

ÉTUDE 2

2.3 - En C0, l'appui fixe autorise la rotation (cette rotation soulage les contraintes de flexion liées au passage de charges lourdes) au droit de cet appui mais bloque tout déplacement longitudinal (permet d'ancre le tablier et donc de lui faire encaisser les efforts longitudinaux de freinage des véhicules).
Les autres appuis sont glissants et autorisent donc les déformations liées aux variations de températures.

2.4 - Degré d'hyperstaticité = 6 inconnues de liaison - 3 équations de la statique = 3

2.5 - Le cas de chargement "poids propre" de schéma 1 montre que la charge est répartie uniformément et de même intensité sur les 4 travées.
Uniformément: la courbe de l'effort tranchant est une droite sur les 4 travées.
De même intensité: le coefficient directeur de la courbe de l'effort tranchant est identique sur les 4 travées.

Donc seul le schéma 2 peut être le diagramme recherché.

2.6 -

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

$$16,300 \times 0 + 2 \times (16,300 + 17,500) \times M_{P1} + 17,500 \times (-4\,215) = 6EI \times ((-176 \times 17,500^3 / (24EI)) - 176 \times 16,300^3 / (24EI))$$

$$2 \times (16,300 + 17,500) \times M_{P1} + 17,500 \times (-4\,215) = 6EI \times (-176) / 24EI \times (17,500^3 + 16,300^3)$$

$$67,6 \times M_{P1} - 73\,762,5 = -426\,365,4$$

$$M_{P1} = -5\,216,0 \text{ kNm}$$

2.7 - Moment sur appuis: $M_{C0} = 0 \text{ kNm}$ $M_{P1} = -5\,216 \text{ kNm}$ $M_{P2} = -4\,215 \text{ kNm}$ $M_{P3} = -4\,872 \text{ kNm}$ $M_{C4} = 0 \text{ kNm}$

La charge est uniformément répartie, donc la courbe du moment fléchissant est une parabole.
L'effort tranchant nul indique la position de la tangente horizontale sur la courbe du moment fléchissant.

Position de la tangente horizontale / Position du moment maximum:

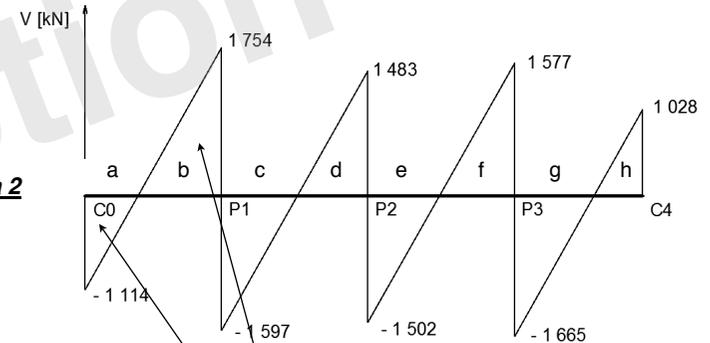
$$C0 - P1: 1\,114/a = 1754/b \text{ et } a + b = 16,300 \text{ donc } a + (1754/1114) \times a = 16,300 \text{ donc } a = 16,300 / (1 + 1754/1114) = 6,331 \text{ m}$$

$$P1 - P2: c = 9,074 \text{ m}$$

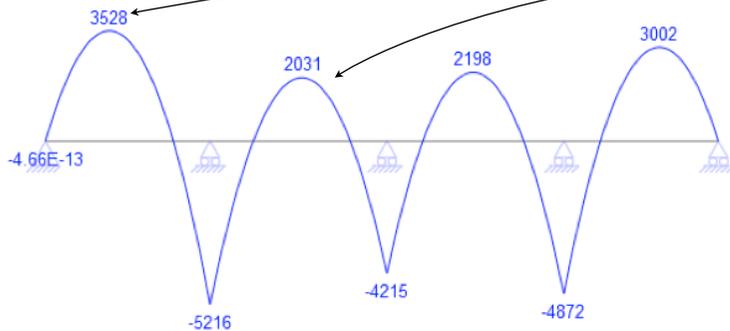
$$P2 - P3: e = 8,537 \text{ m}$$

$$P3 - P4: g = 9,460 \text{ m}$$

Schéma 2



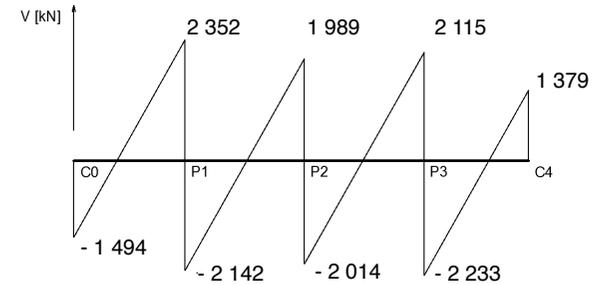
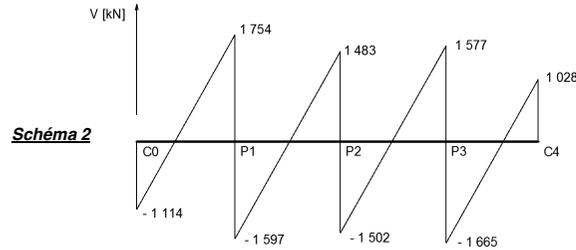
Courbe Moment fléchissant



V	segment	x	Surface sous tendue par la courbe de l'effort tranchant sur la longueur du segment	Surface sous tendue cumulée
kN		m	kN.m	kN.m
-1 114	a	6,331	3 526	3 526
1 754	b	9,969	-8 743	-5 216
-1 597	c	9,074	7 246	2 029
1 483	d	8,426	-6 248	-4 219
-1 502	e	8,537	6 411	2 193
1 577	f	8,963	-7 067	-4 875
-1 665	g	9,460	7 875	3 001
1 028	h	5,840	-3 002	-1

2.8 - On utilise le principe de proportionnalité.

