

ESSAIS SUR PARALUME EN FIBRO-CIMENT

CANQ
TR
GE
RC
163



Ministère des Transports
Direction recherche et contrôle
Service du laboratoire central

920598

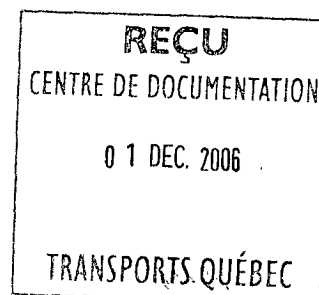
ESSAIS SUR PARALUME EN FIBRO-CIMENT

Daniel Vézina

Préparé par: Daniel Vézina, ing.
Ministère des Transports
2700, rue Einstein
SAINTE-FOY (Québec)
G1P 3W8

Sainte-Foy, le 22 février 1984

CANQ
TR
GÉ
RC
163



PARTIE I

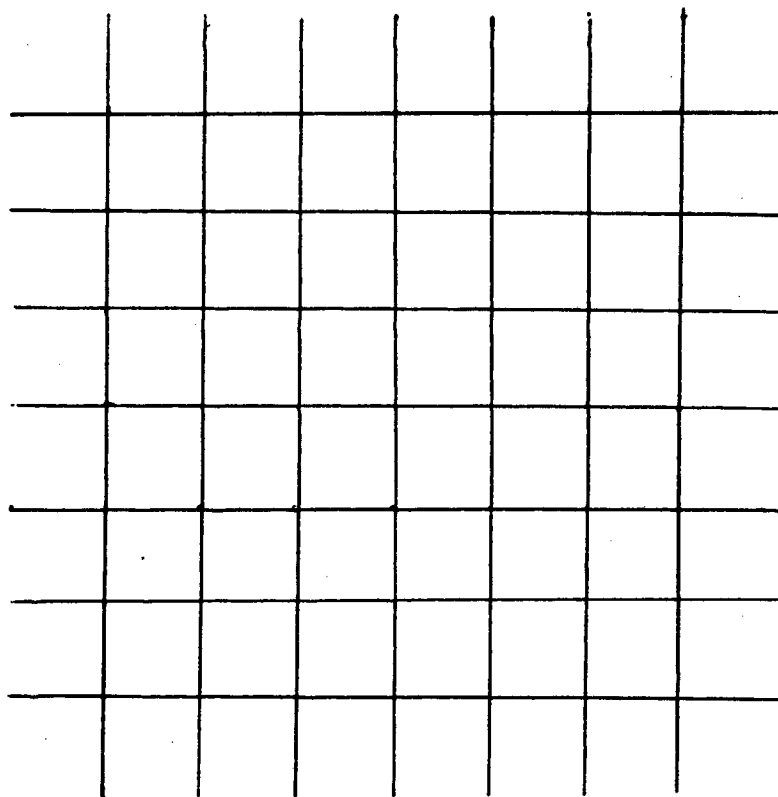
DETERMINATION DE LA CHARGE DE SERVICE

D'UN PARALUME

Le paralume doit supporter une charge de glace de 25 mm d'épaisseur sur toutes ses parois.

Pour un paralume composé de 14 planches de béton fibre dont les dimensions sont les suivantes:

- Longueur : 1475 mm
- Largeur : 1475 mm
- Hauteur : 250 mm
- Epaisseur : 7.5 mm



Poids de la glace

$$2 \left\{ 7 \left[2 (1475 \times 250) - 14 (250 \times 7.5) \right] \right\}$$

$$2 \left\{ 7 \left[741,250 \text{ mm}^2 \right] \right\}$$

$$2 \left\{ 4978750 \text{ mm}^2 \right\} = 9957500 \text{ mm}^2$$

Dessus et dessous

$$\left\{ 7 (1475 \times 7.5) \right\} + 7 \left\{ \left[1475 - 7 (7.5) \right] \times 7.5 \right\} = 304,237.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{TOTAL : } 10,261,737.5 \text{ mm}^2$$

- Poids de la glace:

$$\text{Densité} = 0,917 \text{ g/cm}^3$$

$$10,261,737.5 \text{ mm}^2 \times \frac{0,917 \text{ g}}{\text{cm}^3} \times 25 \text{ mm} = 235,25 \text{ kg}$$

- Poids propre du paralume:

