



Maître d'Ouvrage

DRE Auvergne / Service Maîtrise d'ouvrage

DRE Auvergne / SMO
7 rue Léo Lagrange
63033 Clermont Ferrand

Approuvé par
le maître d'ouvrage

RN 88

Contournement du PUY EN VELAY

Opération n° 03 Q 43 A

VIADUC DE TAULHAC

Dossier de consultation des opérateurs économiques

2-3.5 - Note de calcul des appuis et des fondations

Maître d'Ouvre

DIR Massif Central / Service Ingénierie Routière du Puy

DIR MC / SIR
18 rue Jean Solvain
43000 Le Puy en Velay

Etabli et présenté par
le maître d'oeuvre

Date :

Fondations

Données du pieu :

Diamètre du fût	$\phi =$	1.600 m	Nombre de files	2
Section du fût	$A =$	2.01062 m ²	Nombre de pieux/file	4
Périmètre du fût	$P =$	5.0265 m	Espace entre pieux	8.400 m

Géométrie commune des piles :

Hauteur du chevêtre	$H_c =$	1.800 m	Section chevêtre :	38.65460 m ²
Largeur longitudinale	$B_l =$	5.800 m	Section fût :	15.68000 m ²
Largeur transversale	$B_t =$	6.800 m	Inertie selon l'axe transversale :	
Epaisseur du fût creux	$E_c =$	0.700 m	Chevêtre :	110.514379 m ⁴
Trou d'homme ($\phi = 1,0$ m) dans chevêtre			Fût :	72.230667 m ⁴

Largeur longitudinale de la semelle (B)	11.600 m	Volume semelle :	371.20000 m ³
Largeur transversale de la semelle (L)	12.800 m	Poids semelle :	9.65120 MN
Hauteur de la semelle	2.500 m		

Coefficient de frottement maximal d'un appareil :	$\mu_{\max} =$	3.50%	
Précision de pose de l'appareil :	$PP =$	0.30%	$H = (\mu_{\max} + PP) \times V$

Efforts horizontaux pour les appareils d'appui à pot fixes :

Nombre d'appareils d'appui à pot glissants :	$n =$	10	$\mu_a =$	2.85%
Coefficient de dégressivité :	$\alpha =$	0.5	$\mu_r =$	0.80%

PILE P1

Descente de charge par appareil d'appui :

	Appui gauche - multi	Appui droit - mono
ELS quasi-perm min	22.241 MN	22.252 MN
ELS quasi-perm max	24.907 MN	24.916 MN
ELS caractéristique min	18.761 MN	18.773 MN
ELS caractéristique max	32.631 MN	32.641 MN
ELU fondamental min	18.116 MN	18.070 MN
ELU fondamental max	34.587 MN	34.541 MN

Hauteur	$H_1 =$	24.87 m	Volume chevêtre :	69.57828 m ³
			Volume fût :	361.7376 m ³
			Poids de la pile :	11.21421 MN

Torseur appliqué en tête de pile :

	V	H	$M = 0,05 \times V + H_1 \times H$ M
ELS quasi-perm min	44.49300 MN	1.69073 MN	44.27320 MN.m
ELS quasi-perm max	49.82300 MN	1.89327 MN	49.57687 MN.m
ELS caractéristique min	37.53400 MN	1.42629 MN	37.34858 MN.m
ELS caractéristique max	65.27200 MN	2.48034 MN	64.94956 MN.m
ELU soutenu min	46.71765 MN	1.77527 MN	46.48686 MN.m
ELU soutenu max	52.31415 MN	1.98794 MN	52.05572 MN.m
ELU fondamental min	36.18600 MN	1.37507 MN	36.00724 MN.m
ELU fondamental max	69.12800 MN	2.62686 MN	68.78651 MN.m

V à l'ELS fût + semelle :	20.86541 MN	V à l'ELU fût + semelle :	28.16831 MN
---------------------------	-------------	---------------------------	-------------

Valeur du facteur de portance k_p :

Nature de la formation porteuse :	Argiles limoneuses (classe C)	Annexe E.1
Elément mis en œuvre sans refoulement du sol :	$k_p =$	1.3
		Annexe C.3

Valeur de la pression limite nette équivalente :

Annexe E.2

Fondations

SP1-1 Profondeur du toit de la formation non porteuse : Znp = 14.500 m
 Hauteur de l'élément dans la formation porteuse : h = 14.500 m
 Valeur de la profondeur a, fonction de ϕ : a = 0.800 m
 Valeur de la profondeur a, fonction de a et h : b = 0.800 m