Poids propre: 176 kNm, le diagramme vaut:



Poids propre + équipements: 176 + 60 kNm, le diagramme vaut (rapport de proportionnaite: $(176 + 60) / 176 = 1,341$)

2.9 - Réaction sur les piles et les culées:

C0: Réaction = 1 494 kN P1: Réaction = 2 352 + 2 142 = 4 494 kN P2: Réaction = 1 989 + 2 014 = 4 003 kN P3: Réaction = 2 115 + 2 233 = 4 348 kN C4: Réaction = 1 379 kN

ÉTUDE 4

4.3 - Point d'arrêt: Le point d'arrêt arrête la tâche pour un contrôle extérieur par le maître d'ouvrage ou son mandataire. Après le contrôle, le point d'arrêt est levé et la tâche suivante peut reprendre.
Point critique: Le point critique arrête la tâche pour un contrôle interne par le chef de chantier ou un contrôleur de l'entreprise. Après le contrôle, le point critique est levé et la tâche peut reprendre.

4.4 - Autorisation d'injection.

4.5 - Ces points d'arrêt empêchent de faire des actions irréversibles, qui entraîneraient une sous-utilisation de l'ouvrage (ex: réduction de la circulation par suppression de voies) voir une destruction/reconstruction complète de celui-ci.

- A) Validation du procédé avant démarrage des travaux (éventuellement irréversible si contrat signé).
- B) Une précontrainte trop rapide pourrait détruire le tablier (irréversible).
- C) Mise en tension après une détection d'anomalie pourrait ruiner le tablier (irréversible).
- D) Les armatures coupées ne pourraient plus être retendu le cas échéant (irréversible).

ÉTUDE 6

TABLEAU DE METRE

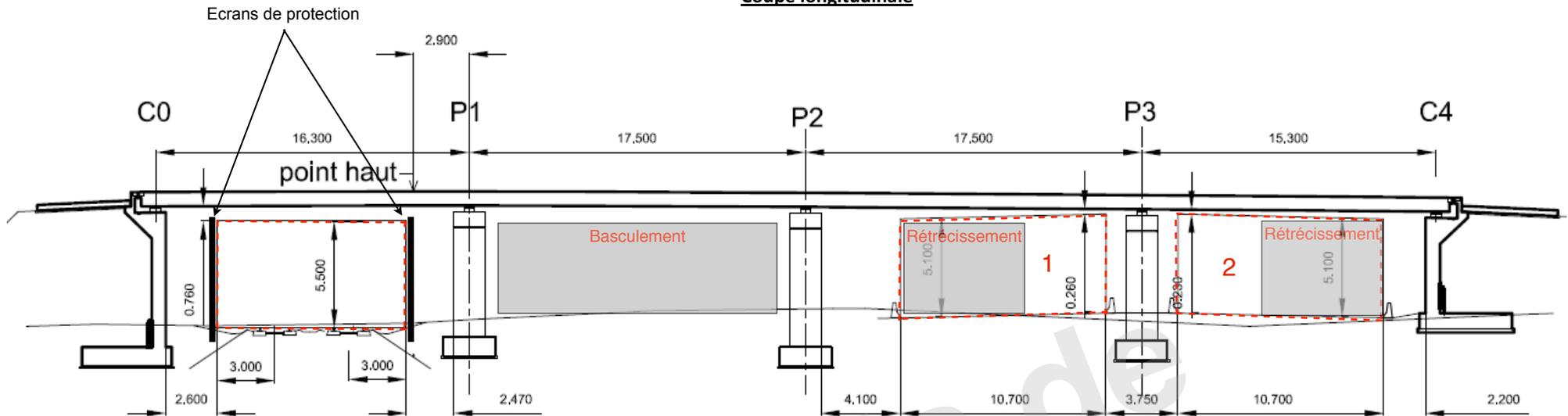
N°	DESIGNATION, SCHEMAS ET CALCULS	U	QTE
Remarque: les cannelures sont comptées en n° 2040 b			
2030 a	<p>Coffrages pour parements soignés fins des piles</p> <p>Haut des fûts: $0,650 \times (0,800 + 1,000 + 0,800) \times 2 \text{ unités} \times 3 \text{ piles} = 10,14 \text{ m}^2$</p> <p>Engravure: $(0,200 + 0,200 + 0,200) \times 5,500 \times 2 \text{ unités} \times 2 \text{ piles} = 13,20 \text{ m}^2$ Il n'y a pas de descentes d'EP sur P1.</p>	m ²	23,34
2040 a	<p>Coffrages pour parements soignés ouvrages coulés en place des piles</p> <p>$0,500/0,800 = \sin(\text{Angle A} / 2)$ d'où Angle A = 77,364 deg = 1,350 rad d'où Angle B = 4,933 rad. Le périmètre L = $4,933 \times 0,800 + 1,000 = 4,946 \text{ m}$</p> <p>Pour une pile: $((H - 0,800) \times (4,933 \times 0,800 + 1,000) + 0,800 \times (4,933 \times 0,800)) \times 4 \text{ unités}$</p> <p>Pour pile P1: $((6,440 - 0,800) \times (4,933 \times 0,800 + 1,000) + 0,800 \times (4,933 \times 0,800)) \times 4 \text{ unités} = 124,22 \text{ m}^2$</p> <p>Pour pile P2: $((6,910 - 0,800) \times (4,933 \times 0,800 + 1,000) + 0,800 \times (4,933 \times 0,800)) \times 4 \text{ unités} = 133,52 \text{ m}^2$</p> <p>Pour pile P3: idem P1 = 124,22 m²</p>	m ²	381,96

