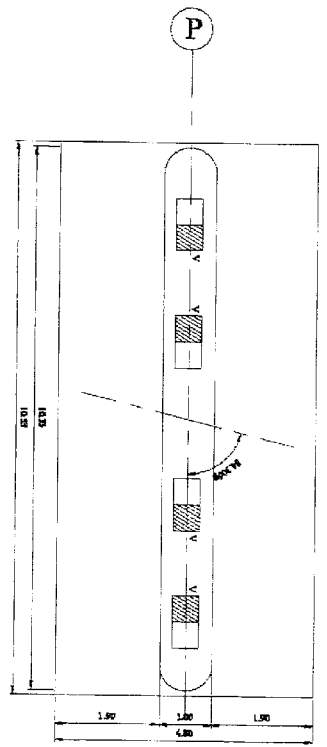


DETAIL TROTTOIR EN ABOUT D'OUVRAGE

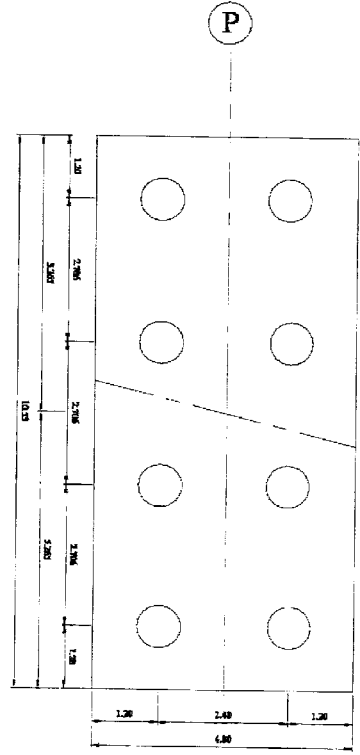




ELEVATION PILE 2 - 3



VUE EN PLAN Pile 1 et 2
Semelles des Piles



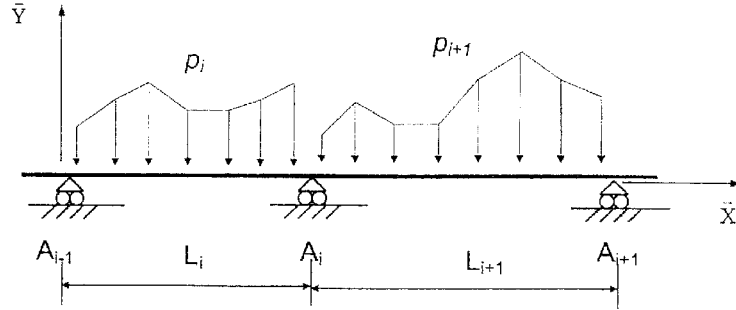
VUE EN PLAN
Position des PIEUX

DOCUMENT TECHNIQUE DT 5

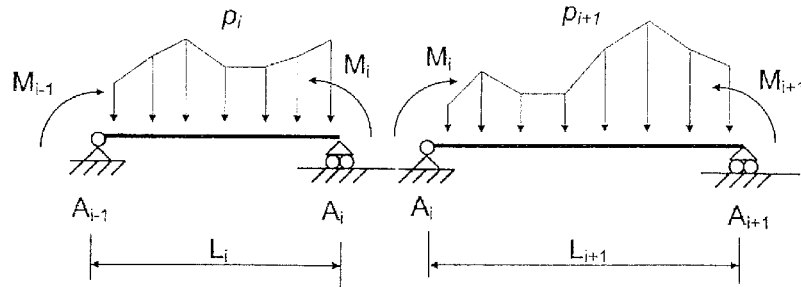
THEOREME DES 3 MOMENTS (FORMULE DE CLAPEYRON)

Hypothèses : $EI = \text{constante}$ sur l'ensemble de la poutre, en l'absence de dénivellations d'appuis.

(S)

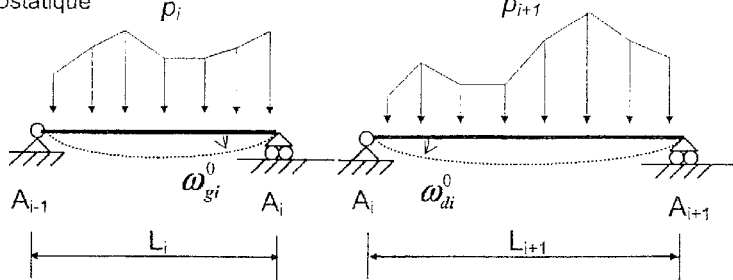


(S)



Systeme isostatique associé

(S⁰)

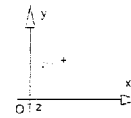


$$L_i M_{i-1} + 2(L_i + L_{i+1}) M_i + L_{i+1} M_{i+1} = 6EI(\omega_{di}^0 - \omega_{gi}^0)$$