Volume (1 planche)

$$(1475 \text{ mm} \times 250 \times 7.5 \text{ mm}) - 7 (7.5 \times 125 \times 7.5 \text{ mm}) = 2,713,745.25 \text{ mm}^3$$

$$14 \text{ planches} = 37,992,433.5 \text{ mm}^3$$

$$\text{Poids spécifique du fibro-ciment} = 1922 \text{ kg/m}^3$$

donc

$$\text{Poids d'un paralume} = 73.1 \text{ kg (14 planches)}$$

$$5,22 \text{ kg (1 planche)}$$

Charge totale

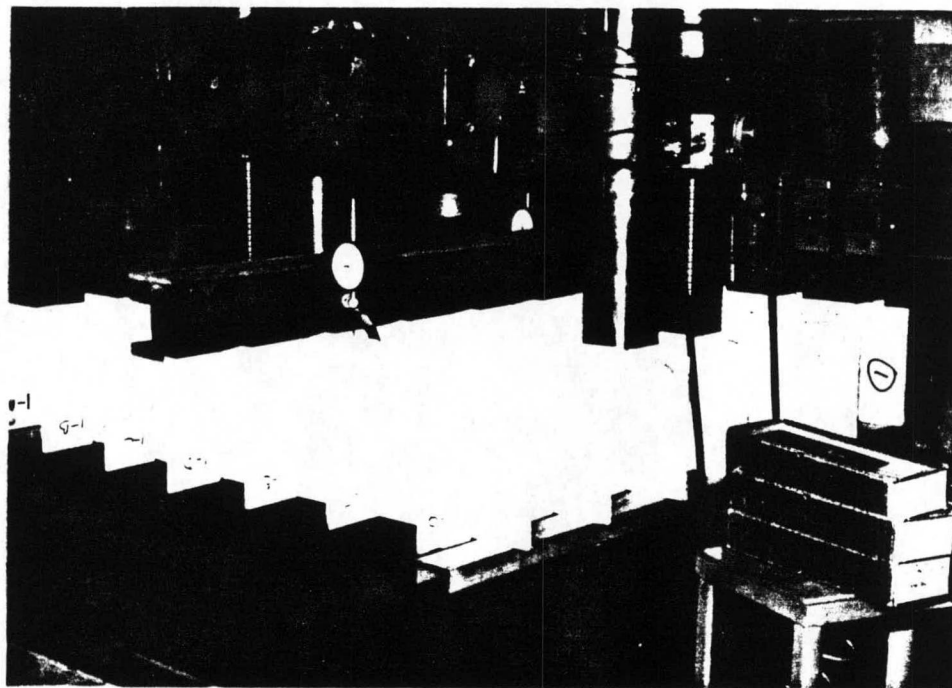
$$235.25 + 73.1 = 308.35 \text{ kg}$$

PARTIE II

ESSAIS DE CHARGEMENT SUR PARALUME

ESSAI NO 1 CHARGE CONCENTREE

L'essai de chargement a été effectué à l'aide d'une presse de 450,000 livres. Le paralume a été supporté à ses 2 extrémités par 2 cornières métalliques et la charge était appliquée au paralume par un fer en H. Deux déflectomètres ont été utilisés afin de déterminer la déformation au centre de la partie. (Voir illustration no 1)



La contrainte dans la fibre extrême de chacune des 7 planches soumises à la flexion a été calculée à l'aide de la formule suivante:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

où:

$$M = \frac{PL}{4} \text{ (moment non au centre)}$$

$$c = \frac{d}{2}$$

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$\text{d'où } \sigma = \frac{3 PL}{2 bd^2}$$

où:

$$P = \text{charge}$$

$$L = \text{portée } 1295 \text{ mm}$$

$$b = 7.5 \text{ mm}$$

$$d^4 = 125 \text{ mm}$$

* : Une hauteur de 125 mm est considérée car lors de l'essai la moitié supérieure du paralume ne travaille pas en compression.

RESULTATS

CHARGE CONCENTREE

Charge totale (kg)	Charge sur une planche (kg)	Contrainte engendrée (MPa)	Déformation (mm)
0	0	0	0
86.5	12.35	2.0	0.30
131.9	18.84	3.62	0.53
177.4	25.34	4.11	0.74
222.8	31.83	5.17	0.89
268.3	38.32	6.22	1.07
313.7	44.82	7.28	1.32
359.2	51.31	8.34	1.42
404.6	57.81	9.39	1.52
450.1	64.30	10.45	1.70
495.5	70.79	11.50	1.88
541.0	77.29	12.56	2.13
586.5	83.78	13.61	2.31
631.9 F_y	90.27	14.66	2.59
677.4	96.77	15.72	2.87
722.8 F_u	103.26	16.77	3.56

Contrainte au Yield Point (600 kg)

$$R = \frac{3 \times 1295 \times 600 \times 9.8}{2 \times 7.5 \times 125^2} = 13.92 \text{ MPa}$$

