BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

TRAVAUX PUBLICS

Épreuve : E5 – ANALYSE ET CONCEPTION D'UN OUVRAGE

SESSION 2026

Durée : 4 heures
Coefficient : 4

Matériel autorisé :
L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

- Dossier de présentation et le questionnement : ..... pages 3/25 à 8/25
- Documents techniques DT1 à DT13 : ..... pages 9/25 à 18/25
- Documents réponses (à rendre avec la copie) DR1 à DR6 : ..... pages 19/25 à 25/25

Documents à rendre avec la copie :

- DR1 à DR3 : réponses pour l'étude 1 ..... pages 19/25 à 23/25
- DR4 : réponses pour l'étude 2 ..... page 24/25
- DR5 : réponses pour l'étude 3 ..... page 24/25
- DR6 : réponses pour l'étude 5 ..... page 25/25

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 25 pages, numérotées de 1/25 à 25/25.

SOMMAIRE

- Le dossier de présentation et questionnement :……Pages 3/25 à 8/25

- Les documents techniques : DT1 à DT13 : ……Pages 9/25 à 18/25

- DT1 : Plan de situation état initial…… Page 9/25
- DT2 : Plan de situation état final…… Page 10/25
- DT3 : Paroi berlinoise…… Page 11/25
- DT4 : Détail paroi berlinoise…… Page 12/25
- DT5 : Formulaire Poussée / Butée…… Page 12/25
- DT6 : Formulaire Eurocode 3…… Page 13/25
- DT7 : Formulaire NF P 94-282…… Page 13/25
- DT8 : Fiches techniques…… Page 14/25
- DT9 : Étude hydraulique…… Page 14/25
- DT10 : Plans de pose des buses dans le lit de la rivière…… Page 15/25
- DT11 : Rapport sol labo…… Page 16/25
- DT12 : Extrait GTR 2023 – Fascicule N°2 – annexes techniques…… Page 17/25
- DT13 : Étude du bassin - solution 1 / solution 2…… Page 18/25

- Les documents réponses à rendre avec la copie……Pages 19/25 à 25/25

- DR1 : Tableau d'analyse des contraintes de chantier…… Page 19/25
- DR2 : Repérage des éléments de l'ouvrage…… Page 20/25
- DR3 : Cinématique (3 pages)……Pages 21/25 à 23/25
- DR4 : Calcul de poussée et butée sur la paroi berlinoise……Page 24/25
- DR5 : Tableaux analyse des risques……Page 24/25
- DR6 : Déboursé Sec bassin N°3……Page 25/25

Cette épreuve a pour objectif de contrôler les deux compétences du bloc de compétences « Conception d'un ouvrage » :

C2-1 : Analyser un ouvrage et sa réalisation

C2-2 : Concevoir un ouvrage simple

Cette épreuve permet d'apprécier l'aptitude du candidat à mobiliser ses connaissances scientifiques et techniques pour :

- Analyser le contexte d'une ou plusieurs situations de travaux
- Participer à la conception d'un ouvrage simple

BARÈME

Ouvrages	Études	Compétences détaillées	Barème
Ensemble des travaux phase Nord	Étude 1 : Cinématique des travaux	L'ouvrage à concevoir et ses contraintes sont identifiés et analysés. L'ouvrage et sa réalisation sont analysés du point de vue des attentes techniques et des contraintes.	50 pts
Paroi berlinoise	Étude 2 : Soutènement provisoire	La solution technique est définie.	40 pts
Buse provisoire du ruisseau « Le Ninian »	Étude 3 : Dimensionnement de la buse provisoire	L'ouvrage et sa réalisation sont analysés d'un point de vue du développement durable. Les solutions techniques potentielles sont identifiées et la solution technique est retenue. La solution technique répond aux attentes de prévention des risques et développement durable. La solution technique est décrite techniquement.	36 pts
Ouvrage d'Art 4	Étude 4 : Terrassement de l'O.A.4	L'ouvrage et sa réalisation sont analysés du point de vue des attentes techniques et des contraintes.	40 pts
Bassin N°3	Étude 5 : Déboursé Sec Bassin N°3	L'ouvrage et sa réalisation sont analysés d'un point de vue du développement durable. L'étude de prix d'une partie de l'ouvrage est analysée.	34 pts