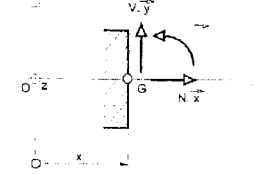
ROTATIONS ET FLECHES POUR DES POUTRES ISOSTATIQUES COURANTES

CONVENTIONS DE SIGNES ET DE REPRÉSENTATION

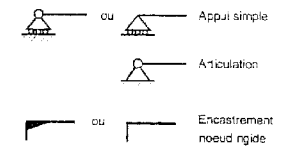
Repère



Éléments de réduction



Liaisons



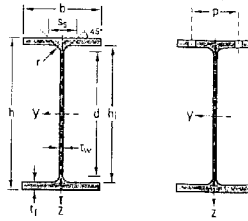
Schema mécanique	Rotation aux appuis	Flèche
	$\omega_A = -\frac{pL^2}{24EI}$ $\omega_B = \frac{pL^2}{24EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{5pL^4}{384EI}$
	$\omega_A = -\frac{Fa}{6EIL}(L-a)(2L-a)$ $\omega_B = \frac{Fa}{6EIL}(L^2 - a^2)$	pour $a \leq \frac{L}{2}$ $f_{(L/2)} = \frac{Fa}{48EI}(3L^2 - 4a^2)$
	$\omega_A = \frac{CL}{3EI}$ $\omega_B = -\frac{CL}{6EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{CL^2}{16EI}$
	$\omega_B = -\frac{pL^3}{6EI}$	$f_{(L)} = \frac{pL^4}{8EI}$
	$\omega_B = -\frac{FL^2}{2EI}$	$f_{(L)} = \frac{FL^3}{3EI}$

DOCUMENT TECHNIQUE DT 6

HE A, HE B et HE M 100 - 1000 conformes à l'Euronorme 53-62; HE AA 100 - 1000; HL 920 - 1100

HE A, HE B and HE M 100 - 1000 in accordance with Euronorm 53-62; HE AA 100 - 1000; HL 920 - 1100

HE A, HE B und HE M 100 - 1000 gemäß Euronorm 53-62; HE AA 100 - 1000; HL HL 920 - 1100



