

E4 – Étude Technique et Économique

Unité U41- Études de Conception et Réalisation en

Maîtrise d'Œuvre

SESSION 2018

Durée: 6 heures

Coefficient : 3

**CORRIGÉ**

Question 1 : déterminer le poids linéique d'un PRS.

$$78,5 \times (1 \times 0,08 + 0,9 \times 0,06 + 1,71 \times 0,02) = 13,21 \text{ kN/m}$$

On prendra pour la suite un poids linéique d'un PRS égal à  $p_{ELU} = 20 \text{ kN/m}$

Questions 2: déterminer le moment  $M_{T2}$  sur l'appui T2 en appliquant le théorème des 3 moments.

$$L_i M_{i-1} + 2(L_i + L_{i+1})M_i + L_{i+1}M_{i+1} = 6EI(\omega_{di}^0 - \omega_{gi}^0) \quad \omega_A = -\frac{pL^3}{24EI}$$

$$26,6 \times 0 + 2 \times (26,6 + 22,5) \times M_{T2} + 22,5 \times 0 = 6EI \left( -\frac{20 \times 22,5^3}{24EI} - \frac{20 \times 26,6^3}{24EI} \right)$$

$$98,2 \times M_{T2} = -151058,605 \quad M_{T2} = -1538,28 \text{ kN.m}$$

Questions 3 : déterminer les actions des palées provisoires sur le PRS en T1 et en T2.

En isolant la poutre T2-C2

$$\begin{cases} \sum F_{/y} = 0 \\ \sum M_{/T2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Y_{T2d} + Y_{C2} - 20 \times 22,5 = 0 \\ +1538,275 + Y_{C2} \times 22,5 - 20 \times 22,5 \times \frac{22,5}{2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Y_{T2d} = 293,37 \text{ kN} \\ Y_{C2} = 156,63 \text{ kN} \end{cases}$$

En isolant la poutre T1-T2

$$\begin{cases} \sum F_{/y} = 0 \\ \sum M_{/T2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Y_{T1} + Y_{T2g} - 20 \times 26,6 = 0 \\ -1538,275 - Y_{T1} \times 26,6 + 20 \times 26,6 \times \frac{26,6}{2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Y_{T2g} = 323,83 \text{ kN} \\ Y_{T1} = 208,17 \text{ kN} \end{cases}$$

$$Y_{T2} = Y_{T2g} + Y_{T2d} = 323,83 + 293,37 = 617,2 \text{ kN}$$

**Question 4 : calculer la hauteur d'encastrement  $h$  du tube T2.**

l'effort mobilisable  $R_{c;k}$  que doit avoir un tube.

$$F_{c;d} \leq R_{c;d} \Rightarrow R_{c;d} \geq 700kN$$

$$R_{c;d} = \frac{R_{c;k}}{1,2 \times \gamma_r} \Rightarrow R_{c;k} \geq 1,2 \times 1,1 \times R_{c;d} = 924kN$$

L'effort mobilisable d'un tube est  $R_{c;k} = R_{b;k} + R_{s;k}$

l'effort mobilisable sous la pointe d'un tube vaut  $R_{b;k}$ .

$$R_{b;k} = A_b \times q_b \quad R_{b;k} = 0,5 \times \pi \times 0,5^2 \times 0,4 = 0,157MN$$

l'effort mobilisable minimum par frottement latéral  $R_{s;k}$  que doit avoir le tube vaut :

$$R_{c;k} = R_{b;k} + R_{s;k} \geq 0,924MN \Rightarrow R_{s;k} \geq 0,924 - R_{b;k} \geq 0,767MN$$

la hauteur d'encastrement  $h$  du tube vaut

$$R_{s;k} = p \times h \times q_{si} \geq 0,767MN \quad R_{s;k} = \pi \times 1 \times h \times 0,04 \geq 0,767MN \Rightarrow h \geq 6,10m$$