ÉTUDE 7

7.1 - Le joint de chaussée, ou joint de dilatation, permet d'assurer la continuité de la circulation au droit de la coupure tablier/route. Cette coupure permet au tablier de se dilater librement en fonction de la température.

7.2 - Le souffle de l'appareil est de 80 mm. Le souffle nécessaire au tablier est de 50 mm. L'appareil choisi est donc conforme.

7.3 - A + ou - 25 mm d'ouverture, le joint génère entre le tablier et le mur garde grève un effort de traction ou de compression de 23 kN/m. La poussée longitudinale entre le tablier et le mur garde grève est de 23 kN/m x 11,50 m = 264 kN. Il faut donc des ancrages résistants pour le joint.

Coupe longitudinale**Répondre ci-dessous par des textes et/ou des schémas :**

Le gabarit de passage du train tram impose une mise en place d'un écran de protection anti pénétration de charge et d'engin. L'écran peut être de type paroi berlinoise. Il reste donc peu de place entre cet écran et l'ouvrage à réaliser:

- 2,60 m entre gabarit et C0,
- 2,47 m entre gabarit et P1,
- 0,76 m entre gabarit et tablier.

Conséquence sur le mode constructif:

- réaliser C0 et P1 indépendamment (on ne passe pas facilement de C0 à P1),
- Probablement construire le tablier plus haut sur des appuis provisoires puis le dévêliner après le décoffrage.
- utiliser des coffrages de faible encombrement.

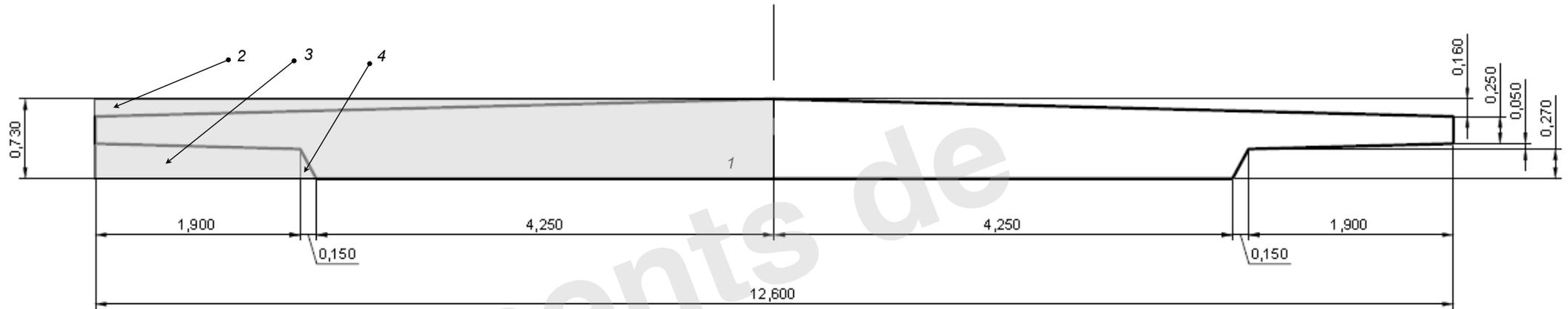
Le gabarit de passage routier impose un rétrécissement de voie (2 fois 1 voie au lieu de 2 fois 2 voies) ou un basculement de voie entre P1 et P2 pour dégager de la place pour la réalisation de la pile P3 et la culée C4. Il reste peu de place entre ce gabarit et le tablier de l'ouvrage à réaliser:

- 0,26 m entre gabarit 1 et tablier,
- 0,23 m entre gabarit 2 et tablier.

Conséquence sur le mode constructif:

- réaliser P2, P3 et C4 en phase avec un rétrécissement ou un basculement de chaussée,
- construire le tablier plus haut sur des appuis provisoires puis le dévêliner après le décoffrage.