HE

Désignation Designation Bezeichnung	Dimensions Abmessungen						Dimensions de construction Dimensions for detailing Konstruktionsmaße						Surface Oberfläche		Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte										Classification ENV 1993-1-1					HISTAR							
	G kg/m	h mm	b mm	tw mm	y mm	r mm	A cm ²	h ₁ mm	d mm	eS	P _{min} mm	P _{max} mm	A ₁ m ² /m	A ₂ m ² /m	axe forte y-y strong axis y-y starke Achse y-y					axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z					IPE bending y-y						IPE compression						
															I _y cm ⁴	W _{el,y} cm ³	W _{pl,y} cm ³	i _y cm	A ₂₂ cm ²	I _z cm ⁴	W _{el,z} cm ³	W _{pl,z} cm ³	i _z cm	i _y mm	i _z mm	L _{cr,y} × 10 ³ cm ²	315 S	335 S	355 S		375 S	390 S	315 C	335 C	355 C	375 C	390 C
HE 100 AA+	12.2	91	100	4.2	5.5	12	15.60	80	56	M10	54	58	0.553	45.17	HE 100 AA	12.2	236.5	51.98	58.36	3.89	6.15	92.06	18.41	28.44	2.43	29.26	2.51	1.68	1	3	-	1	3	-			
HE 100 A	16.7	96	100	5	8	12	21.24	80	56	M10	54	58	0.561	33.68	HE 100 A	16.7	349.2	72.76	83.01	4.06	7.56	133.8	26.76	41.14	2.51	35.06	5.24	2.58	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 100 B	20.4	100	100	6	10	12	26.04	80	56	M10	56	58	0.567	27.76	HE 100 B	20.4	449.5	89.91	104.2	4.16	9.04	167.3	33.45	51.42	2.53	40.06	9.25	3.38	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 100 M	41.8	120	106	12	20	12	53.24	80	56	M10	52	64	0.619	14.82	HE 100 M	41.8	1143	190.4	235.8	4.63	18.04	399.2	75.31	116.3	2.74	66.06	68.21	9.93	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 120 AA+	14.6	109	120	4.2	5.5	12	18.55	98	74	M12	58	68	0.669	45.94	HE 120 AA	14.6	413.4	75.85	84.12	4.72	6.90	158.8	26.47	40.62	2.93	29.26	2.78	4.24	2	3	-	2	3	-	2	3	-
HE 120 A	19.9	114	120	5	8	12	25.34	98	74	M12	58	68	0.677	34.06	HE 120 A	19.9	606.2	106.3	119.5	4.89	8.46	230.9	38.48	58.85	3.02	35.06	5.99	6.47	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 120 B	26.7	120	120	6.5	11	12	34.01	98	74	M12	60	68	0.686	25.71	HE 120 B	26.7	864.4	144.1	165.2	5.04	10.96	317.5	52.92	80.97	3.06	42.56	13.84	9.41	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 120 M	52.1	140	126	12.5	21	12	65.41	98	74	M12	66	74	0.738	14.16	HE 120 M	52.1	2018	288.2	350.6	5.51	21.15	702.8	111.6	171.6	3.25	68.56	91.66	24.79	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 140 AA+	18.1	128	140	4.3	6	12	23.02	116	92	M16	64	76	0.787	43.53	HE 140 AA	18.1	719.5	112.4	123.8	5.59	7.92	274.8	39.26	59.93	3.45	30.36	3.54	10.21	3	3	-	3	3	-	3	3	-
HE 140 A	24.7	133	140	5.5	8.5	12	31.42	116	92	M16	64	76	0.794	32.21	HE 140 A	24.7	1033	155.4	173.5	5.73	10.12	389.3	55.62	84.85	3.52	36.56	8.13	15.06	1	2	-	1	2	-	1	2	-
HE 140 B	33.7	140	140	7	12	12	42.96	116	92	M16	66	76	0.805	23.88	HE 140 B	33.7	1509	215.6	245.4	5.93	13.08	549.7	78.52	119.8	3.58	45.06	20.06	22.48	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 140 M	63.2	160	146	13	22	12	80.56	116	92	M16	72	82	0.857	13.56	HE 140 M	63.2	3291	411.4	493.8	6.39	24.46	1144	156.8	240.5	3.77	71.06	120	54.33	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 160 AA+	23.8	148	160	4.5	7	15	30.36	134	104	M20	76	84	0.901	37.81	HE 160 AA	23.8	1283	173.4	190.4	6.50	10.38	478.7	59.84	91.36	3.97	36.07	6.33	23.75	3	3	-	3	3	-	3	3	-
HE 160 A	30.4	152	160	6	9	15	38.77	134	104	M20	78	84	0.906	29.78	HE 160 A	30.4	1673	220.1	245.1	6.57	13.21	615.6	76.95	117.6	3.98	41.57	12.19	31.41	1	2	-	1	2	-	1	2	-
HE 160 B	42.6	160	160	8	13	15	54.25	134	104	M20	80	84	0.918	21.56	HE 160 B	42.6	2492	311.5	354.0	6.78	17.59	889.2	111.2	170.0	4.05	51.57	31.24	47.94	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 160 M	76.2	180	166	14	23	15	97.05	134	104	M20	86	90	0.970	12.74	HE 160 M	76.2	5098	566.5	674.6	7.25	30.81	1759	211.9	325.5	4.26	77.57	162.4	108.1	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 180 AA+	28.7	167	180	5	7.5	15	36.53	152	122	M24	84	92	1.018	35.51	HE 180 AA	28.7	1967	235.6	258.2	7.34	12.16	730.0	81.11	123.6	4.47	37.57	8.33	46.36	3	3	-	3	3	-	3	3	-