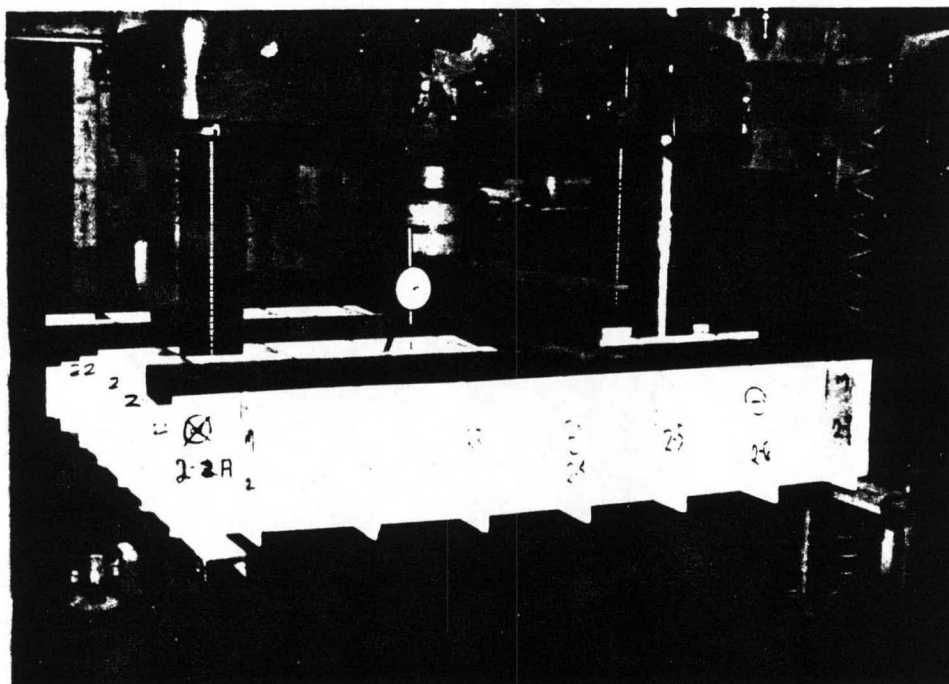
Contrainte à la charge de service (308 kg)

$$R = \frac{3 \times 1295 \times 308 \times 9.8}{2 \times 7.5 \times 125^2} = 7.16$$

$$\text{Facteur de sécurité} = \frac{13.92}{7.16} = 1.94$$

ESSAI NO 2 CHARGE REPARTIE

Le montage utilisé pour réaliser cet essai est illustré ci-dessous. Nous sommes conscient que la façon de répartir la charge sur tout le paralume n'est parfaite car les trois (3) cornières métalliques sont très rigides. Cependant nous estimons que cette façon de procéder est réaliste car les résultats obtenus sont en accords avec des résultats théoriques.



Calcul des contraintes dans une planche

Formule de flexion: $\sigma = \frac{Mc}{I}$

c = centre de gravité

I = moment d'inertie

$$M = \frac{w L^2}{8}$$

moment mauvais au centre

$$\text{d'où } \sigma = \frac{3 w L^2}{4 b h^2}$$

w = charge par mètre de longueur

L = partie de 1255 mm

b = épaisseur 7.5 mm

R = hauteur 125 mm

donc la contrainte engendrée par ce type de chargement est 2 fois plus faible que dans le chargement concentré. La valeur du h est de 125 mm car seule la moitié inférieure du paralume subit la flexion.