**Question 5: compléter l'avant-métré et l'extrait du détail estimatif pour les numéros de prix N°80, 81, 82, 83 et 84. Les calculs sont à faire sur le document réponse DR1.**

N°	Désignation	Unité	Quantité
	<b>5000 TABLIER</b> Longueur de l'ouvrage = 125,00 m		
<b>80</b>	<b>Coffrage pour parements soignés fins du hourdis</b> $125 \times 2 \times (0,25 + 2,508 + 1,97 + 0,061 + 0,028) + 2 \times 3,23 = 1210,7m^2$	m <sup>2</sup>	<b>1211</b>
<b>81</b>	<b>Armatures lisses et haute adhérence pour béton armé</b> Ratios de 250 kg/m <sup>3</sup> $250 \times 403,75 = 100937,5kg$	kg	<b>100 938</b>
<b>82</b>	<b>Béton C35/45 pour tablier (hors longrines BN4)</b> $2 \times (3,47 \times 0,3 + (\frac{0,25 + 0,30}{2}) \times 1,97 + 0,963 \times 0,032) = 3,23m^2$ $125 \times 3,23 = 403,75m^3$	m <sup>3</sup>	<b>404</b>
<b>83</b>	<b>Réglage et finition des surfaces non coffrées</b> $10,88 \times 125 = 1360m^2$	m <sup>2</sup>	<b>1360</b>
<b>84</b>	<b>Cure de béton</b> $10,88 \times 125 = 1360m^2$	m <sup>2</sup>	<b>1360</b>

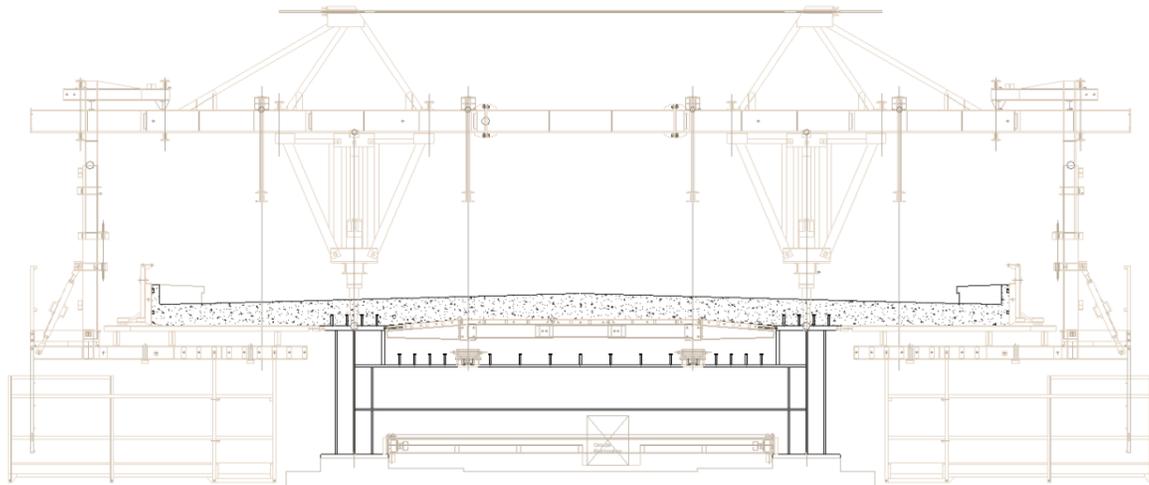
Lot	N° de prix	Intitulé	Unité	Qté	PU (HT)	Montant (HT)
01	80	COFFRAGES POUR PAREMENTS SOIGNÉS FINS DU HOURDIS	M2	1211		
01	81	ARMATURES LISSES ET A HAUTE ADHÉRENCE POUR BÉTON ARMÉ CONCERNANT LE TABLIER	Kg	100938		
01	82	BETON C35/45 POUR TABLIER	M3	404		
01	83	RÉGLAGE ET FINITION DES SURFACES NON COFFRÉES POUR LE TABLIER	M2	1360		
01	84	CURE DU BÉTON DU TABLIER	M2	1360		