	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	I (MN/m)	I = Intégrale de $p_{ie}(z)$ de (Znp+h-b) à (Znp+h+3a)
	28.000	3.970		
Znp+h-b	28.200	3.968		
	29.000	3.960	3.1712	Longueur du pieu :
	30.000	3.750	3.8550	H = 26.000 m
	31.000	3.660	3.7050	
Zpn+h+3a	31.400	4.136	1.5592	
	32.000	4.850		
		I = 12.2904 MN/m		$p_{ie} = 3.84075$ MPa

SP1-2 Profondeur du toit de la formation non porteuse : Znp = 18.000 m
 Hauteur de l'élément dans la formation porteuse : h = 11.000 m
 Valeur de la profondeur a, fonction de ϕ : a = 0.800 m
 Valeur de la profondeur a, fonction de a et h : b = 0.800 m

	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	I (MN/m)	I = Intégrale de $p_{ie}(z)$ de (Znp+h-b) à (Znp+h+3a) :
	28.000	4.050		
Znp+h-b	28.200	4.060		
	29.000	4.100	3.2640	Longueur du pieu :
	30.000	4.490	4.2950	H = 26.000 m
	31.000	3.970	4.2300	
Zpn+h+3a	31.400	3.958	1.5856	
	32.000	3.940		
		I = 13.3746 MN/m		$p_{ie} = 4.17956$ MPa

$p_{lemoy} = 4.01016$ MPa

Valeur de la contrainte de rupture sous la pointe :

Annexe C3

$q_u = 5.21320$ MPa

Valeur de l'effort limite mobilisable sous la pointe :

Annexe C2

$Q_{pu} = 10.48177$ MN

Annexe C3

Valeurs du frottement latéral unitaire limite :

Couche 1 : Sable et limons argileux (classe B)

Courbe Q2 : $q_{sn} = 0.08$ MPa

$p_n = 2.0$ MPa

J = Intégrale de $q_s(z)$ de 0 à H

SP1-1 :	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	J (MN/m)	SP1-2 :	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	J (MN/m)
					3.000	0.200	
	2.000	0.860			4.000	0.380	0.0215
	3.000	0.980	0.0566		5.000	0.870	0.0418
	3.797	2.000	0.0582		6.000	1.670	0.0683
	4.000	2.260			7.000	1.310	0.0746
	4.867	2.000	0.0856		7.340	2.000	0.0261
	5.000	1.960	0.0107		8.000	3.340	
	6.000	0.850	0.0709		10.000	2.950	
	7.000	0.820	0.0529		10.401	2.000	0.2449
	8.000	0.740	0.0502		11.000	0.580	0.0399
	9.000	0.970	0.0537		12.000	1.260	0.0559
	10.000	0.980	0.0590				
		J = 0.4977 MN/m				J = 0.5729 MN/m	

Couche 2 : Brèche altérée (classe A)

Courbe Q6 :

$p_n = 1.4$ MPa

SP1-1 :	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	J (MN/m)	SP1-2 :	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	J (MN/m)
	10.000	0.980			12.000	1.260	

Fondations

10.093	1.400	0.0148	12.056	1.400	0.0097
11.000	5.480	0.2249	13.000	3.750	0.2068
12.000	5.840	0.3220	14.000	3.750	0.2583
13.000	5.850	0.3282	15.000	3.130	0.2480
14.000	2.140	0.2665	16.000	5.070	0.2700
15.000	2.140	0.2047	17.000	5.220	0.3048
			18.000	5.210	0.3072
J = 1.3610 MN/m			J = 1.6049 MN/m		

Couche 3 : Argile limoneuse (classe C)

Courbe Q1 :	$q_{sn} = 0.04$ MPa	$p_n = 1.5$ MPa
SP1-1 :	z (m) $p_{ie}(z)$ (Mpa) J (MN/m)	SP1-2 : z (m) $p_{ie}(z)$ (Mpa) J (MN/m)
	15.000 2.140	18.000 5.210
	29.000 3.960 0.5600	29.000 4.100 0.4400
	J = 0.5600 MN/m	J = 0.4400 MN/m

$$q_{su} = 2.51827 \text{ MN/m}$$

Valeur de l'effort limite mobilisable par frottement latéral :