RESULTATS

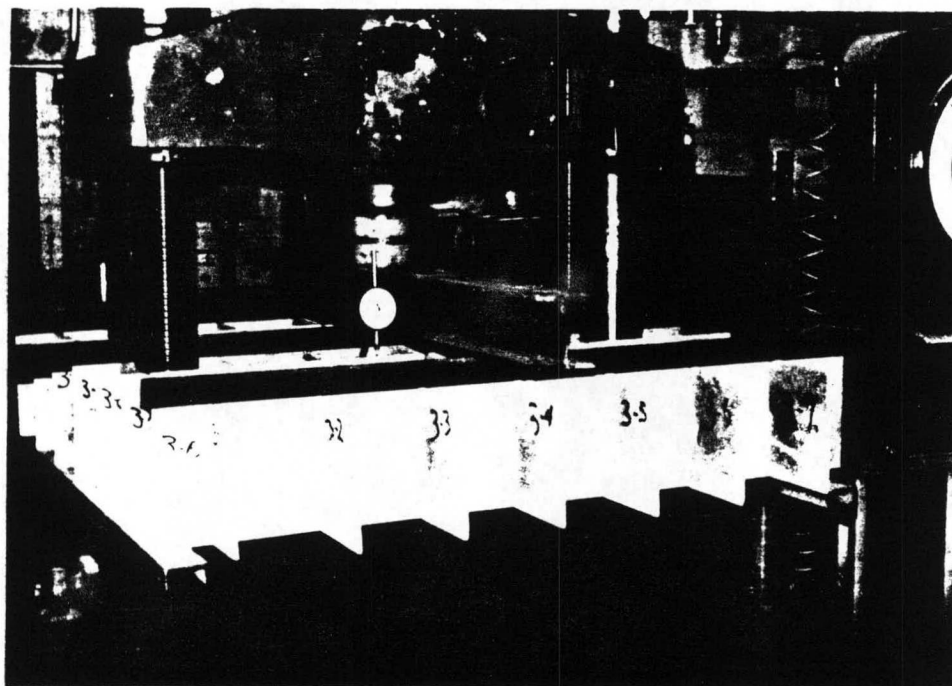
CHARGE REPARTIE

Charge totale (kg)	Charge répartie sur une planche (kg)	Contrainte engendrée (MPa)	Déformation (mm)
0	0	0	0
150.9	16.65	1.75	0.025
196.3	21.65	2.28	0.076
241.8	26.67	2.81	0.114
287.2	31.68	3.33	0.178
332.7	36.70	3.86	0.229
378.1	41.71	4.39	0.267
423.6	46.73	4.91	0.305
469.0	51.74	5.44	0.343
514.5	56.76	5.97	0.394
559.9	61.77	6.50	0.444
605.4	66.78	7.02	0.521
650.9	71.80	7.55	0.584
696.3	76.81	8.08	0.635
741.8	81.83	8.61	0.711
832.7	91.86	9.66	0.902
923.6	101.87	10.72	1.07
1014.5	111.92	11.77	1.26
1105.4 F_y	121.94	12.83	1.37
1196.3	131.97	13.88	1.96
1287.2	142.00	14.94	2.18
1378.1	152.03	16.00	2.60
1469.0 F_u	162.06	17.05	3.61

ESSAI No 3

CHARGE REPARTIE

La même procédure que l'essai No 2 a été utilisée.



RESULTATS

CHARGE REPARTIE

Charge totale (kg)	Charge répartie sur une planche (kg/m)	Contrainte engendrée (MPa)	Déformation (mm)
0	0	0	0
150.9	16.65	1.75	0.025
196.3	21.65	2.28	0.064
241.8	26.67	2.81	0.114
287.2	31.68	3.33	0.152
332.7	36.70	3.86	0.203
378.1	41.71	4.39	0.267
423.6	46.73	4.91	0.330
469.0	51.74	5.44	0.419
514.5	56.76	5.97	0.470
559.9	61.77	6.50	0.673
650.9	71.80	7.55	0.700
741.8	81.83	8.61	0.902
832.7 F_y	91.86	9.66	1.09
923.6	108.87	10.73	1.32
1014.5	111.92	11.77	1.61
1105.4	121.94	12.83	1.84
1196.3	131.97	13.88	2.11
1287.2	142.00	14.94	2.37
1378.1	152.03	16.00	2.69
1469.0 F_u	162.06	17.05	2.96
1559.9	172.08	18.1	3.29
1650.9	182.11	19.2	3.71
1696.3	157.12	19.7	3.99

Contrainte au Yield Point (832.7) = 9.66 MPa

Contrainte à la charge de service (308 kg) = 3.57

Facteur de sécurité = 2.70

Contrainte au Yield Point (1105 kg)