**Question 6 : citer un système de coffrage pour respecter cette contrainte.**

Solution 1 : avec un équipement mobile

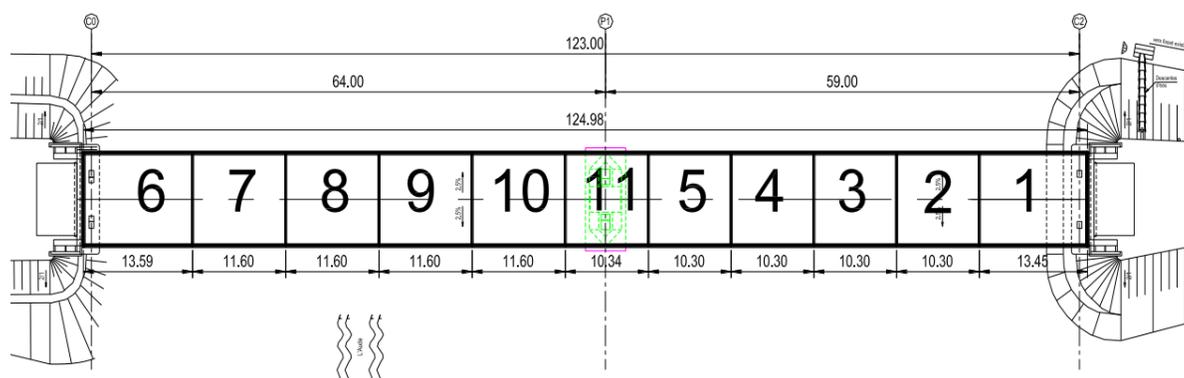
L'équipage mobile prend appui sur l'ossature métallique pour maintenir des plateaux coffrants.

L'équipage mobile permet de coffrer et bétonner un plot, puis se déplace pour réaliser les autres plots.



Solution 2 : coffrage de l'ensemble du hourdis avec une structure provisoire qui prend appui sur les PRS. On pourrait envisager de fixer des consoles métalliques sur les PRS pour coffrer les encorbellements et une structure prenant appui sur les entretoises pour coffrer la partie centrale entre les PRS.

**Question 7 : justifier le plan de pianotage proposé.**



Il faut absolument terminer par le bétonnage du plot 11 pour éviter sa fissuration.

**Question 8 : compléter l'extrait du CCTP pour la réalisation de la dalle coulée en place sur le document réponse DR2.**

**Article 4.18. DALLE COULÉE EN PLACE DU TABLIER**

Le hourdis en béton armé est réalisé par la méthode de pianotage. La séquence de pianotage doit être réalisée de façon à couler le plot situé au-dessus de la pile P1 en dernier.

La dalle sera coulée en place sur une longueur de 10 mètres environ avec un équipement mobile.

**Question 9 : déterminer les actions de liaison en A et B du tablier sur la corniche. Choisir et justifier un modèle de rail « Halfen ». Compléter le schéma sur le document réponse DR2 en détaillant la fixation des corniches sur le hourdis.**