COUPE TRANSVERSALE DU TABLIER

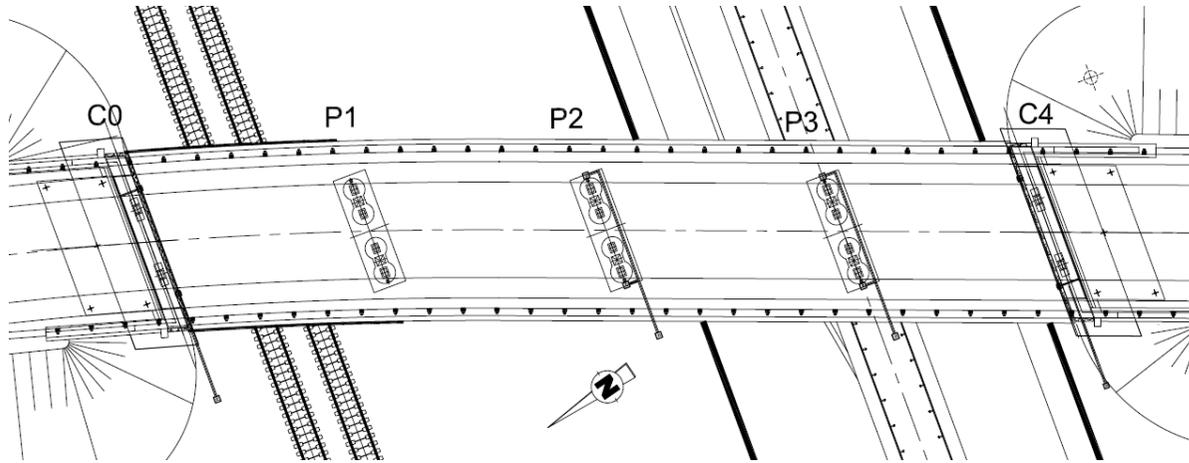


Répondre ci-dessous en complétant à votre guise le schéma ci-dessus :

Surface 1:		$6,300 \times 0,730 = 4,599 \text{ m}^2$
Surface 2:	à déduire	$6,300 \times 0,160 \times 1/2 = 0,504 \text{ m}^2$
Surface 3:	à déduire	$(1,900 \times 0,270) + (1,900 \times 0,050 \times 1/2) = 0,561 \text{ m}^2$
Surface 4:	à déduire	$0,150 \times 0,270 \times 1/2 = 0,020 \text{ m}^2$
Surface du tablier:		$2 \times (4,599 - 0,504 - 0,561 - 0,020) = 7,028 \text{ m}^2$

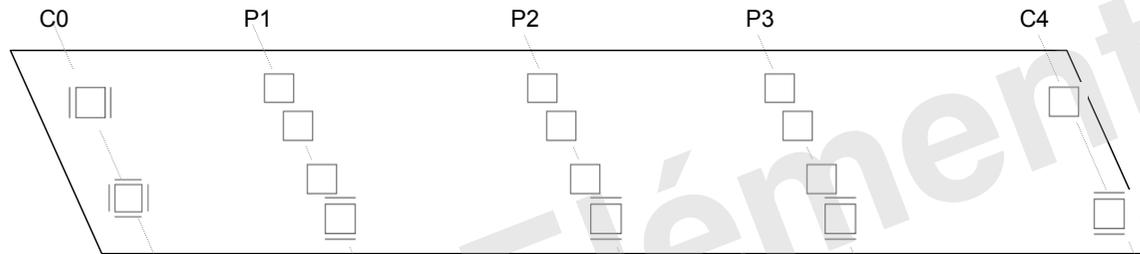
Charge permanente due au poids propre du tablier: on cherche le poids pour une longueur de 1 m de tablier.

$$7,028 \text{ m}^2 \times 2\,500 \text{ daN/m}^3 = 17\,570 \text{ daN/m} \text{ soit } 175,70 \text{ kN/m}$$



Appuis en élastomère		
		déplacement dans les deux sens
		bloqué dans un sens
		bloqué dans les deux sens

Vue en plan simplifiée du tablier à compléter avec les types d'appuis que vous préconisez.



Répondre ici : Justifiez vos choix d'appui:

Le tablier ne doit pas se déplacer sous l'effet des efforts horizontaux de la circulation.

Le tablier doit pouvoir se dilater librement dans toutes les directions.

Répondre ici : Choisissez un appareil, justifiez votre réponse, croquis coté.

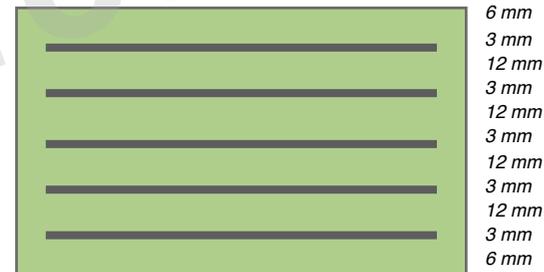
Choix d'un appareil, voir page suivante:

Résultat: $350 \times 450 \ 5(12 + 3)$

La hauteur totale de l'appareil est de: $5 \times (12+3) = 75 \text{ mm}$.

L'espace libre entre bossage est de 100 mm, donc l'appui est suffisamment fin pour être utilisé.