Annexe C2

$$Q_{su} = 12.65822 \text{ MN}$$

Charge limite en compression :

$$Q_{cu} = 23.13999 \text{ MN}$$

Charge de fluage en compression :

$$Q_{cc} = 14.10164 \text{ MN}$$

Charge de fluage en traction :

$$Q_{tc} = 8.86076 \text{ MN}$$

Justifications :

Chapitre C4

Effort maxi par pieu à l'ELS / Vmax	Nmax = 12.70020 MN	OK pour fluage
Effort mini par pieu à l'ELS / Vmax	Nmin = 8.83415 MN	OK pour fluage
Effort maxi par pieu à l'ELS / Vmin	Nmax = 8.41149 MN	OK pour fluage
Effort mini par pieu à l'ELS / Vmin	Nmin = 6.18836 MN	OK pour fluage
Effort maxi par pieu à l'ELU / Vmax	Nmax = 14.20926 MN	OK pour effort limite
Effort mini par pieu à l'ELU / Vmax	Nmin = 10.11482 MN	OK pour effort limite
Effort maxi par pieu à l'ELS / Vmin	Nmax = 9.11593 MN	OK pour effort limite
Effort mini par pieu à l'ELS / Vmin	Nmin = 6.97264 MN	OK pour effort limite

PILE P2

Descente de charge par appareil d'appui :

	Appui gauche - mono	Appui droit - fixe
ELS quasi-perm min	23.477 MN	23.462 MN
ELS quasi-perm max	26.019 MN	26.006 MN
ELS caractéristique min	19.719 MN	19.698 MN
ELS caractéristique max	34.311 MN	34.298 MN
ELU fondamental min	18.741 MN	18.656 MN
ELU fondamental max	36.498 MN	36.414 MN

Hauteur	H2 = 26.51 m	Volume chevêtre : 69.57828 m ³
		Volume fût : 387.4528 m ³
		Poids de la pile : 11.88281 MN

Effort horizontal repris par appareils d'appui à pot fixes de la pile P2 à l'ELS :	H = 2.700 MN
La pile P2 reprend la totalité des efforts de freinage (30 tonnes).	H = 0.300 MN

Torseur appliqué en tête de pile :

$$M = 0,05xV + H2xH$$

Fondations

	V	H	M
ELS quasi-perm min	46.93900 MN	2.70015 MN	73.92803 MN.m
ELS quasi-perm max	52.02500 MN	2.70015 MN	74.18233 MN.m
ELS caractéristique min	39.41700 MN	2.70015 MN	73.55193 MN.m
ELS caractéristique max	68.60900 MN	2.70015 MN	75.01153 MN.m
ELU soutenu min	49.28595 MN	3.64521 MN	99.09876 MN.m
ELU soutenu max	54.62625 MN	3.64521 MN	99.36577 MN.m
ELU fondamental min	37.39700 MN	3.64521 MN	98.50431 MN.m
ELU fondamental max	72.91200 MN	3.64521 MN	100.28006 MN.m

V à l'ELS fût + semelle : 21.53401 MN V à l'ELU fût + semelle : 29.07091 MN

Valeur du facteur de portance k_p :

Nature de la formation porteuse : Argiles limoneuses (classe C) Annexe E.1
 Élément mis en œuvre sans refoulement du sol : $k_p = 1.3$ Annexe C.3

Valeur de la pression limite nette équivalente :

Annexe E.2

SP2-1 Profondeur du toit de la formation non porteuse : $Z_{np} = 23.000$ m
 Hauteur de l'élément dans la formation porteuse : $h = 7.000$ m
 Valeur de la profondeur a , fonction de ϕ : $a = 0.800$ m
 Valeur de la profondeur a , fonction de a et h : $b = 0.800$ m

	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	I (MN/m)	$I = \text{Intégrale de } p_{ie}(z) \text{ de } (Z_{np}+h-b) \text{ à } (Z_{np}+h+3a)$
	29.000	4.100		
$Z_{np}+h-b$	29.200	5.040		
	30.000	8.800	5.5360	
	31.000	4.620	6.7100	
	32.000	4.090	4.3550	
$Z_{np}+h+3a$	32.400	4.226	1.6632	
	33.000	4.430		
			$I = 18.2642$ MN/m	$p_{ie} = 5.70756$ MPa