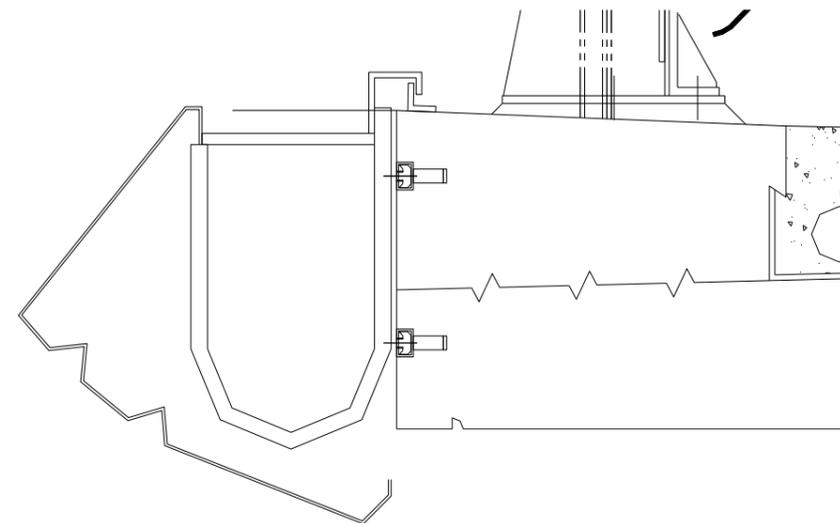
$$\begin{cases} \sum F_{/x} = 0 \\ \sum F_{/y} = 0 \\ \sum M_{/A} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X_a + X_b = 0 \\ Y_a - 8,5 = 0 \\ 8,5 \times 0,37 - X_a \times 0,3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X_a = -10,48 \text{ kN} \\ Y_a = 8,5 \text{ kN} \\ X_b = 10,48 \text{ kN} \end{cases}$$

Il faut choisir un rail HTA-CE 40/25

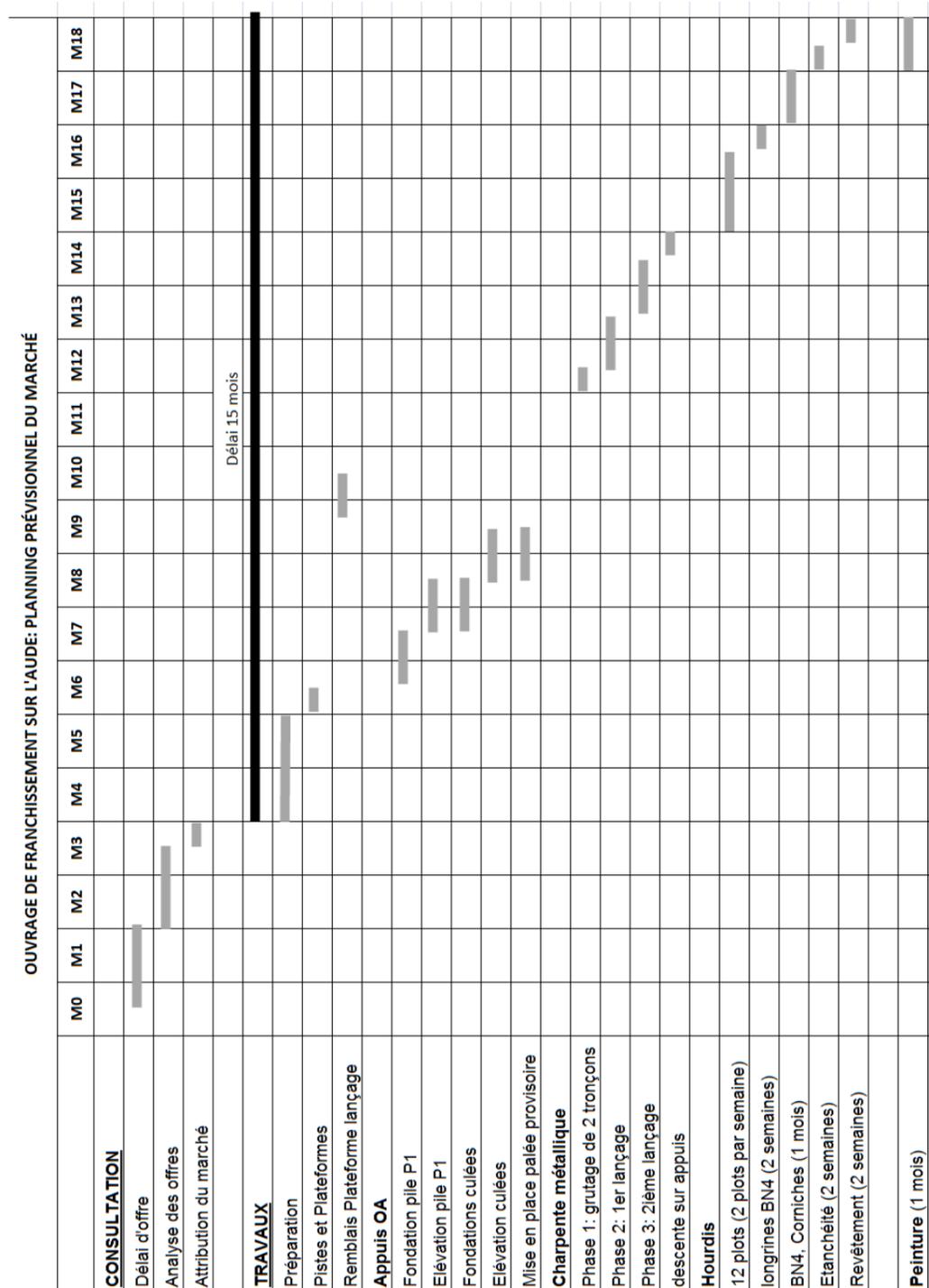
avec un effort de traction admissible  $N_{Rd,s} = 11,1 \text{ kN} \geq 10,48 \text{ kN}$