Croquis



Dimensions en plan (mm)	Epaisseur unitaire		Ponts-routes		Ponts-rails		Rotation maximale admissible α_T (‰o radian)																	
	Elastomère t (mm)	Frette t _s (mm)	Effort normal max. N (kN)	Contrainte moyenne σ_m (MPa)	Effort normal max. N (kN)	Contrainte moyenne σ_m (MPa)	n [Composition de l'appui : n (t + t _s)]																	
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11							
100 x 150 100 x 200	8	2	69 104	5,5 6,1	95 144	7,5 8,4	23,7	47,4	71,1	94,8	118,5													
150 x 200 150 x 250 150 x 300	8	2	215 298 383	8,1 8,8 9,4	293 370 447	11,0 11,0 11,0	9,8	19,6	29,4	39,2	49,0	58,8												
200 x 250 200 x 300 200 x 350 200 x 400	8	2	483 633 787 947	10,6 11,5 12,2 12,8	502 606 711 815	11,0 11,0 11,0 11,0		10,6	16,0	21,3	26,6	31,9	37,2	42,5										
Epaisseur totale de l'appui h (mm)							10	20	30	40	50	60	70	80										
Epaisseur totale d'élastomère T (mm)							8	16	24	32	40	48	56	64										
Distorsion maximale admissible u (mm)							5,6	11,2	16,8	22,4	28,0	33,6	39,2	44,8										
250 x 300 250 x 400	10	3	771 1113	10,5 11,9	766 1030	11,0 11,0		10,4	15,6	20,8	26,0	31,3	36,5											
300 x 400 300 x 500 300 x 600	10	3	1505 2077 2567	13,3 14,6 15,0	1244 1563 1882	11,0 11,0 11,0		7,1	10,7	14,3	17,8	21,4	25,0	28,5	32,1									
Epaisseur totale de l'appui h (mm)								26	39	52	65	78	91	104	117									
Epaisseur totale d'élastomère T (mm)								20	30	40	50	60	70	80	90									
Distorsion maximale admissible u (mm)								14,0	21,0	28,0	35,0	42,0	49,0	56,0	63,0									
350 x 450	12	3	2144	12,8	1648	11,0		7,5	11,2	14,9	18,7	22,4												
400 x 500 400 x 600	12	3	2867 3452	14,5 15,0	2102 2531	11,0 11,0		8,5	11,4	14,3	17,0	19,9	22,7	25,6										
450 x 600	12	3	3894	15,0	2856	11,0		6,7	8,9	11,2	13,4	15,6	17,9	20,1	22,3	24,5								
500 x 600	12	3	4337	15,0	3180	11,0		5,4	7,2	9,0	10,8	12,6	14,4	16,2	18,0	19,8								
Epaisseur totale de l'appui h (mm)								30	45	60	75	90	105	120	135	150	165							
Epaisseur totale d'élastomère T (mm)								24	36	48	60	72	84	96	108	120	132							
Distorsion maximale admissible u (mm)								16,0	25,2	33,6	42,0	50,4	58,8	67,2	75,6	84,0	92,4	100,8	109,2	117,6	126,0	134,4	142,8	
600 x 600 600 x 700	15	4	5222 6107	15,0 15,0	3829 4478	11,0		5,8	7,8	9,7	11,6	13,6	15,5	17,5	19,4									
700 x 700	15	4	7142	15,0	5237	11,0		4,3	5,7	7,1	8,5	9,9	11,3	12,8	14,2									
800 x 800	15	4	9362	15,0	6865	11,0		3,2	4,3	5,4	6,5	7,6	8,7	9,7	10,8									
Epaisseur totale de l'appui h (mm)								57	76	95	114	133	152	171	190									
Epaisseur totale d'élastomère T (mm)								45	60	75	90	105	120	135	150									
Distorsion maximale admissible u (mm)								31,5	42,0	52,5	63,0	73,5	84,0	94,5	105,0									

Rotation : 18,7 > 16 OK!

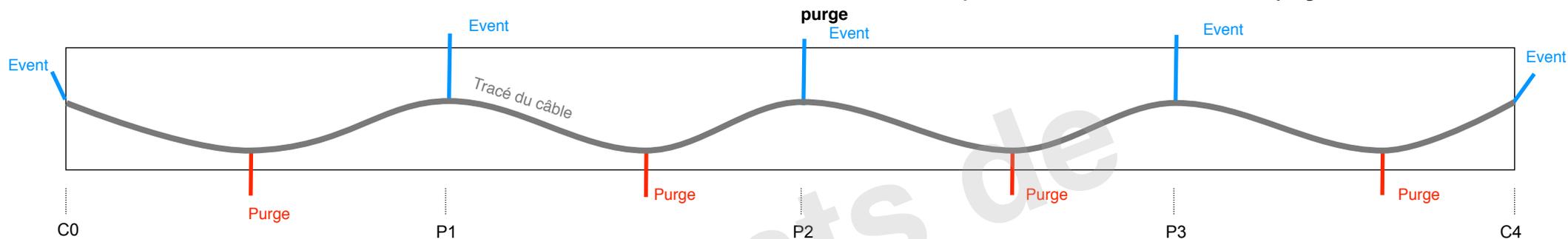
Distorsion : 42,0 > 40 OK!

Documents de
Protection

Répondre ici : **Désignation** « 13 unités de type 12T15 ».

13 câbles constitués chacun de 12 torons de diamètre 15 mm.

COUPE LONGITUDINALE SCHEMATIQUE DU TABLIER À COMPLÉTER : position des câbles, des événements et des purges.



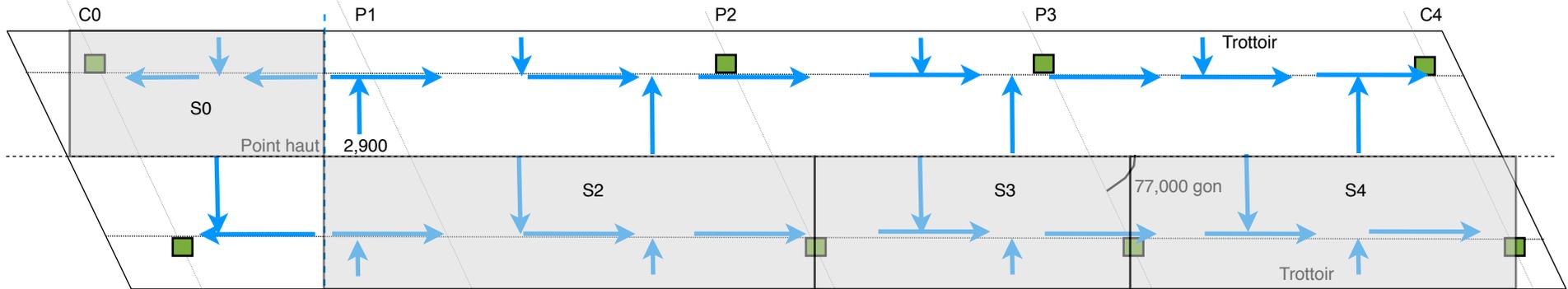
Répondre ici : **Justification de la position des câbles, des événements et des purges:**

Les câbles suivent la courbe enveloppe des moments fléchissants, ils suivent aussi l'allure de la déformée. Ces câbles éliminent (ou minimisent) les tractions dans le béton liées à la flexion, on les retrouve donc en zones tendues.