PRÉSENTATION

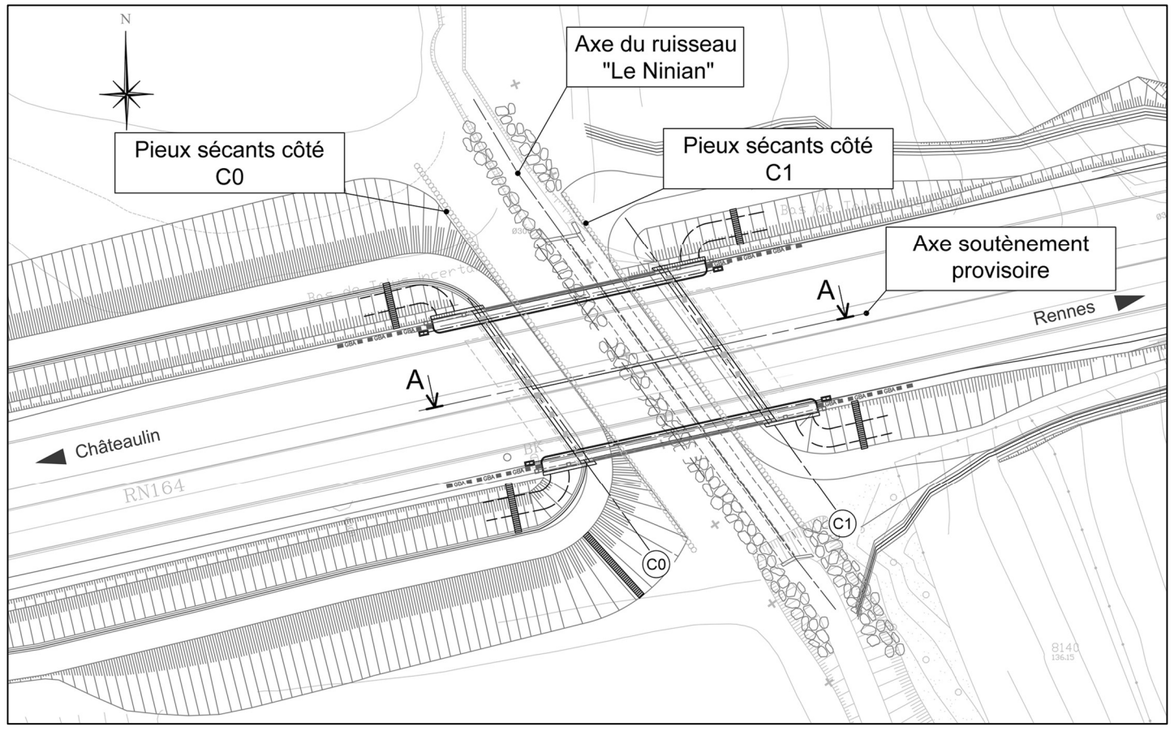
La RN164 est l'axe routier majeur du centre Bretagne. Elle assure la liaison venant de Rennes vers Châteaulin. C'est l'une des trois grandes voies routières axiales de la région.
Actuellement, 101 km sur les 162 km du tracé de la RN164 sont aménagés en route à 2x2 voies.

Le projet étudié consiste notamment à :