et un effort de cisaillement admissible  $V_{Rd,s} = 11,1 \text{ kN} \geq 8,5 \text{ kN}$

Compléter le schéma sur le DR2 détaillant la fixation des corniches sur le hourdis.

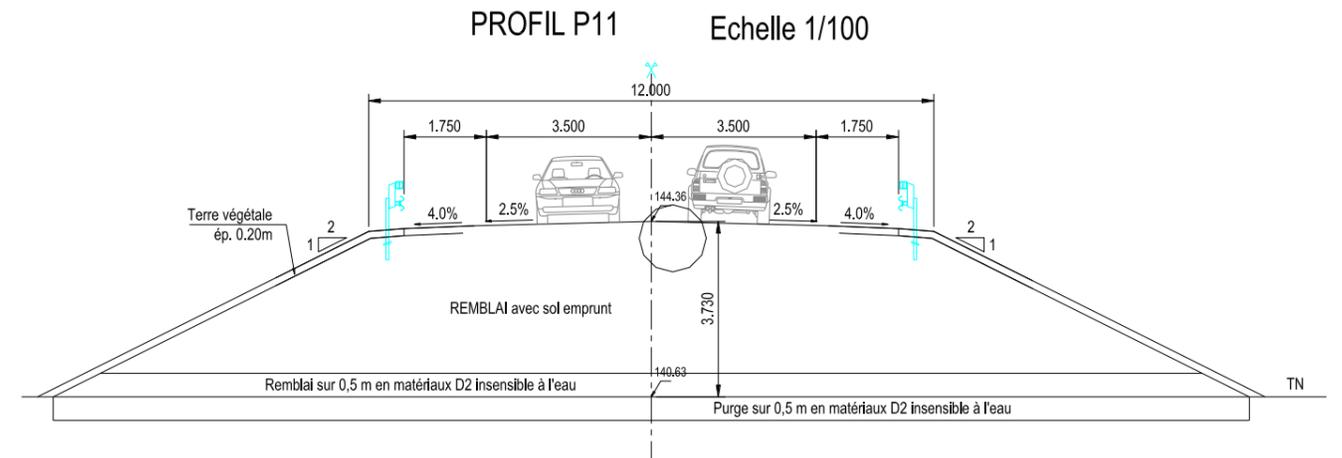


Question 10 : compléter le planning prévisionnel du chantier pour la réalisation complète du hourdis avec ses équipements sur le document réponse DR2.



## ÉTUDE 2: ÉTUDE DES RAMPES D'ACCÈS

Question 11 : dessiner, sur le document réponse DR3, le profil en travers P11 en représentant le niveau du terrain naturel supposé horizontal, les couches de matériaux D2 et les talus.