Longueur du pieu : $H = 27.000$ m

SP2-2 Profondeur du toit de la formation non porteuse : $Z_{np} = 29.000$ m
 Hauteur de l'élément dans la formation porteuse : $h = 1.000$ m
 Valeur de la profondeur a , fonction de ϕ : $a = 0.800$ m
 Valeur de la profondeur a , fonction de a et h : $b = 0.800$ m

	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	I (MN/m)	$I = \text{Intégrale de } p_{ie}(z) \text{ de } (Z_{np}+h-b) \text{ à } (Z_{np}+h+3a)$
	29.000	4.850		
$Z_{np}+h-b$	29.200	4.780		
	30.000	4.500	3.7120	
	31.000	4.900	4.7000	
	32.000	4.830	4.8650	
$Z_{np}+h+3a$	32.400	4.698	1.9056	
	33.000	4.500		
			$I = 15.1826$ MN/m	$p_{ie} = 4.74456$ MPa

Longueur du pieu : $H = 27.000$ m

$p_{lemoy} = 5.22606$ MPa

Valeur de la contrainte de rupture sous la pointe :

Annexe C3

$q_u = 6.79388$ MPa

Valeur de l'effort limite mobilisable sous la pointe :

Annexe C2

$Q_{pu} = 13.65991$ MN

Valeurs du frottement latéral unitaire limite :

Annexe C3

Couche 1 : Limons sableux (classe A)

Courbe Q1 : $q_{sn} = 0.04$ MPa $p_n = 1.5$ MPa

$J = \text{Intégrale de } q_s(z) \text{ de } 0 \text{ à } H$

SP2-1 : z (m) $p_{ie}(z)$ (Mpa) J (MN/m) SP2-2 : z (m) $p_{ie}(z)$ (Mpa) J (MN/m)

Fondations

3.000	0.550		3.000	0.910	
4.000	0.460	0.0224	4.000	0.610	0.0301
5.000	0.540	0.0222	5.000	0.700	0.0273
6.000	0.890	0.0289	5.920	1.500	0.0333
7.000	0.610	0.0299	6.000	1.570	
7.890	1.500	0.0314	6.140	1.500	0.0088
8.000	1.610		7.000	1.070	0.0335
8.100	1.500	0.0084	7.339	1.500	0.0132
9.000	0.510	0.0308	8.000	2.340	
10.000	0.990	0.0297	8.587	1.500	0.0500
10.560	1.500	0.0216	9.000	0.910	0.0157
11.000	1.900		10.000	1.050	0.0352
11.320	1.500	0.0304	11.000	1.090	0.0367
12.000	0.650	0.0243			
		J =			J =
		0.2798 MN/m			0.2836 MN/m

Couche 2 : Brèche altérée (classe A)

Courbe Q6 :

irbe Q6 :			$p_n = 1.4 \text{ MPa}$				
SP2-1 :	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	J (MN/m)	SP2-2 :	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	J (MN/m)
	12.000	0.650			11.000	1.090	
	12.170	1.400	0.0243		11.151	1.400	0.0249
	13.000	5.050	0.1998		12.000	3.140	0.1774
	14.000	3.370	0.2737		13.000	2.180	0.2220
	15.000	1.930	0.2217		14.000	5.250	0.2572
	16.000	1.550	0.1913		15.000	3.670	0.2820
	17.000	2.890	0.2073		16.000	5.050	0.2787
	18.000	2.920	0.2302		17.000	3.680	0.2788
	19.000	4.360	0.2547		18.000	2.650	0.2388
		J =	1.6029 MN/m			J =	1.7598 MN/m

Couche 3 : Limons cendreaux (classe A)

Courbe Q1 :

irbe Q1 :			$q_{sn} = 0.04 \text{ MPa}$	$p_n = 1.5 \text{ MPa}$			
SP2-1 :	z (m)	$p_{ie}(z) \text{ (Mpa)}$	J (MN/m)	SP2-2 :	z (m)	$p_{ie}(z) \text{ (Mpa)}$	J (MN/m)
	19.000	4.360			18.000	2.650	
	23.000	3.360	0.1600		29.000	4.850	0.4400
		J =	0.1600 MN/m			J =	0.4400 MN/m

Couche 4 : Argile limoneuse (classe C)

Courbe Q1 :

			$p_n = 1.5 \text{ MPa}$				
SP1-1 :	z (m)	$p_{ie}(z) \text{ (Mpa)}$	J (MN/m)	SP1-2 :	z (m)	$p_{ie}(z) \text{ (Mpa)}$	J (MN/m)
	23.000	3.360			29.000	4.850	
	30.000	8.800	0.2800		30.000	4.100	0.0400
		J =	0.2800 MN/m			J =	0.0400 MN/m