HE 180 A	35.5	171	180	6	9.5	15	45.25	152	122	M24	86	92	1.024	28.83	HE 180 A	35.5	2510	293.6	324.9	7.45	14.47	924.6	102.7	156.5	4.52	42.57	14.80	60.21	1	3	-	1	3	-	1	3	-
HE 180 B	51.2	180	180	8.5	14	15	65.25	152	122	M24	88	92	1.037	20.25	HE 180 B	51.2	3831	425.7	481.4	7.66	20.24	1363	151.4	231.0	4.57	54.07	42.16	93.75	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 180 M	88.9	200	186	14.5	24	15	113.3	152	122	M24	94	98	1.089	12.25	HE 180 M	88.9	7483	748.3	883.4	8.13	34.65	2580	277.4	425.2	4.77	80.07	203.3	199.3	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 200 AA+	34.6	186	200	5.5	8	18	44.13	170	134	M27	96	100	1.130	32.62	HE 200 AA	34.6	2944	316.6	347.1	8.17	15.45	1068	106.8	163.2	4.92	42.59	12.69	84.49	3	4	-	3	4	-	3	4	-
HE 200 A	42.3	190	200	6.5	10	18	53.83	170	134	M27	98	100	1.136	26.89	HE 200 A	42.3	3692	388.6	429.5	8.28	18.08	1336	133.6	203.8	4.98	47.59	20.98	108	1	3	-	1	3	-	1	3	-
HE 200 B	61.3	200	200	9	15	18	78.08	170	134	M27	100	100	1.151	18.78	HE 200 B	61.3	5696	569.6	642.5	8.54	24.83	2009	200.3	305.8	5.07	60.09	59.28	171.1	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 200 M	103	220	206	15	25	18	131.3	170	134	M27	106	106	1.203	11.67	HE 200 M	103	10640	967.4	1135	9.00	41.03	3651	354.5	543.2	5.27	86.09	259.4	346.3	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 220 AA+	40.4	205	220	6	8.5	18	51.46	188	152	M27	98	118	1.247	30.87	HE 220 AA	40.4	4170	405.9	445.5	9.00	17.63	1510	137.3	209.3	5.42	44.09	15.93	145.6	3	4	-	3	4	-	3	4	-
HE 220 A	50.5	210	220	7	11	18	64.34	188	152	M27	98	118	1.255	24.85	HE 220 A	50.5	5410	515.2	568.5	9.17	20.67	1955	177.7	270.6	5.51	50.09	28.46	193.3	1	3	-	1	3	-	1	3	-
HE 220 B	71.5	220	220	9.5	16	18	91.04	188	152	M27	100	118	1.270	17.77	HE 220 B	71.5	8091	735.5	827.0	9.43	27.92	2843	258.5	393.9	5.59	62.59	76.57	295.4	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 220 M	117	240	226	15.5	26	18	149.4	188	152	M27	108	124	1.322	11.27	HE 220 M	117	14600	1217	1419	9.89	45.31	5012	443.5	678.6	5.79	88.59	315.3	572.7	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 240 AA+	47.4	224	240	6.5	9	21	60.38	206	164	M27	104	138	1.359	28.67	HE 240 AA	47.4	5835	521.0	570.6	9.83	21.54	2077	173.1	264.4	5.87	49.10	22.98	239.6	3	4	-	3	4	-	3	4	-
HE 240 A	60.3	230	240	7.5	12	21	75.84	206	164	M27	104	138	1.369	22.70	HE 240 A	60.3	7763	675.1	744.6	10.05	25.18	2769	230.7	351.7	6.00	56.10	41.55	328.5	1	3	-	1	3	-	1	3	-
HE 240 B	83.2	240	240	10	17	21	106.0	206	164	M27	108	138	1.384	16.63	HE 240 B	83.2	11260	938.3	1053	10.31	33.23	3923	326.9	498.4	6.08	68.60	102.7	486.9	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 240 M	157	270	248	18	32	21	199.6	206	164	M27	116	146	1.460	9.318	HE 240 M	157	24290	1799	2117	11.03	60.07	8153	657.5	1006	6.39	106.6	627.9	1152	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 260 AA+	54.1	244	260	6.5	9.5	24	68.97	225	177	M27	110	158	1.474	27.22	HE 260 AA	54.1	7981	654.1	714.5	10.76	24.75	2788	214.5	327.7	6.36	53.62	30.31	382.6	3	4	-	3	4	-	3	4	-
HE 260 A	68.2	250	260	7.5	12.5	24	86.82	225	177	M27	110	158	1.484	21.77	HE 260 A	68.2	10450	836.4	919.8	10.97	28.76	3668	282.1	430.2	6.50	60.62	52.37	516.4	2	3	-	2	3	-	2	3	-
HE 260 B	93.0	260	260	10	17.5	24	118.4	225	177	M27	114	158	1.499	16.12	HE 260 B	93.0	14920	1148	1282	11.22	37.59	5135	395.0	602.2	6.58	73.12	123.8	753.7	1	1	-	1	1	-	1	1	-
HE 260 M	172	290	2																																		