Question 12 : déterminer la classification du matériau de l'emprunt suivant le GTR.

Analyse granulométrique :  $D_{max} = 20 \text{ mm} \leq 50 \text{ mm}$  et Tamisat à  $35\% \leq 80 \mu\text{m} = 46\% \leq 100\%$

Essai au bleu de méthylène :  $VBS = 1,55$

On est en présence d'un matériau **A1** selon le GTR

$\omega_{NAT} \approx \omega_{OPN}$  donc un matériau **A1m**

**Question 13 : définir les conditions de réemploi du matériau de l'emprunt pour la réalisation du remblai d'accès.**

Situation météorologique	Conditions d'utilisation des matériaux en remblai	Commentaires
pluie faible	Extraction frontale Compactage moyen  Remblai de hauteur moyenne (<10m)	<i>Obligation d'utiliser une pelle hydraulique</i> <i>Le compacteur sera dimensionné avec un compactage moyen</i>  <i>Les remblais sont toujours inférieurs à 10m dans notre cas donc OK</i>

**Question 14 : déterminer l'épaisseur de la couche de forme à mettre en œuvre.**

Il faut une épaisseur de couche de forme de 0,35 m.

**Définir et commenter les conditions d'utilisation de ces matériaux en couche de forme.**

Situation météorologique	Condition d'utilisation des matériaux en couche de forme	Commentaires
pluie faible	Situation météorologique de garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique	Ne pas réaliser la couche de forme dans ces conditions : Arrêt de chantier
pas de pluie	Arrosage pour maintien de l'état hydrique  Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux  Application d'un enduit de cure gravillonné	Utilisation d'une arroseuse pour avoir une teneur eau proche de l'optimum proctor Traitement de la couche de forme au liant hydraulique et à la chaux selon un dosage à déterminer par des essais  Réalisation d'une protection de la couche de forme avec l'application d'une émulsion et d'un gravillonnage

**Quelle sera alors la classe de la plateforme PF support de la chaussée ?**

Classe de plateforme support de chaussée : .....PF3.....

**Question 15 : compléter le bordereau des prix en détaillant la désignation des travaux pour la réalisation de la couche de forme.**

N° de prix	Désignation	Prix Unitaire HT
46	<p><b><u>Couche de Forme en matériaux traités au liant hydraulique</u></b></p> <p>Ce prix rémunère au mètre cube la fourniture, le transport et la mise en œuvre des matériaux traités <b><u>au liant hydraulique routier</u></b> sur une épaisseur de <b><u>35</u></b> cm.</p> <p>Ces matériaux doivent permettre d'obtenir une plateforme de classe <b><u>PF3</u></b></p> <p>Ce prix comprend notamment la mise en <b><u>œuvre d'un enduit de cure gravillonné.</u></b></p>	

**Question 16 : définir les épaisseurs des couches d'assise pour les 2 solutions à l'aide des extraits du catalogue des structures des chaussées neuves du document technique DT3.**

2 millions de PL soit un trafic TC4<sub>20</sub> Classe de plateforme PF3

Solution EME : une couche d'assise de 12 cm, une couche de roulement de 2,5 cm de BBTM