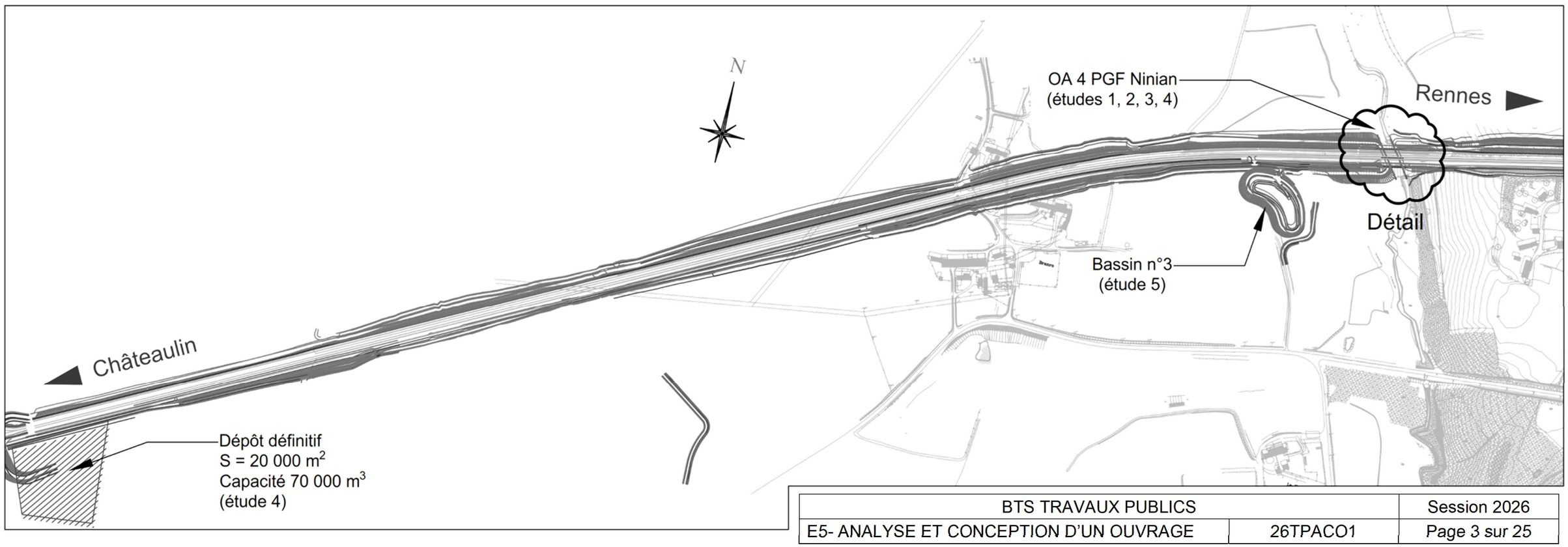
- Aménager sur place la RN164 à 2x2 voies sur la section de Plémet (V = 110 km/h sur environ 8 km) ;
- Créer 5 ouvrages d'art neufs : 2 PI et 3 PS (OA1 à OA5) ;
- Créer une quinzaine d'ouvrages hydrauliques pour le rétablissement des cours d'eau et écoulements naturels, quasiment tous équipés d'aménagements pour faciliter le passage de la faune semi-aquatique ;
- Créer 3 bassins d'assainissement ;
- Mettre en dépôt définitif des matériaux excédentaires sur 11 ha de parcelles agricoles (potentiel de stockage de 250 000 m^3).

Le marché, objet de l'étude, concerne les travaux de **terrassement, assainissement et ouvrages mixtes hydrauliques et passages faune de la section Est**.

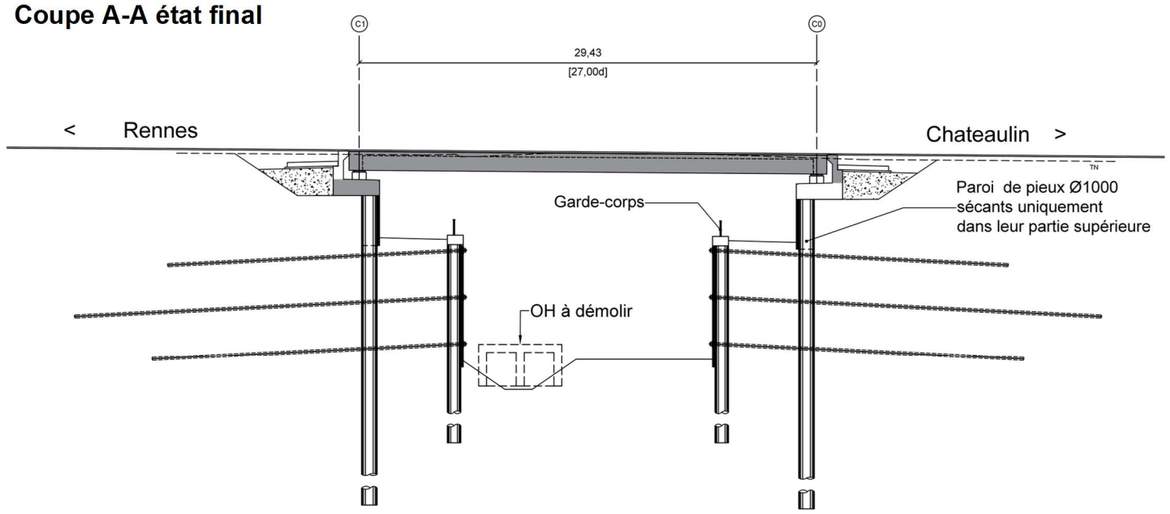
Vue en plan état final – Détail de la zone d'étude