$q_{su} = 2.42308 \text{ MN/m}$

Valeur de l'effort limite mobilisable par frottement latéral :

Annexe C2

$Q_{su} = 12.17970 \text{ MN}$

Charge limite en compression :

$Q_{cu} = 25.83961 \text{ MN}$

Charge de fluage en compression :

$Q_{cc} = 15.35575 \text{ MN}$

Charge de fluage en traction :

$Q_{tc} = 8.52579 \text{ MN}$

Justifications :

Chapitre C4

Effort maxi par pieu à l'ELS / V_{max} $N_{max} = 13.50036 \text{ MN}$
 Effort mini par pieu à l'ELS / V_{max} $N_{min} = 9.03539 \text{ MN}$

OK pour fluage
 OK pour fluage

Effort maxi par pieu à l'ELS / V_{min} $N_{max} = 9.80792 \text{ MN}$
 Effort mini par pieu à l'ELS / V_{min} $N_{min} = 5.42983 \text{ MN}$

OK pour fluage
 OK pour fluage

Fondations

Effort maxi par pieu à l'ELU / Vmax	Nmax =	15.73239 MN	OK pour effort limite
Effort mini par pieu à l'ELU / Vmax	Nmin =	9.76334 MN	OK pour effort limite
Effort maxi par pieu à l'ELS / Vmin	Nmax =	11.24016 MN	OK pour effort limite
Effort mini par pieu à l'ELS / Vmin	Nmin =	5.37681 MN	OK pour effort limite

PILE P3

Descente de charge par appareil d'appui :

	Appui gauche - multi	Appui droit - mono
ELS quasi-perm min	23.498 MN	23.527 MN
ELS quasi-perm max	26.041 MN	26.062 MN
ELS caractéristique min	19.738 MN	19.762 MN
ELS caractéristique max	34.330 MN	34.351 MN
ELU fondamental min	18.763 MN	18.715 MN
ELU fondamental max	36.517 MN	36.469 MN

Hauteur	H3 =	21.146 m	Volume chevêtre :	69.57828 m ³
			Volume fût :	303.34528 m ³
			Poids de la pile :	9.69601 MN

Torseur appliqué en tête de pile :

	V	H	M = 0,05xV + H2xH
ELS quasi-perm min	47.02500 MN	1.78695 MN	40.13809 MN.m
ELS quasi-perm max	52.10300 MN	1.97991 MN	44.47241 MN.m
ELS caractéristique min	39.50000 MN	1.50100 MN	33.71515 MN.m
ELS caractéristique max	68.68100 MN	2.60988 MN	58.62253 MN.m
ELU soutenu min	49.37625 MN	1.87630 MN	42.14500 MN.m
ELU soutenu max	54.70815 MN	2.07891 MN	46.69603 MN.m
ELU fondamental min	37.47800 MN	1.42416 MN	31.98927 MN.m
ELU fondamental max	72.98600 MN	2.77347 MN	62.29705 MN.m

V à l'ELS fût + semelle :	19.34721 MN	V à l'ELU fût + semelle :	26.11874 MN
---------------------------	-------------	---------------------------	-------------

Valeur du facteur de portance k_p :

Nature de la formation porteuse :	Sables silteux (classe C)	Annexe E.1
Élément mis en œuvre sans refoulement du sol :	$k_p =$ 1.3	Annexe C.3

Valeur de la pression limite nette équivalente :

SP3-1	Profondeur du toit de la formation non porteuse :	Znp =	23.000 m	Annexe E.2
	Hauteur de l'élément dans la formation porteuse :	h =	1.000 m	
	Valeur de la profondeur a, fonction de ϕ :	a =	0.800 m	
	Valeur de la profondeur a, fonction de a et h :	b =	0.800 m	
	z (m)	$p_{le}(z)$ (Mpa)	I (MN/m)	I = Intégrale de $p_{le}(z)$ de (Znp+h-b) à (Znp+h+3a)
	23.000	5.170		
Znp+h-b	23.200	5.190		
	24.000	5.270	4.1840	Longueur du pieu :
	25.000	5.350	5.3100	H = 21.000 m
	26.000	5.810	5.5800	
Zpn+h+3a	26.400	4.930	2.1480	
	27.000	3.610		
		I =	17.2220 MN/m	$p_{le} =$ 5.38188 MPa