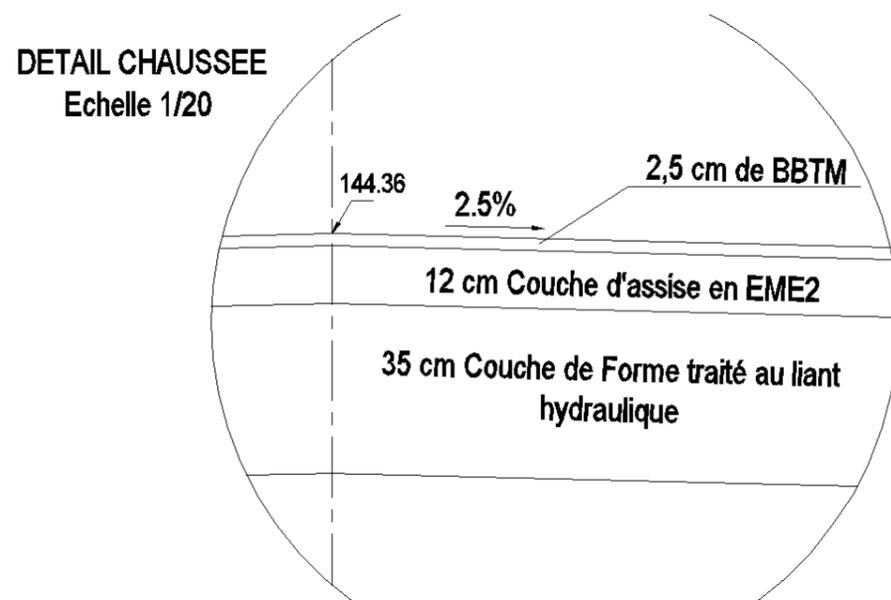
Solution GC : une couche d'assise de 29 cm, une couche de liaison de 4 cm et une couche de roulement de 2,5 cm de BBTM

**Question 17 : effectuer le bilan carbone pour les 2 solutions** (en évaluant la masse produite en kg équivalent CO<sub>2</sub> pour réaliser 1 m<sup>2</sup> de chaussée). **Retenir une solution en la justifiant.**

Matériaux	Masses par m <sup>2</sup>	Masses en kg équivalent CO <sub>2</sub> produites
<b>EME2</b>		<b>18,76 kg CO<sub>2</sub></b>
Assise	$m = 2,35 \times 0,12 = 0,282 \text{ t}$	$0,282 \times 55 = 15,51 \text{ kg CO}_2$
Roulement	$m = 2,35 \times 0,025 = 0,059 \text{ t}$	$0,059 \times 55 = 3,25 \text{ kg CO}_2$
<b>GC3</b>		<b>37,29 kg CO<sub>2</sub></b>
Assise	$m = 1,95 \times 0,29 = 0,566 \text{ t}$	$0,566 \times 51 = 28,87 \text{ kg CO}_2$
Liaison	$m = 2,35 \times 0,04 = 0,094 \text{ t}$	$0,094 \times 55 = 5,17 \text{ kg CO}_2$
Roulement	$m = 2,35 \times 0,025 = 0,059 \text{ t}$	$0,059 \times 55 = 3,25 \text{ kg CO}_2$

La solution EME génère 2 fois moins d'émission que la solution GC, on retiendra donc la solution EME.

**Question 18 : dessiner le détail de la chaussée, sur le document réponse DR3, en dessinant et en légendant les couches de chaussée et la couche de forme.**



**ÉTUDE 3: ASSAINISSEMENT ET BASSIN DE RÉTENTION**

**Question 19 : évaluer, sur le DR5, l'aire d'absorption équivalente du projet A×C .**

Surfaces	Coefficient de Ruissellement C	Aires A du projet (m <sup>2</sup> )	Aire équivalente A x C (m <sup>2</sup> )
imperméabilisées	0,95	40 000	38 000
Non imperméabilisées	0,20	10 000	2 000
Aire totale équivalente à évacuer en m <sup>2</sup>			40 000

**En déduire le débit de pointe**  $Q = i \times A \times C$  en m<sup>3</sup>/h puis en m<sup>3</sup>/s pour une intensité  $i = 150 \text{ mm/h}$ .

$$Q = 0,15 \times 40000 = 6000 \text{ en m}^3/\text{h} = \frac{6000}{3600} \text{ m}^3/\text{s} = 1,66 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Question 20 : calculer le débit de la canalisation projetée et vérifier si la conduite est suffisante pour écouler le débit de pointe.**

Calcul du débit d'une canalisation avec la formule de MANNING-STRICKLER:

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = K \times S \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

avec

Q le débit de la canalisation (m<sup>3</sup>/s)

K le coefficient global d'écoulement : 90 pour le béton

S la section d'écoulement (m<sup>2</sup>)

R le rayon hydraulique qui est par définition le rapport de la section d'écoulement au périmètre mouillé.(m). Pour un tuyau circulaire :  $R = \frac{\phi}{4}$

I la pente de la canalisation (m/m).