FLEXION SIMPLE :
VERIFICATION MOMENT FLECHISSANT ET EFFORT TRANCHANT

1 - Pour le moment de flexion :

On doit vérifier : $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

où M_{Ed} = Moment fléchissant (agissant) de calcul sollicitant la section droite à l'ELU ;

$M_{c,Rd}$ = Résistance de calcul à la flexion de la section à l'ELU.

pour une section de classe 1 ou 2	pour une section de classe 3
$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$ (moment résistant plastique)	$M_{c,Rd} = M_{el,Rd}$ (moment résistant élastique)
$M_{pl,Rd} = W_{pl} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$	$M_{el,Rd} = W_{el,min} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

2 - Pour l'effort tranchant :

On doit vérifier : $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$

Calcul plastique $V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,58 A_v \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

où V_{Ed} : effort tranchant (agissant) de calcul à l'E.L.U. ;

$V_{pl,Rd}$: effort tranchant résistant à l'E.L.U. ;

A_v : aire de cisaillement donnée dans les catalogues des caractéristiques des profilés.




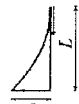

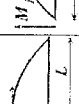
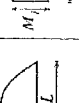
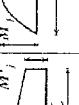

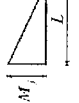
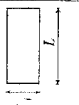

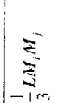
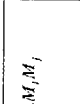
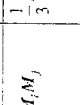
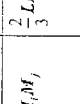
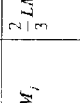
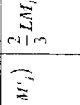
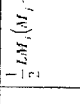
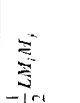
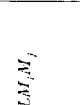

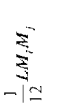
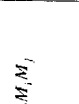

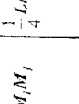
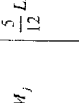
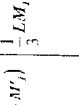
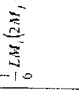
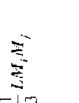


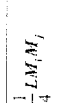
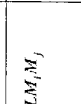
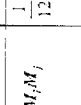
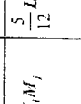
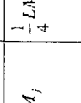
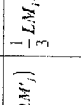
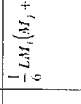


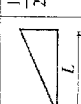
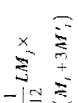
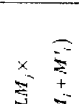
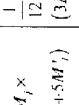
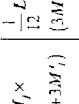
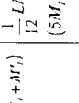
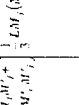
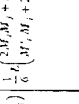
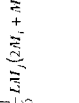
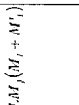

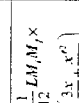
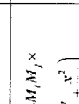
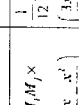
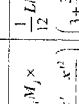
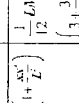
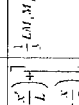
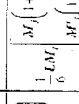
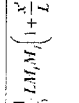
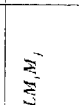
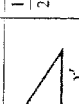
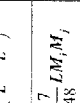
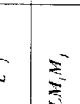
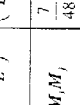
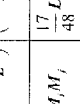
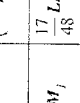
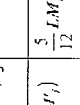
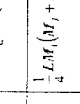


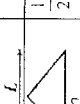


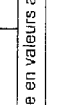
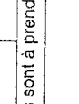
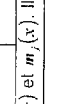
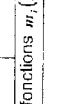
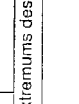



	
Laminés marchands : Les valeurs de l'aire plastifiée (A_v) sont données dans les tableaux de caractéristiques des profilés.	Profilés Reconstitués Soudés : Pour les P.R.S., la valeur de A_v est celle de l'âme seule

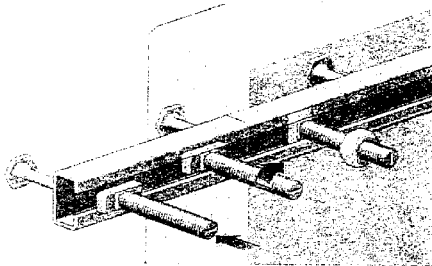
TABLEAU DES INTEGRALES DE MOHR : $\int_0^L m_i(x) \times m_j(x) \cdot dx$

									
$\frac{1}{3} LM_i M_j$	$\frac{1}{4} LM_i M_j$	$\frac{1}{12} LM_i M_j$	$\frac{1}{24} LM_i M_j$	$\frac{1}{60} LM_i M_j$	$\frac{1}{168} LM_i M_j$	$\frac{1}{420} LM_i M_j$	$\frac{1}{1008} LM_i M_j$	$\frac{1}{2520} LM_i M_j$	$\frac{1}{6720} LM_i M_j$
									
$\frac{1}{4} LM_i M_j$	$\frac{1}{5} LM_i M_j$	$\frac{1}{20} LM_i M_j$	$\frac{1}{60} LM_i M_j$	$\frac{1}{168} LM_i M_j$	$\frac{1}{420} LM_i M_j$	$\frac{1}{1008} LM_i M_j$	$\frac{1}{2520} LM_i M_j$	$\frac{1}{6720} LM_i M_j$	$\frac{1}{17920} LM_i M_j$
									
$\frac{1}{12} LM_i M_j$	$\frac{1}{24} LM_i M_j$	$\frac{1}{36} LM_i M_j$	$\frac{1}{240} LM_i M_j$	$\frac{1}{1008} LM_i M_j$	$\frac{1}{4200} LM_i M_j$	$\frac{1}{15120} LM_i M_j$	$\frac{1}{50400} LM_i M_j$	$\frac{1}{181440} LM_i M_j$	$\frac{1}{627200} LM_i M_j$
									
$\frac{1}{24} LM_i M_j$	$\frac{1}{48} LM_i M_j$	$\frac{1}{80} LM_i M_j$	$\frac{1}{420} LM_i M_j$	$\frac{1}{1792} LM_i M_j$	$\frac{1}{7560} LM_i M_j$	$\frac{1}{28224} LM_i M_j$	$\frac{1}{90720} LM_i M_j$	$\frac{1}{313600} LM_i M_j$	$\frac{1}{1048320} LM_i M_j$
									
$\frac{1}{60} LM_i M_j$	$\frac{1}{120} LM_i M_j$	$\frac{1}{240} LM_i M_j$	$\frac{1}{2520} LM_i M_j$	$\frac{1}{10080} LM_i M_j$	$\frac{1}{42000} LM_i M_j$	$\frac{1}{151200} LM_i M_j$	$\frac{1}{504000} LM_i M_j$	$\frac{1}{1814400} LM_i M_j$	$\frac{1}{6272000} LM_i M_j$
									