SP3-2	Profondeur du toit de la formation non porteuse :	Znp =	20.000 m
	Hauteur de l'élément dans la formation porteuse :	h =	4.000 m
	Valeur de la profondeur a, fonction de ϕ :	a =	0.800 m

Fondations

Valeur de la profondeur a, fonction de a et h :

b = 0.800 m

z (m) $p_{ie}(z)$ (Mpa) I (MN/m) I = Intégrale de $p_{ie}(z)$ de (Znp+h-b) à (Znp+h+3a)

Znp+h-b

23.000	6.040	
23.200	5.972	
24.000	5.700	4.6688
25.000	5.540	5.6200
26.000	5.320	5.4300

Longueur du pieu :

H = 21.000 m

Zpn+h+3a

26.400	5.104	2.0848
27.000	4.780	

I = 17.8036 MN/m

p_{ie} = 5.56363 MPa

p_{iemoy} = 5.47275 MPa

Valeur de la contrainte de rupture sous la pointe :

Annexe C3

q_u = 7.11458 MPa

Valeur de l'effort limite mobilisable sous la pointe :

Annexe C2

Q_{pu} = 14.30470 MN

Annexe C3

Valeurs du frottement latéral unitaire limite :

Couche 1 : Sables beiges (classe A)

Courbe Q1 :

q_{sn} = 0.04 MPa

p_n = 1.5 MPa

SP3-1 :	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	J (MN/m)	SP3-2 :	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	J (MN/m)
	3.000	3.880			3.000	1.250	
	4.000	3.800			4.000	0.960	0.0371
	5.000	3.400			5.000	1.120	0.0362
	6.000	3.780			6.000	1.170	0.0378
	7.000	4.220			7.000	1.280	0.0386
	8.000	4.840	0.2000		7.386	1.500	0.0397

J = 0.2000 MN/m

J = 0.3043 MN/m

Couche 2 : Brèche altérée (classe A)

Courbe Q6 :

p_n = 1.4 MPa

SP3-1 :	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	J (MN/m)	SP3-2 :	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	J (MN/m)
	8.000	4.840			10.000	1.160	
	9.000	7.140	0.3330		10.107	1.400	0.0180
	10.000	4.810	0.3325		11.000	3.400	0.1905
	11.000	4.830	0.2940		12.000	2.430	0.2305
	12.000	4.420	0.2875		13.000	5.210	0.2607
	13.000	4.830	0.2875		14.000	5.550	0.3127
	14.000	5.120	0.2992		15.000	5.070	0.3103
	15.000	4.980	0.3017		16.000	5.180	0.3042
	16.000	5.160	0.3023		17.000	5.510	0.3115
	17.000	5.150	0.3052		18.000	5.380	0.3148
	18.000	4.910	0.3010		19.000	5.080	0.3077
	19.000	3.900	0.2802		20.000	5.380	0.3077
	20.000	6.090	0.2998				
	21.000	4.840	0.3155				
	22.000	4.830	0.2945				
	23.000	5.170	0.3000				

J = 4.5338 MN/m

J = 2.8685 MN/m

Couche 3 : Sables silteux (classe A)

Courbe Q1 :

q_{sn} = 0.04 MPa

p_n = 1.5 MPa

SP3-1 :	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	J (MN/m)	SP3-2 :	z (m)	$p_{ie}(z)$ (Mpa)	J (MN/m)
	23.000	5.170			20.000	5.380	
	24.000	5.270	0.0400		24.000	5.700	0.1600

Fondations

J = 0.0400 MN/m

J = 0.1600 MN/m

Valeur de l'effort limite mobilisable par frottement latéral :

q_{su} = 4.05333 MN/m

Annexe C2

Q_{su} = 20.37425 MN

Charge limite en compression :

Q_{cu} = 34.67896 MN

Charge de fluage en compression :

Q_{cc} = 21.41433 MN

Charge de fluage en traction :

Q_{tc} = 14.26198 MN

Justifications :