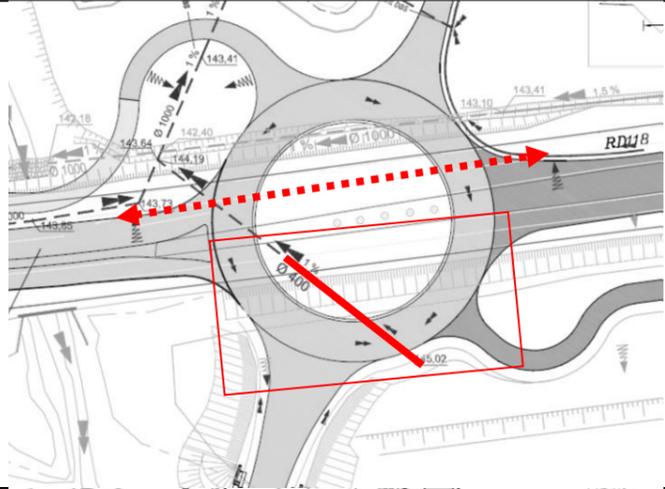
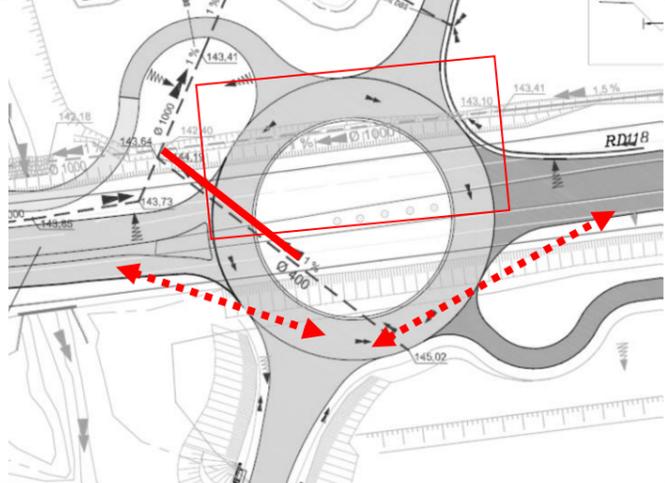
$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = 90 \times \pi \times 0,5^2 \times 0,25^{2/3} \times 0,01^{1/2} = 2,8 \text{ m}^3/\text{s} \geq 1,66 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Condition 1 : le volume du bassin de rétention doit être de 80 l/m<sup>2</sup> imperméabilisé;

**Question 21 : vérifier si le volume du bassin de rétention respecte la condition (1) ci-dessus.**

$$V = 40000 \text{ m}^2 \times 80 \text{ l/m}^2 = 3200000 \text{ l} = 3200 \text{ m}^3 \leq 3500 \text{ m}^3$$

**Question 22 : proposer un phasage des travaux pour la réalisation du rond-point et de la conduite projetée  $\phi = 400\text{ mm}$  qui traverse le rond-point. Représenter les circulations des véhicules lors des différentes phases.**

Phases proposées	Schéma présentant les travaux réalisés et les circulations sur la RD 118
<p>Balisage de la circulation sur l'ancienne route RD118 en maintenant 2 voies de circulation.</p> <p>Réalisation du premier demi rond-point avec la conduite.</p>	
<p>Basculement de la circulation sur le 1<sup>er</sup> demi rond-point.</p> <p>Réalisation du second demi rond-point avec la conduite</p>	
<p>Mise en circulation du rond-point</p>	