$\frac{1}{168} LM_i M_j$	$\frac{1}{336} LM_i M_j$	$\frac{1}{672} LM_i M_j$	$\frac{1}{10080} LM_i M_j$	$\frac{1}{42000} LM_i M_j$	$\frac{1}{151200} LM_i M_j$	$\frac{1}{504000} LM_i M_j$	$\frac{1}{1814400} LM_i M_j$	$\frac{1}{6272000} LM_i M_j$	$\frac{1}{21244800} LM_i M_j$
									
$\frac{1}{420} LM_i M_j$	$\frac{1}{840} LM_i M_j$	$\frac{1}{1680} LM_i M_j$	$\frac{1}{15120} LM_i M_j$	$\frac{1}{62720} LM_i M_j$	$\frac{1}{252000} LM_i M_j$	$\frac{1}{907200} LM_i M_j$	$\frac{1}{3136000} LM_i M_j$	$\frac{1}{10483200} LM_i M_j$	$\frac{1}{35840000} LM_i M_j$
									
$\frac{1}{2520} LM_i M_j$	$\frac{1}{5040} LM_i M_j$	$\frac{1}{10080} LM_i M_j$	$\frac{1}{100800} LM_i M_j$	$\frac{1}{420000} LM_i M_j$	$\frac{1}{1512000} LM_i M_j$	$\frac{1}{5040000} LM_i M_j$	$\frac{1}{18144000} LM_i M_j$	$\frac{1}{62720000} LM_i M_j$	$\frac{1}{212448000} LM_i M_j$

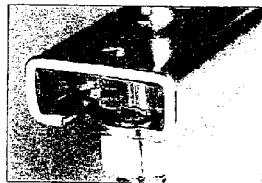
Dans le tableau, M_i, M_j, M_i', M_j' , sont les extremums des fonctions $m_i(x)$ et $m_j(x)$. Ils sont à prendre en valeurs algébriques.

DOCUMENT TECHNIQUE DT 9

RAILS INSERT HALFEN

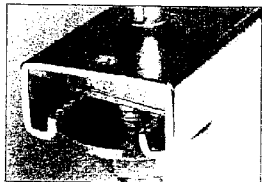
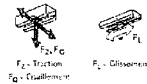


LES RAILS INSERT HALFEN
LA BONNE SOLUTION POUR TOUS LES BESOINS DE FIXATION



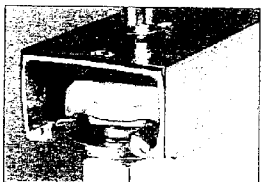
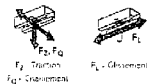
RAILS FORMÉS À FROID (TYPE HTA)

- Certifiés uniquement /principalement pour des charges statiques
- Convient pour les charges en traction et/ou au cisaillement
- Recommandés pour les charges ponctuelles de moins de 600 daN.



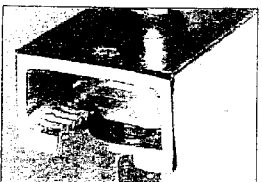
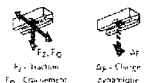
RAILS GRANTÉS FORMÉS À FROID (TYPE H2A)

- Convient pour les charges au glissement et pour les charges en cisaillement
- Charge admissible maximum de 500 daN par point d'ancrage
- Agréés uniquement pour les charges statiques.



RAILS LAMINÉS À CHAUD

- Certifiés également pour les charges dynamiques
- Augmentation de la sécurité face à la relaxation du boulon tête marteau
- Recommandés pour les charges ponctuelles comprises entre 600 et 3500 daN.



RAILS GRANTÉS LAMINÉS À CHAUD (TYPE DYNAGRIP H2A)

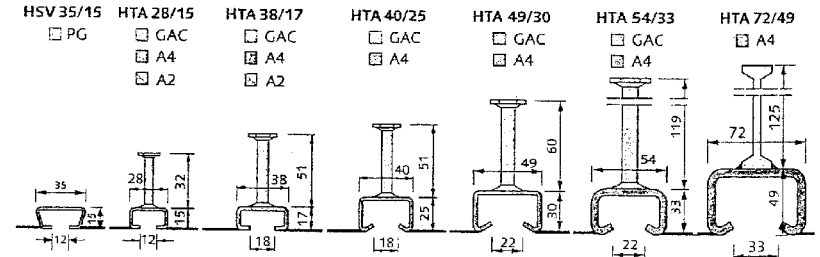
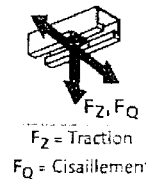
- Convient pour les charges en traction, cisaillement et glissement
- Reprise de charge importante au glissement
- Agréés également pour les charges dynamiques
- Recommandés pour les charges en 1 point comprises entre 800 et 1200 daN (pour la version en acier galvanisé à chaud).