Chapitre C4

Effort maxi par pieu à l'ELS / Vmax Nmax = 12.74824 MN

OK pour fluage

Effort mini par pieu à l'ELS / Vmax Nmin = 9.25881 MN

OK pour fluage

Effort maxi par pieu à l'ELS / Vmin Nmax = 8.35933 MN

OK pour fluage

Effort mini par pieu à l'ELS / Vmin Nmin = 6.35247 MN

OK pour fluage

Effort maxi par pieu à l'ELU / Vmax Nmax = 14.24217 MN

OK pour fluage

Effort mini par pieu à l'ELU / Vmax Nmin = 10.53401 MN

OK pour fluage

Effort maxi par pieu à l'ELS / Vmin Nmax = 8.90165 MN

OK pour fluage

Effort mini par pieu à l'ELS / Vmin Nmin = 6.99753 MN

OK pour fluage

PILE P4

Descente de charge par appareil d'appui :

	Appui gauche - multi	Appui droit - mono
ELS quasi-perm min	22.257 MN	22.241 MN
ELS quasi-perm max	24.933 MN	24.909 MN
ELS caractéristique min	18.775 MN	18.759 MN
ELS caractéristique max	32.663 MN	32.639 MN
ELU fondamental min	18.134 MN	18.057 MN
ELU fondamental max	34.617 MN	34.539 MN

Hauteur H4 = 12.09 m

Volume chevêtre : 69.57828 m³

Volume fût : 161.3472 m³

Poids de la pile : 6.00406 MN

Torseur appliqué en tête de pile :

M = 0,05xV + H2xH

	V	H	M
ELS quasi-perm min	44.49800 MN	1.69092 MN	22.66817 MN.m
ELS quasi-perm max	49.84200 MN	1.89400 MN	25.39051 MN.m
ELS caractéristique min	37.53400 MN	1.42629 MN	19.12057 MN.m
ELS caractéristique max	65.30200 MN	2.48148 MN	33.26614 MN.m
ELU soutenu min	46.72290 MN	1.77547 MN	23.80158 MN.m
ELU soutenu max	52.33410 MN	1.98870 MN	26.66004 MN.m
ELU fondamental min	36.19100 MN	1.37526 MN	18.43642 MN.m
ELU fondamental max	69.15600 MN	2.62793 MN	35.22945 MN.m

V à l'ELS fût + semelle : 15.65526 MN

V à l'ELU fût + semelle : 21.13460 MN

Valeur du facteur de portance k_p :

Nature de la formation porteuse : Brèches altérées (classe A)

Annexe E.1

Élément mis en œuvre sans refoulement du sol :

k_p = 1.3

Annexe C.3

Valeur de la pression limite nette équivalente :

Annexe E.2

Fondations

SP4-1 Profondeur du toit de la formation non porteuse : $Z_{np} = 3.000 \text{ m}$
 Hauteur de l'élément dans la formation porteuse : $h = 14.000 \text{ m}$
 Valeur de la profondeur a , fonction de ϕ : $a = 0.800 \text{ m}$
 Valeur de la profondeur a , fonction de a et h : $b = 0.800 \text{ m}$

	$z \text{ (m)}$	$p_{ie}(z) \text{ (Mpa)}$	$I \text{ (MN/m)}$	$I = \text{Intégrale de } p_{ie}(z) \text{ de } (Z_{np}+h-b) \text{ à } (Z_{np}+h+3a)$	
	16.000	5.090			
$Z_{np}+h-b$	16.200	5.158			
	17.000	5.430	4.2352		Longueur du pieu :
	18.000	5.470	5.4500		$H = 14.000 \text{ m}$
	19.000	5.470	5.4700		
$Z_{pn}+h+3a$	19.400	5.466	2.1872		
	20.000	5.460			
		$I = 17.3424 \text{ MN/m}$		$p_{ie} = 5.41950 \text{ MPa}$	

SP4-2 Profondeur du toit de la formation non porteuse : $Z_{np} = 4.000 \text{ m}$
 Hauteur de l'élément dans la formation porteuse : $h = 13.000 \text{ m}$
 Valeur de la profondeur a , fonction de ϕ : $a = 0.800 \text{ m}$
 Valeur de la profondeur a , fonction de a et h : $b = 0.800 \text{ m}$

	$z \text{ (m)}$	$p_{ie}(z) \text{ (Mpa)}$	$I \text{ (MN/m)}$	$I = \text{Intégrale de } p_{ie}(z) \text{ de } (Z_{np}+h-b) \text{ à } (Z_{np}+h+3a)$	
	16.000	4.580			
$Z_{np}+h-b$	16.200	4.806			
	17.000	5.710	4.2064		Longueur du pieu :
	18.000	4.830	5.2700		$H = 14.000 \text{ m}$
	19.000	4.660	4.7450		
$Z_{pn}+h+3a$	19.400	4.832	1.8984		
	20.000	5.090			
		$I = 16.1198 \text{ MN/m}$		$p_{ie} = 5.03744 \text{ MPa}$	