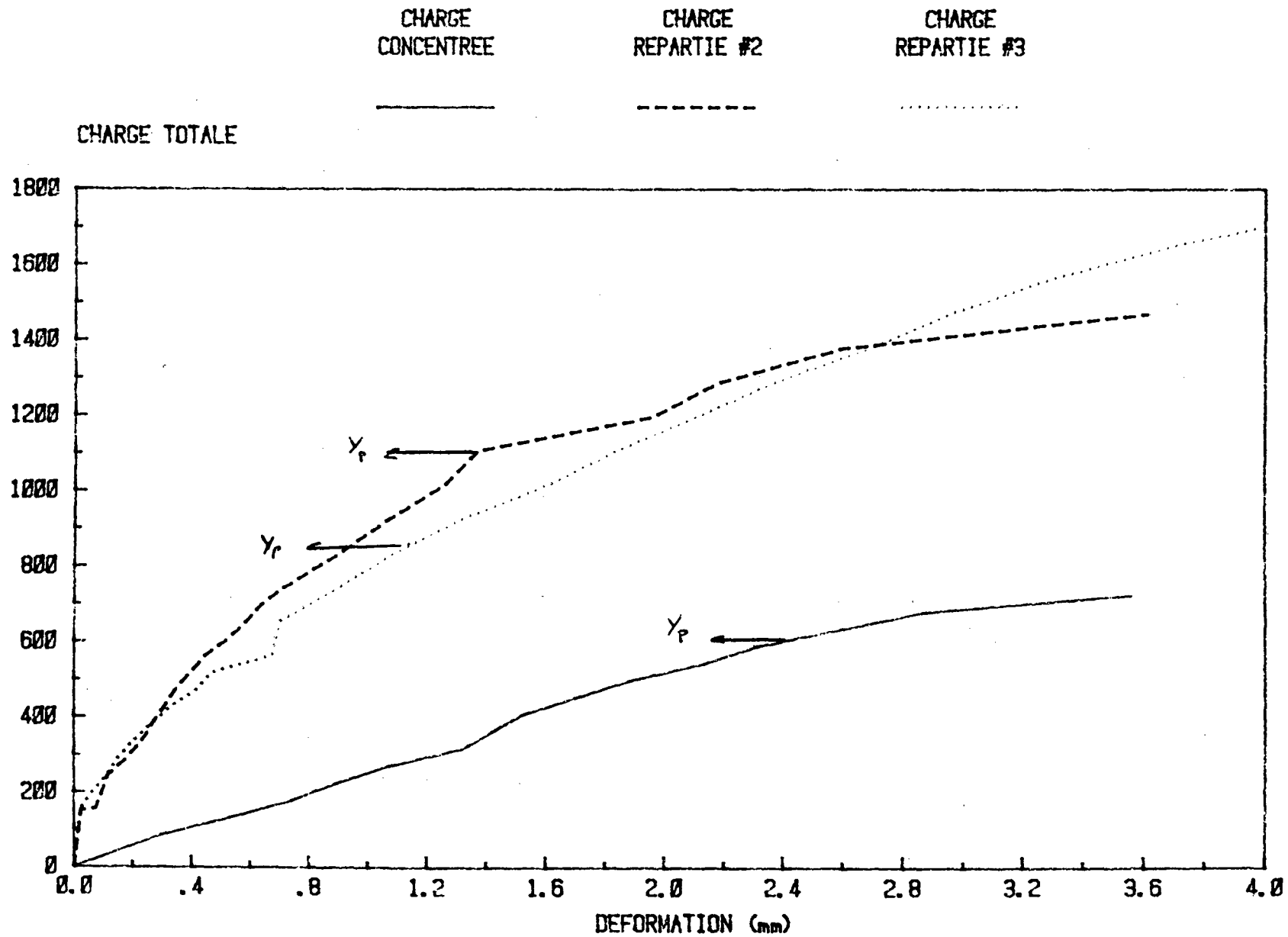
$$R = \frac{3 \times 121.94 \times 1295^2 \times 9.8}{4 \times 7.5 \times 125^2} = 12.83 \text{ MPa}$$

Contrainte engendrée par la charge de service (308 kg)

$$R = \frac{3 \times 33.97 \times 1295^2 \times 9.8}{4 \times 7.5 \times 125^2} = 3.57 \text{ MPa}$$

$$\text{Facteur de sécurité: } \frac{12.83}{3.57} = 3.6$$

ESSAIS SUR PARALUME



PARTIE III

ESSAIS DE TRACTION ET FLEXION SUR LES

ECHANTILLONS DE BETON FIBRE

Tel que demandé, nous avons prélevé des échantillons à même les planches du paralume qui ont servi aux essais de chargement. Les spécimens ont été prélevés aux extrémités des planches de façon à éviter les fissures qui auraient pu se produire dans le béton fibre.

Echantillon prélevé

- Paralume No 1 : Des échantillons ont été prélevés dans les 14 planches qui sont identifiées 1-1 à 1-7 et 1-A à 1-G.
3 spécimens pour essai de traction
3 spécimens pour essai de flexion
1 spécimen pour absorption
Total de 7 spécimens par planche.
- Paralume No 2 : Afin d'accélérer la procédure, 4 planches ont été échantillonnées, soient les planches 2-A, 2-E, 2-F et 2-G
3 spécimens pour essai de traction
3 spécimens pour essai de flexion
1 spécimen pour essai d'absorption.
- Paralume No 3 : Idem au paralume No 2
Les planches échantillonnées sont: 3-A, 3-C, 3-D, 3-E.

Procédure d'essais

Tous les essais ont été effectués conformément aux recommandations décrites dans le volume "Recommended Practice for Glass Fiber Reinforced Concrete Panels". Les résultats obtenus sont indiqués aux tableaux qui suivent.