Events (évacuation de l'air) au point haut et purges (évacuation de l'air et résidu d'eau) au points bas: permettent d'être sûr d'avoir bien injecté la gaine.

Vue en plan simplifiée du tablier et de ses axes d'appuis :

Répondre ici : Tracer l'écoulement, l'évacuation de l'eau sur le tablier et la position des avaloirs.



Répondre ici : Justification du tracé:

■ Avaloir: Pas d'avaloir sur P1 car la surface reprise est trop petite, d'après DT2 il n'y a pas de fil d'eau

Répondre ici : Calcul des débits et des volumes repris par les avaloirs :

Avaloir sur C0:

$$S0 = 6,30 \times (16,30 - 2,90) = 85 \text{ m}^2 \text{ valeur approchée}$$

$$\text{Débit} = 85 \times 0,02 = 1,70 \text{ l/s}$$

$$\text{Volume} = 1,70 \times 15 \times 60 = 1\ 530 \text{ l pour une pluie de référence.}$$

Avaloir sur P2:

$$S2 = 6,30 \times (2,90 + 17,50 + 3,50/\text{tg}77\text{gon}) = 137 \text{ m}^2$$

$$\text{Débit} = 137 \times 0,02 = 2,74 \text{ l/s}$$

$$\text{Volume} = 2,74 \times 15 \times 60 = 2\ 466 \text{ l pour une pluie de référence.}$$

Avaloir sur P3:

$$S3 = 6,30 \times (17,50) = 110 \text{ m}^2$$

$$\text{Débit} = 110 \times 0,02 = 2,20 \text{ l/s}$$

$$\text{Volume} = 2,20 \times 15 \times 60 = 1\ 980 \text{ l pour une pluie de référence.}$$

Avaloir sur C4:

$$S4 = 6,30 \times (15,30) = 97 \text{ m}^2 \text{ valeur approchée}$$

$$\text{Débit} = 97 \times 0,02 = 1,94 \text{ l/s}$$

$$\text{Volume} = 1,94 \times 15 \times 60 = 1\ 746 \text{ l pour une pluie de référence.}$$

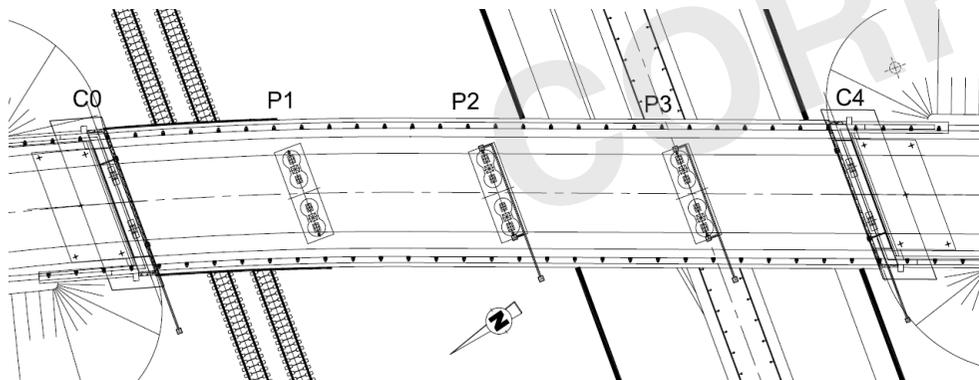
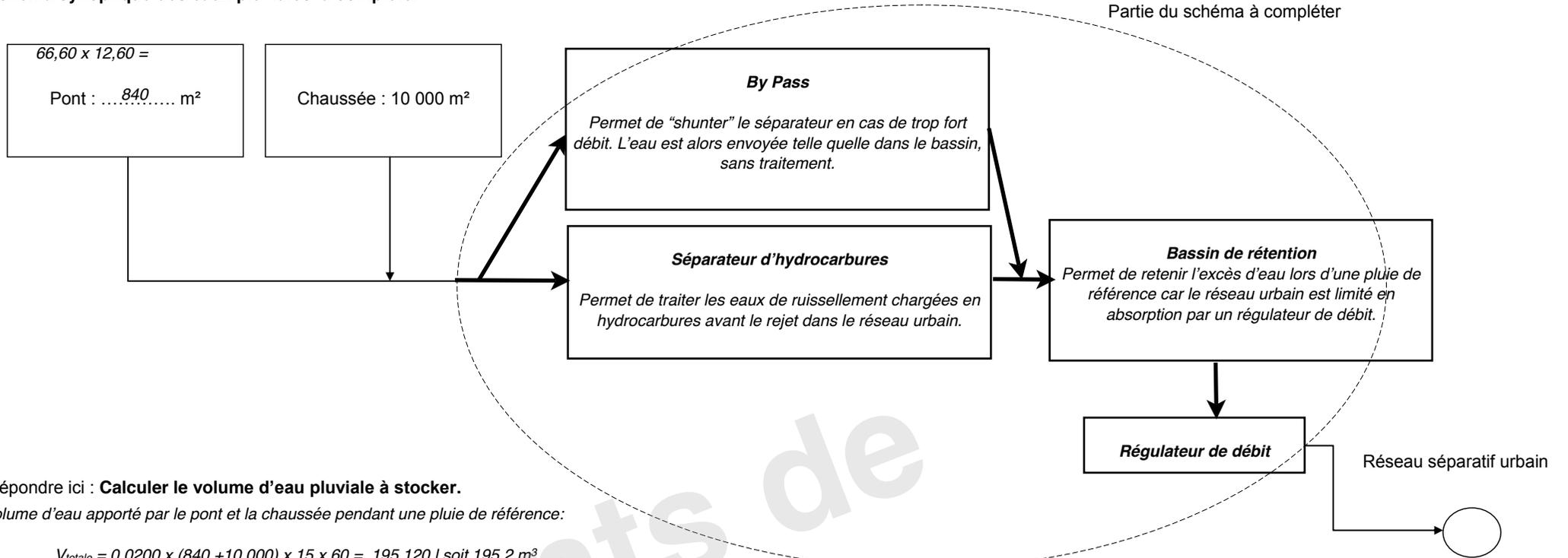