APERÇU DE LA GAMME INSERT HALFEN

Rails insert HALFEN - formés à froid
Caractéristiques pour les charges statiques

Répartition des charges



en daN

Fz	Fq	Fz	Fq	Fz	Fq	Fz	Fq	Fz	Fq	Fz	Fq	Fz	Fq
200	200	375	425	625	875	1000	1250	1250	1500	2500	2500	3500	3500

Notes: Matériaux, finitions :

- GAC = Acier S235JR2 Galvanisé à chaud, sauf pour le rail 55/42 en acier S275JR et les rails formés à froid en acier S235JR
- PG = Acier S235JR, pré galvanisé
- A4 = Acier inoxydable W 1.4571/1.4401 (A4)
- A2 = Acier inoxydable W 1.4301 (A2)

L'agrément technique ne tient pas compte de la qualité de l'acier

TVE4MDS

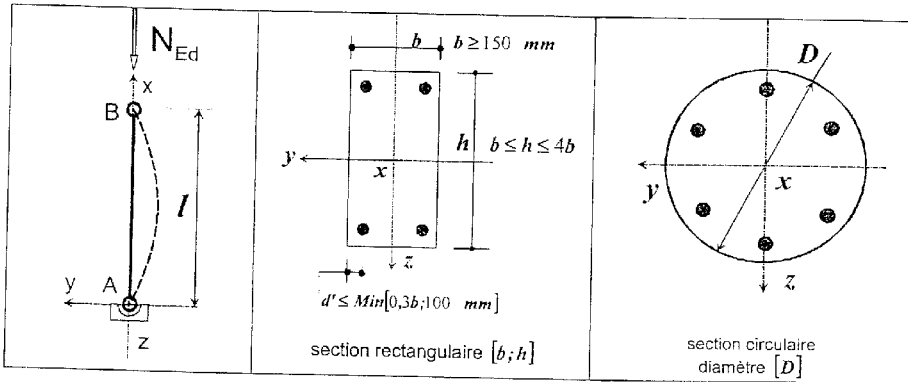
DOCUMENT TECHNIQUE DT 10 : COMPRESSION SIMPLE – LES POTEAUX

Méthode simplifiée (recommandations professionnelles)

10.1 – DEFINITION GEOMETRIQUE

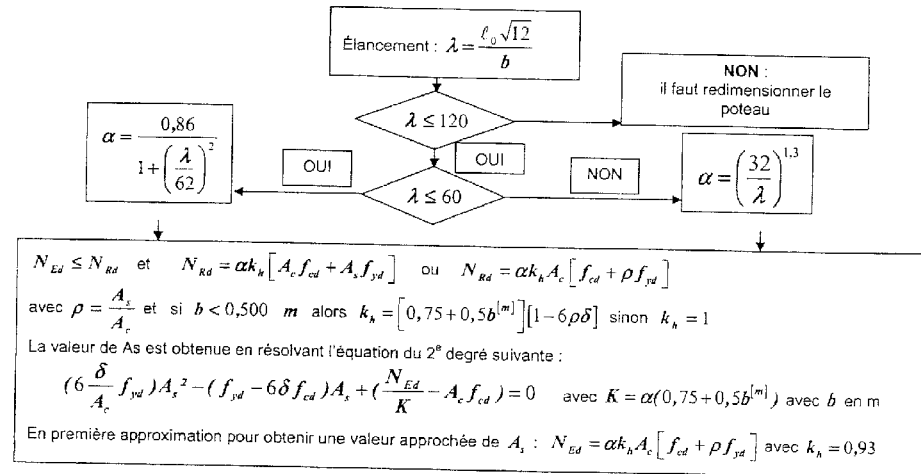
Un poteau est un élément dont la hauteur l est au moins égale à 3 fois la dimension du grand côté $l \geq 3h$ et dont le grand côté de la section droite ne dépasse pas 4 fois le petit côté de celle-ci $h \leq 4b$. Lorsque ce n'est pas les cas, il convient de le considérer comme un voile.

10.2 – CONDITIONS D'EMPLOI



- poteau bi-articulé sous charges centrées N_{Ed} , chargement à au moins 28 jours ;
- élancement $\lambda \leq 120$; $20 \leq f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$; $400 \leq f_{yk} \leq 600 \text{ MPa}$;
- épaisseur dans le sens du flambement : D ou $b \geq 150 \text{ mm}$;
- distance d' de l'axe des aciers à la paroi la plus proche $d' = c_{nom} + \phi_t + \phi_l / 2$;
 $d' \leq \text{Min}[0,3b; 100 \text{ mm}]$;
- armatures symétriques, par moitié sur chaque face pour une section rectangulaire et au moins 6 barres pour une section circulaire (Recommandations Professionnelles) ;
- $\rho = \frac{A_s}{bh}$; $\rho = \frac{A_s}{\pi D^2 / 4}$;
- l : hauteur libre de l'élément comprimé entre liaisons d'extrémité.