ESSAI D'ABSORPTION

PARALUME NO 1		PARALUME NO 2		PARALUME NO 3	
Spécimen no	Absorption %	Spécimen No	Absorption %	Spécimen No	Absorption %
1-1	11.6	2-A	12.9	3-A	13.7
1-2	13.9	2-E	12.6	3-C	14.5
1-3	13.4	2-F	10.1	3-D	12.2
1-4	12.6	2-G	13.1	3-E	14.7
1-5	12.3				
1-6	11.8				
1-7	11.8				
1-A	13.2				
1-B	12.6				
1-C	14.3				
1-D	13.7				
1-E	12.7				
1-F	14.9				
1-G	12.1				
Moyenne	12.9%	12.2%		13.8%	

PARALUME NO 1

IDENTIFICATION		EPAISSEUR	LONGUEUR	TRACTION		EPAISSEUR	LONGUEUR	FLEXION		
		(mm)	(mm)	R (MPa)	E1 (%)	(mm)	(mm)	Fy (MPa)	Fu (MPa)	E (MPa)
1-1	A	7.97	51.08	7.4	1.2	7.78	51.25	9.6	23.1	
	B	7.72	51.08	7.3	1.7	7.90	51.30	9.3	23.0	
	C	8.07	51.15	7.9	1.5	7.80	51.10	12.2	23.2	
	MOYENNE	7.92	51.10	7.5	1.5	7.89	51.22	10.4	23.1	
1-2	A	7.32	51.22	4.8	0.9	7.18	51.08	5.7	18.2	
	B	7.38	50.75	6.5	1.0	7.23	50.75	6.0	11.3	
	C	7.27	51.12	6.5	---	6.93	51.03	7.7	10.1	
	MOYENNE	7.32	51.03	5.9	1.0	7.11	50.95	6.5	13.2	
1-3	A	7.42	50.82	---	---	7.23	51.32	6.7	20.8	
	B	7.50	50.32	5.1	0.7	7.31	50.97	6.1	21.9	
	C	8.55	51.17	5.4	1.0	7.27	51.27	7.0	21.0	
	MOYENNE	7.82	60.77	5.2	0.9	7.29	51.19	6.6	21.2	
1-4	A	6.87	51.13	5.6	0.7	7.00	57.05	---	13.9	
	B	6.70	51.25	5.6	0.6	7.42	51.15	7.1	20.8	
	C	6.02	51.22	6.2	1.1	6.52	51.28	8.1	14.4	
	MOYENNE	6.75	51.20	5.8	0.8	7.00	51.16	7.6	16.4	
1-5	A	6.78	51.08	5.4	0.9	6.85	51.03	7.9	23.7	
	B	6.73	50.83	6.9	1.2	7.45	50.82	8.1	21.5	
	C	7.83	51.40	5.9	1.1	7.13	51.28	8.4	26.0	
	MOYENNE	7.11	51.14	6.1	1.1	7.14	51.04	8.1	23.7	
1-6	A	9.28	51.77	6.1	0.5	7.03	51.40	11.1	22.8	
	B	7.77	51.23	7.2	0.8	8.18	51.38	8.7	27.8	
	C	7.73	51.40	6.9	0.8	8.20	51.13	9.8	24.5	
	MOYENNE	8.26	51.47	6.7	0.7	8.07	57.30	9.9	25.0	
1-7	A	7.55	51.52	5.2	---	6.17	51.23	5.9	18.1	
	B	7.03	50.82	8.3	1.2	7.00	51.35	2.8	17.2	
	C	6.60	51.15	7.4	1.2	0.98	51.27	---	11.2	
	MOYENNE	7.06	51.16	7.0	1.2	6.92	51.22	4.4	15.5	
Moy. globale		7.46		6.3	1.0	7.35		7.6	19.7	

PARALUME NO 1

IDENTIFICATION		EPAISSEUR	LONGUEUR	TRACTION		EPAISSEUR	LONGUEUR	FLEXION		
		(mm)	(mm)	R (MPa)	E1 (%)	(mm)	(mm)	Fy (MPa)	Fu (MPa)	E (MPa)
1-A	A	6.68	51.32	5.2	0.8	6.68	51.47	3.5	17.1	
	B	6.83	51.33	5.9	0.7	7.03	57.50	3.9	13.7	
	C	7.40	51.42	6.3	1.2	7.02	51.52	2.4	10.0	
	MOYENNE	6.97	51.36	5.8	0.9	6.91	51.50	3.3	13.6	
1-B	A	7.16	51.23	8.4	1.2	7.25	50.95	10.8	20.1	
	B	7.26	51.50	6.9	1.0	6.87	57.38	6.8	28.0	
	C	7.03	51.10	7.4	1.1	7.50	51.02	8.2	22.3	
	MOYENNE	7.15	51.28	7.6	1.1	7.24	57.32	8.6	23.5	
1-C	A	7.75	51.67	6.0	0.8	7.35	51.62	17.1	32.8	
	B	7.48	51.02	4.4	0.6	7.67	51.57	5.3	11.8	
	C	7.40	51.60	6.1	1.2	7.90	51.63	7.4	17.6	
	MOYENNE	7.54	57.63	5.5	0.9	7.64	51.61	9.9	20.8	
1-D	A	7.85	51.60	6.5	1.0	7.75	50.75	7.2	26.0	
	B	7.63	51.62	6.7	1.1	7.58	51.78	8.4	18.1	
	C	8.00	51.40	7.5	1.6	7.87	51.57	8.1	16.2	
	MOYENNE	7.83	51.54	6.9	1.2	7.73	51.37	7.9	20.1	
1-E	A	8.48	51.82	6.2	0.6	8.07	51.67	7.1	14.1	
	B	8.18	51.55	7.0	1.1	8.20	57.67	9.2	21.0	
	C	7.45	51.48	7.3	1.0	7.97	51.52	17.0	22.8	
	MOYENNE	8.04	51.62	6.8	0.9	8.08	51.62	10.8	19.3	
1-F	A	8.10	51.67	4.9	1.0	8.52	51.68	5.8	15.1	
	B	8.00	51.55	5.6	0.9	8.37	51.67	7.1	15.6	
	C	7.93	51.75	5.7	1.2	7.97	51.62	9.7	19.4	
	MOYENNE	8.01	51.66	5.4	1.0	8.25	51.66	7.5	16.7	
1-G	A	6.88	51.57	5.7	0.0	8.43	51.50	7.3	18.1	
	B	7.28	51.77	5.6	0.5	6.85	50.85	---	15.8	
	C	7.90	51.52	5.1	0.8	6.80	57.47	12.1	23.8	
	MOYENNE	7.34	51.62	5.5	0.7	7.36	51.27	9.7	19.2	
Moy. globale		7.55		6.21	1.0	7.60		8.2	19.0	