$p_{lemoy} = 5.22847 \text{ MPa}$

Valeur de la contrainte de rupture sous la pointe :

Annexe C3
 $q_u = 6.79701 \text{ MPa}$

Valeur de l'effort limite mobilisable sous la pointe :

Annexe C2
 $Q_{pu} = 13.66620 \text{ MN}$

Valeurs du frottement latéral unitaire limite :

Couche 1 : Limons (classe C)

Courbe Q1 :	$q_{sn} = 0.04 \text{ MPa}$	$p_n = 1.5 \text{ MPa}$	
SP4-1 :	$z \text{ (m)}$	$p_{ie}(z) \text{ (Mpa)}$	$J \text{ (MN/m)}$
	3.000	5.010	
			$J = 0.0000 \text{ MN/m}$
SP4-2 :	$z \text{ (m)}$	$p_{ie}(z) \text{ (Mpa)}$	$J \text{ (MN/m)}$
	3.000	1.890	
	3.600	1.500	0.0240
	4.000	1.240	0.0158
		$J = 0.0398 \text{ MN/m}$	

Couche 2 : Brèches altérées (classe A)

Courbe Q3 :	$q_{sn} = 0.12 \text{ MPa}$	$p_n = 2.5 \text{ MPa}$	
SP4-1 :	$z \text{ (m)}$	$p_{ie}(z) \text{ (Mpa)}$	$J \text{ (MN/m)}$
	3.000	5.010	
	17.000	5.090	1.6800
			$J = 1.6800 \text{ MN/m}$
SP4-2 :	$z \text{ (m)}$	$p_{ie}(z) \text{ (Mpa)}$	$J \text{ (MN/m)}$
	4.000	1.240	
	5.000	1.640	0.0982
	5.606	2.500	0.0698
	6.000	3.060	
	17.000	4.580	1.3673
		$J = 1.5353 \text{ MN/m}$	

$q_{su} = 1.62757 \text{ MN/m}$

Valeur de l'effort limite mobilisable par frottement latéral :

Annexe C2
 $Q_{su} = 8.18107 \text{ MN}$

Charge limite en compression :

$Q_{cu} = 21.84727 \text{ MN}$

Fondations

Charge de fluage en compression :

$Q_{cc} = 12.55985 \text{ MN}$

Charge de fluage en traction :

$Q_{tc} = 5.72675 \text{ MN}$

Justifications :

Chapitre C4

Effort maxi par pieu à l'ELS / Vmax	Nmax =	11.10972 MN	OK pour fluage
Effort mini par pieu à l'ELS / Vmax	Nmin =	9.12959 MN	OK pour fluage
Effort maxi par pieu à l'ELS / Vmin	Nmax =	7.21772 MN	OK pour fluage
Effort mini par pieu à l'ELS / Vmin	Nmin =	6.07959 MN	OK pour fluage
Effort maxi par pieu à l'ELU / Vmax	Nmax =	12.33482 MN	OK pour fluage
Effort mini par pieu à l'ELU / Vmax	Nmin =	10.23783 MN	OK pour fluage
Effort maxi par pieu à l'ELS / Vmin	Nmax =	7.71440 MN	OK pour fluage
Effort mini par pieu à l'ELS / Vmin	Nmin =	6.61700 MN	OK pour fluage

CULEE C5

Descente de charge par appareil d'appui :

	Appui gauche - multi	Appui droit - mono
ELS quasi-perm min	3.989 MN	3.993 MN
ELS quasi-perm max	4.716 MN	4.719 MN
ELS caractéristique min	2.052 MN	2.056 MN
ELS caractéristique max	8.322 MN	8.325 MN
ELU fondamental min	1.601 MN	1.603 MN
ELU fondamental max	9.305 MN	9.307 MN

CULEE C0

Descente de charge par appareil d'appui :

	Appui gauche - multi	Appui droit - mono
	4.005 MN	4.002 MN
	4.726 MN	4.723 MN
	2.066 MN	2.062 MN
	8.335 MN	8.332 MN
	1.612 MN	1.607 MN
	9.323 MN	9.318 MN