10.3 – ORGANIGRAMME POTEAUX RECTANGULAIRES



Section minimale des armatures longitudinales

$$A_{s,min} = \max \left[0,10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} ; 0,002 A_c \right] \{9,12N\}$$

A_c = aire de la section brute transversale de béton
 f_{yd} limite élastique de calcul de l'armature

Le diamètre des barres longitudinales $\phi_l \geq \phi_{l,min} = 8 \text{ mm}$

Section maximale des armatures longitudinales

en dehors des zones de recouvrement $A_{s,max} = 0,04 A_c$ dans les zones de recouvrement $A_{s,max} = 0,08 A_c$

Armatures transversales :

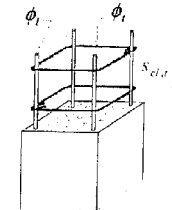
$$\phi_t \geq \max[6 \text{ mm} ; \phi_{l,max} / 4]$$

espacement: $s_{cl,x} \leq s_{cl,x,max} = \min[400 \text{ mm} ; 20\phi_{l,min} ; b]$

$\phi_{l,min}$ = diamètre de la plus petite armature longitudinale résistante

b = plus petite dimension transversale

Les armatures transversales doivent maintenir toutes les barres prises en compte dans les calculs de résistance.



**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
TRAVAUX PUBLICS**

EPREUVE E4

ETUDE DES OUVRAGES

UNITE U 41

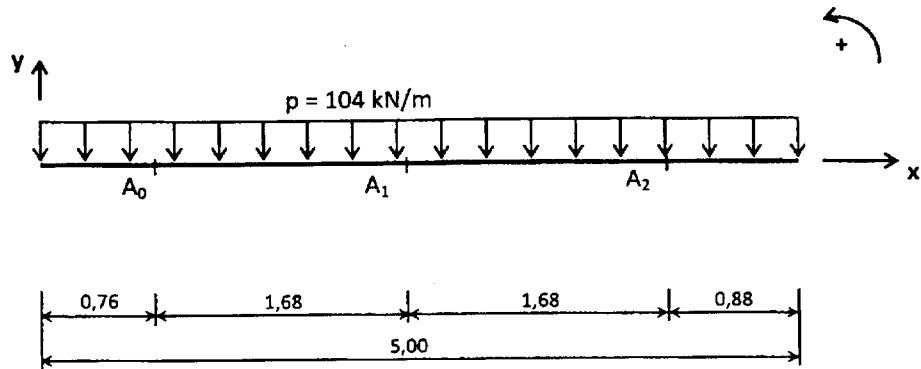
MECANIQUE DES STRUCTURES

DOCUMENT REPONSE

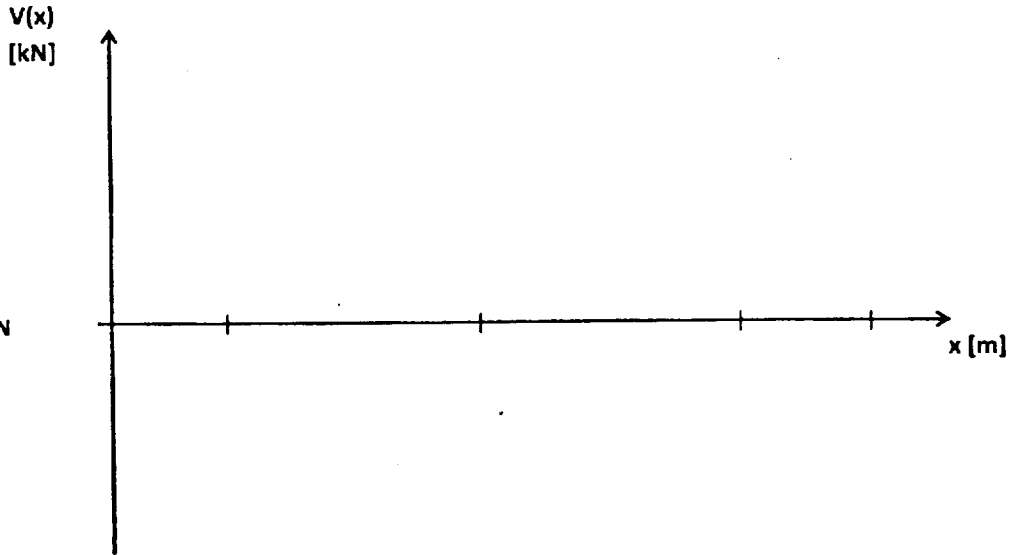
DOSSIER A RENDRE AVEC LA COPIE

DOCUMENT REPOSE DR 1

Schéma
mécanique



Echelle :
1 cm \leftrightarrow 40 kN



Echelle :
1 cm \leftrightarrow 10 kN.m