PARALUME NO 2

IDENTIFICATION		EPAISSEUR	LONGUEUR	TRACTION		EPAISSEUR	LONGUEUR	FLEXION		
		(mm)	(mm)	R (MPa)	E1 (%)	(mm)	(mm)	Fy (MPa)	Fu (MPa)	E (MPa)
2-A	A	7.10	51.80	2.13*	---	8.77	51.17	11.4	18.0	17,670
	B	8.70	51.60	5.17	0,5	8.95	51.08	8.0	18.4	15,546
	C	<u>8.95</u>	<u>51.48</u>	<u>6.38</u>	<u>0.9</u>	<u>9.18</u>	<u>50.98</u>	<u>9.7</u>	<u>16.7</u>	<u>14,453</u>
	MOYENNE	8.25	57.63	5.76	0.7	8.97	51.08	9.7	17.7	15,890
2-E	A	7.85	50.90	5.54	0.8	7.68	49.90	8.1	11.4	20.149
	B	8.25	50.62	5.05	0.6	7.97	50.28	7.8	13.7	15.030
	C	<u>7.60</u>	<u>50.55</u>	<u>4.49</u>	<u>0.4</u>	<u>8.17</u>	<u>50.75</u>	<u>5.0</u>	<u>12.5</u>	<u>14,570</u>
	MOYENNE	7.90	50.69	5.03	0.5	7.94	50.31	7.0	12.5	16,585
2-F	A	8.47	49.70	7.43	0.8	8.02	51.00	8.5	15.5	16,830
	B	8.27	51.30	5.59	0.5	7.87	50.73	13.2	20.3	26,732
	C	<u>7.72</u>	<u>50.52</u>	<u>6.53</u>	<u>0.5</u>	<u>8.57</u>	<u>50.45</u>	<u>10.5</u>	<u>22.9</u>	<u>23,307</u>
	MOYENNE	8.15	50.51	6.52	0.6	8.15	50.73	10.73	19.6	14,266
2-G	A	9.28	51.88	4.78	0.6	10,08	52.26	10.5	15.2	16.545
	B	9.58	52.30	4.54	0.7	8.97	52.27	----	----	-----
	C	<u>9.17</u>	<u>51.93</u>	<u>5.43</u>	<u>0.7</u>	<u>9.51</u>	<u>52.45</u>	<u>7.8</u>	<u>17.1</u>	<u>11,972</u>
	MOYENNE	9.34	52.04	4.92	0.7	9.52	52.33	9.2	16.2	14,266
Moy. globale		8.41		5.56	0.6	8.65		9.3	16.5	17,257