Schéma synoptique des eaux pluviales à compléter



Répondre ici : **Calculer le volume d'eau pluviale à stocker.**

Volume d'eau apporté par le pont et la chaussée pendant une pluie de référence:

$$V_{\text{totale}} = 0,0200 \times (840 + 10\,000) \times 15 \times 60 = 195\,120 \text{ l soit } 195,2 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{écoulée}} = 0,0030 \times (840 + 10\,000) \times 15 \times 60 = 29\,268 \text{ l soit } 29,3 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{stocker}} = V_{\text{totale}} - V_{\text{écoulée}} = 195,2 - 29,3 = 165,9 \text{ m}^3 \text{ soit environ } 166 \text{ m}^3$$

Répondre ici : **Proposer 2 solutions de stockage.**

Solution 1: Bassin à ciel ouvert de dimension environ (15 x 15 x 0,75) m³

Solution 2: Bassin enterré de type collecteur diamètre 1 500 mm, sur 95 m: soit environ 3,14 x 0,750² x 95

EXTRAIT DU BORDEREAU DES PRIX UNITAIRES

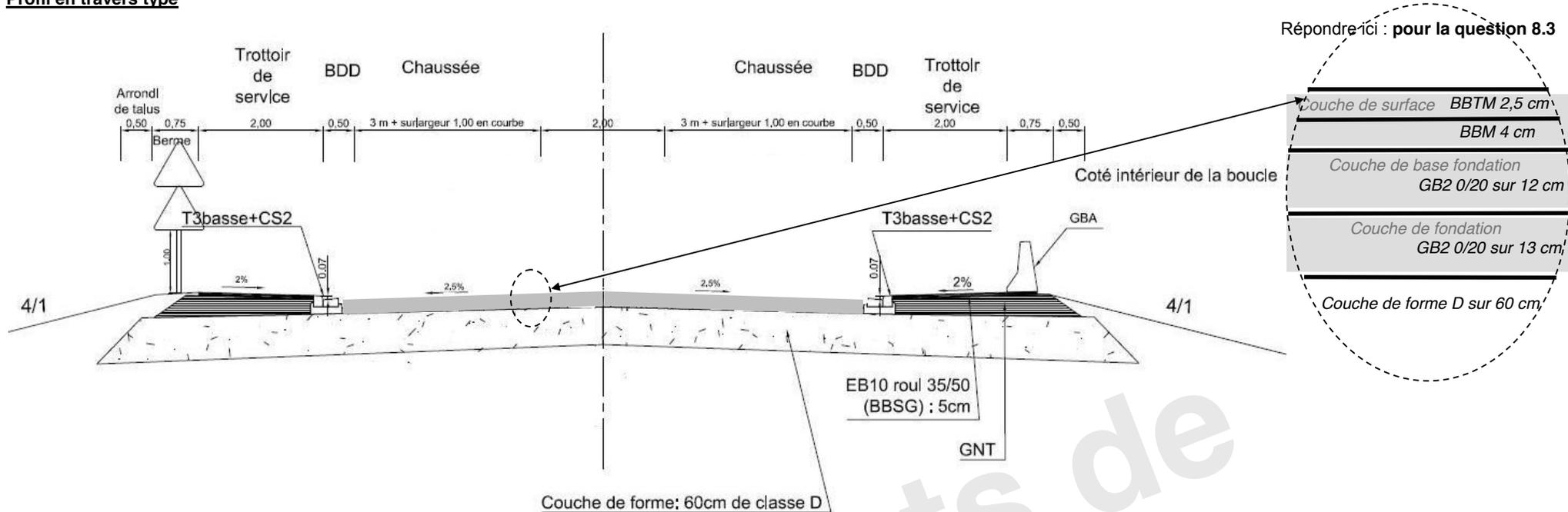
N° des prix	Définition des prix et prix hors taxes en Euros exprimés en toutes lettres	Prix HT en chiffres
2030	COFFRAGES POUR PAREMENTS SOIGNÉS FINS Ces prix rémunèrent au mètre carré les coffrages pour parements soignés fins nécessaires à la construction de l'ouvrage. Ils comprennent la fourniture à pied d'œuvre, le montage, la fixation, les opérations de réemploi et le repliement des différents éléments de coffrage nécessaires. Ils comprennent également l'isolation thermique si nécessaire, l'application des produits de démoulage, les larmiers et baguettes architecturales prévus au marché mais ne comprennent pas les traitements de surface. Ils comprennent en outre les sujétions liées au phasage de bétonnage ainsi que le traitement des joints de reprise. Les quantités rémunérées sont les quantités calculées sur les plans d'exécution - surfaces de reprise exclues - étant entendu que les trous de petites dimensions (fixation des coffrages, réservations, trous pour scellements) ne sont pas déduits.	
2030a	Coffrages pour parements soignés fins des piles LE MÈTRE CARRÉ :	
2040	COFFRAGES POUR PAREMENTS SOIGNÉS OUVRAGES, COULÉS EN PLACE Ces prix rémunèrent au mètre carré les coffrages pour parements soignés ouvragés coulés en place nécessaires à la construction de l'ouvrage. Ils comprennent la fourniture à pied d'œuvre, le montage, la fixation, les opérations de réemploi et le repliement des différents éléments de coffrage nécessaires. Ils comprennent également l'isolation thermique si nécessaire, l'application des produits de démoulage, les larmiers et baguettes architecturales prévus au marché mais ne comprennent pas les traitements de surface. Ils comprennent en outre les sujétions liées au phasage de bétonnage ainsi que le traitement de joints de reprise. Les quantités rémunérées sont les quantités calculées sur les plans d'exécution - surfaces de reprise exclues - étant entendu que les trous de petites dimensions (fixation des coffrages, réservations, trous pour scellements) ne sont pas déduits. Dans le cas de parements ouvragés avec modelé, la surface à considérer est celle du parement lisse qui assurerait l'enrobage prescrit des armatures.	
2040a	Coffrages pour parements soignés ouvragés coulés en place des piles Ce prix rémunère la réalisation d'un coffrage circulaire en planches brutes jointives verticales permettant d'obtenir un aspect bois sur la hauteur de la pile. LE MÈTRE CARRÉ :	
2040b	Canelures Ce prix rémunère au mètre la réalisation de canelures. LE MÈTRE :	