PARALUME NO 3

IDENTIFICATION		EPAISSEUR	LONGUEUR	TRACTION		EPAISSEUR	LONGUEUR	FLEXION		
		(mm)	(mm)	R (MPa)	E1 (%)	(mm)	(mm)	Fy (MPa)	Fu (MPa)	E (MPa)
3-A	A	7.23	53.22	5.81	0.9	7.28	53.47	3.5	13.0	15,330
	B	7.63	53.27	5.05	0.8	6.92	53.22	6.2	10.1	21,521
	C	<u>7.27</u>	<u>53.23</u>	<u>6.10</u>	<u>1.1</u>	<u>6.82</u>	<u>53.28</u>	<u>6.0</u>	<u>11.9</u>	<u>15.311</u>
	MOYENNE	7.38	53.27	5.65	0.9	7.01	53.32	5.2	11.7	17,385
3-C	A	7.82	51.93	4.71	0.4	7.83	52.20	4.7	15.2	11,359
	B	7.20	52.20	5.14	0.7	7.60	52.07	7.6	21.2	11,935
	C	<u>7.92</u>	<u>52.06</u>	<u>5.58</u>	<u>2.8</u>	<u>7.37</u>	<u>52.12</u>	<u>7.4</u>	<u>21.7</u>	<u>14,690</u>
	MOYENNE	7.65	52.06	5.14	0.6	7.60	52.13	6.6	19.4	12,661
3-D	A	6.43	51.12	4.17	0.7	6.43	51.98	6.0	15.2	8,835
	B	6.43	52.23	6.30	1.0	6.40	52.03	5.5	17.9	10,180
	C	<u>6.15</u>	<u>52.32</u>	<u>6.79</u>	<u>0.9</u>	<u>6.42</u>	<u>51.55</u>	<u>4.6</u>	<u>16.3</u>	<u>13,940</u>
	MOYENNE	6.34	51.89	5.75	0.9	6.42	51.85	5.4	16.5	10,985
3-E	A	8.23	52.12	4.91	0.9	7.60	51.83	4.6	10.1	15,250
	B	8.70	52.05	5.39	0.8	7.33	50.72	---	---	-----
	C	<u>8.15</u>	<u>50.03</u>	<u>5.59</u>	<u>0.8</u>	<u>7.87</u>	<u>52.36</u>	<u>7.5</u>	<u>10.8</u>	<u>21,200</u>
	MOYENNE	8.36	52.07	5.30	0.9	7.60	51.64	6.1	10.5	18,225
Moy. globale		7.43		5.46	0.8	7.15		5.8	14.5	14,814

Largeur des ouvertures (traits de scie)

Paralume No 2

2-A

2-B

10.90 mm

10.50

10.85

10.60

10.70

10.70

10.65

10.70

10.35

10.60

10.65

10.65

10.68 mm

10.63 mm

Paralume No 2

3-B

3-F

10.85

10.70

11.10

10.90

11.05

11.00

10.95

10.75

10.90

10.45

11.10

10.15

10.99

10.66

PARTIE IV

CONCLUSION

CONCLUSION

- Les 3 essais de chargement réalisés sur les paralumes nous démontrent que ceux-ci ont la force nécessaire pour supporter adéquatement la charge de service.
- Il n'y a pas eu de bris des planches de fibro-ciment aux points d'appui lors de l'essai de chargement.
- La comparaison des résistances ultime et au Yield Point obtenues par l'essai de chargement p/r à celles obtenues sur les spécimens soumis à l'essai de flexion sont les suivantes:

	Paralume No 1		Paralume No 2		Paralume No 3	
	Charge concentrée	Spécimens	Charge Répartie	Spécimens	Charge Répartie	Spécimens
F_y (MPa)	13.9	7.9	12.8	9.3	9.7	5.8
F_u (MPa)	16.8	19.4	17.1	16.5	19.7	14.5

- L'épaisseur des planches de fibro-ciment est variable d'un paralume à l'autre.
Paralume No 1 7.50 mm (moyenne de 28 résultats)
Paralume No 2 8.53 mm (moyenne de 8 résultats)
Paralume No 3 7.30 mm (moyenne de 8 résultats)
- Les pourcentages d'absorption sont assez constants d'un paralume à l'autre.
Paralume No 1 12.9%
Paralume No 2 12.2%
Paralume No 3 13.8%
- Les ouvertures moyennes (traits de scie) sont les suivantes:
Paralume No 2 10,68 et 10,63 mm (moyenne de 6 mesures)
Paralume No 3 10,97 et 10,66 mm (moyenne de 6 mesures)

- Les résultats de résistance à la traction, de pourcentage d'élongation, de F_y et F_u p/r à ceux obtenus lors du contrôle de la qualité sont les suivants:

Résistance (MPa)		PARALUME NO 1		PARALUME NO 2	PARALUME NO 3	CONTROLE DE LA QUALITE
		21 essais	21 essais	12 essais	12 essais	50 essais
Traction directe	R (MPa)	6.2	6.3	5.5%	5.46	5.22
	EI (%)	1.0	1.0	0.6	0.8	0.94
Flexion ASTM C-78	Fy (MPa)	8.2	7.6	9.3	5.8	5.1
	Fu (MPa)	19.0	19.7	16.5	14.5	16.6
	E (MPa)	----	----	17.257	14815	16347

- Les résultats obtenus sont du même ordre que ceux obtenus lors du contrôle de la qualité.
- Il nous a été impossible, à partir du béton durci de déterminer avec exactitude la teneur en fibre contenue dans le béton.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 222 333