N° des prix	Définition des prix et prix hors taxes en Euros exprimés en toutes lettres	Prix HT en chiffres
2120	ARMATURES DE BETON ARMÉ DE NUANCE B500B Ces prix rémunèrent au kilogramme, la fourniture à pied d'œuvre, le stockage, la conservation, le façonnage et la mise en œuvre des armatures de béton armé à haute adhérence de nuance B500B, y compris le calage, les ligatures, les sujétions liées aux armatures en attente et, le cas échéant, les dispositifs de raccordement (manchons ou soudure). Les quantités rémunérées sont déterminées en prenant en compte les diamètres nominaux et les longueurs figurant sur les plans d'exécution visés par le maître d'œuvre et en attribuant à l'acier la masse volumique de 7 850 kg/m ³ . Les éléments qui ne participent pas à la résistance des pièces tels que les cadres supports des gaines de précontrainte sont rémunérés. Les chutes ne sont pas prises en compte.	
2120b	Armatures B500B pour piles LE KILOGRAMME :	
	ADDITIONNELS POUR APPUIS, TABLIER ET AUTRES Ces prix rémunèrent au mètre cube la fourniture et la mise en œuvre des éléments additionnels des appuis et du tablier. Ils comprennent notamment : - la fourniture, la fabrication, le transport et la mise en place des bétons dans le respect des stipulations du CCTP, en particulier celles liées à la	

Répondre ici :

N°	DESIGNATION DES PRIX	U	QTE
...			
2030	COFFRAGES POUR PAREMENTS SOIGNES FINS		
2030a	Coffrages pour parements soignés fins des piles	m ²	23,34 ...
2030b	Coffrages pour parements soignés fins des culées	m ²	350
2030c	Coffrages pour parements soignés fins du tablier	m ²	1 000
2040	COFFRAGES POUR PAREMENTS SOIGNES OUVRAGES, COULES EN PLACE		
2040a	Coffrages pour parements soignés ouvragés coulés en place des piles	m ²	381,96...
2040b	Canelures	m	

Profil en travers type



Répondre ici : pour la question 8.3

Répondre ici : pour les questions 8.1, 8.2, 8.4, 8.5

- 8.1 - Les deux DT sont utilisables car
- On est sur une Voie du Réseau Structurant
 - On utilise de la Grave Bitume de classe 2
 -
- 8.2 - La plate forme doit avoir un module de 60 MPa
Trafic cumulé sur 30 ans de 3 500 000 PL

on déduit PF2 et TC4₃₀ et donc Grave Bitume de classe 2 (ép = 13 cm) + Grave Bitume de classe 2 (12 cm) + Couche de Surface et une CS < 7 cm soit Béton Bitumineux Très Mince (ép = 2,5 cm) + Béton Bitumineux Mince (ép = 4 cm)

8.4 - Pour réduire l'épaisseur de la chaussée il faut un support (une plate forme support de chaussée) de meilleure rigidité, moins déformable. Il faut donc augmenter la portance de la plate forme, peut être avec un traitement de sol:

- en PF3 on aurait 10 cm + 10 cm + CS et avec PF4 on aurait 9 cm + 9 cm + CS

8.5 - Le concepteur réduira les coût de la chaussée. On utilise moins de grave bitume dont le liant est cher. Mais il faut faire une analyse plus globale en y intégrant le traitement éventuel du support et le recyclage des matériaux (Analyse du cycle de vie).