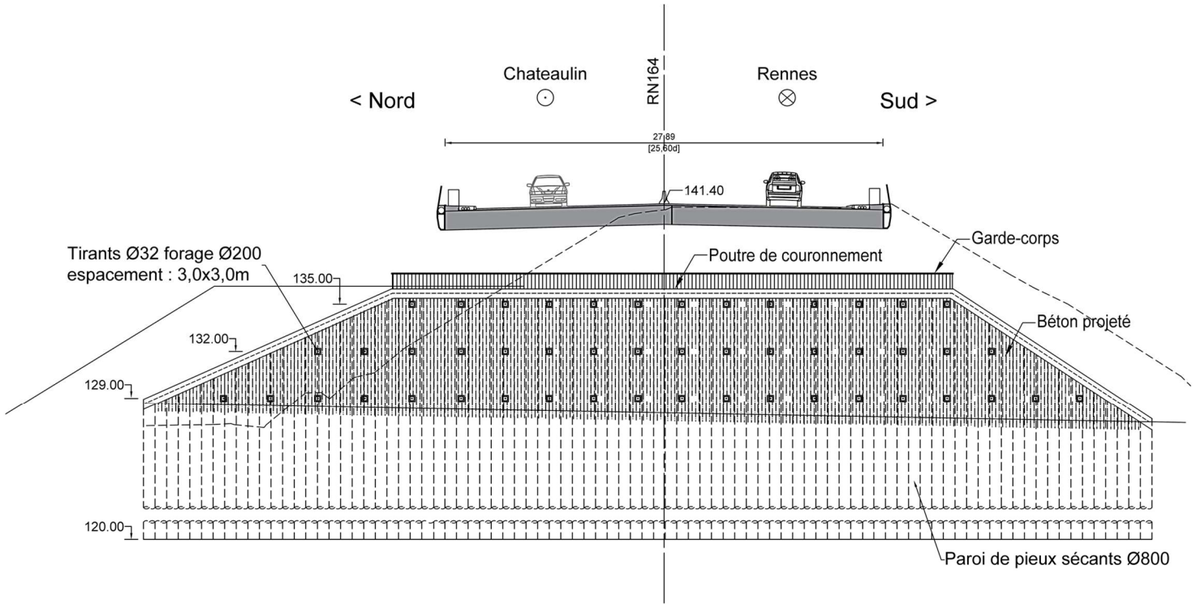
Vue en plan global de la section étudiée



Coupe A-A état final



Coupe axe Ninian état final



Vous travaillez dans une entreprise de travaux publics et vous assistez l'ingénieur en charge de la préparation des études et documents nécessaires à l'exécution des travaux.

ÉTUDE 1 : CINÉMATIQUE DES TRAVAUX

Documents à utiliser : DT1, DT2 et DT3
DR1, DR2, DR3 (à rendre avec la copie)

Question 1

Sur le document réponses 1 (DR1 : P19/25) et à partir des différentes contraintes d'exécution du projet (ouvrages existants et environnement du chantier, contraintes de l'ouvrage à exécuter, …), identifier leur(s) conséquence(s) et la ou les solution(s) envisagée(s).

Données complémentaires : Extrait issu de l'étude géotechnique G2PRO.
Le phasage de construction ainsi que les solutions techniques retenues pour la réalisation du projet seront les suivants :

- **Réalisation de l'ouvrage d'art sur la partie nord avec :**
  1. Busage provisoire du ruisseau « Le Ninian » côté nord.
  2. 1ère phase de remblaiement avec des pentes de talus à 2/1 (H/V) jusqu'à +136,0 m NGF.
  3. 2ème phase de remblaiement avec des pentes de talus à 2/1 (H/V) jusqu'à +139,5 m NGF.
  4. Soutènement provisoire de type paroi berlinoise tirantée en bordure nord de la chaussée actuelle (Profilés HEB200 descendus jusqu'à +131,0 m NGF de longueur 11 m).
  5. Fondations/culées de l'ouvrage d'art. Il s'agira de fondations profondes de type pieux forés à la tarière creuse ancrés au sein du substratum altéré à compact à la cote +116,0 m NGF.
  6. Réalisation des parois de soutènement en pieux sécants pour la purge ultérieure de l'ouvrage hydraulique et la création du passage à ciel ouvert jusqu'à +120,0 m NGF.
  7. Terrassement et recépage des pieux de culées à +138,50 m NGF.
  8. Terrassement et recépage des pieux sécants de soutènement à +136,0 m NGF.
  9. Exécution des culées et du tablier.
  10. Reconstitution des remblais contigus aux culées de l'ouvrage d'art, mise en place des dalles de transition, et reconstitution de la chaussée.

- **Réalisation de l'ouvrage d'art sur la partie sud**

- **Terrassement par phases** sous le tablier, à l'abri du soutènement en pieux sécants et aménagement du lit du ruisseau.

Question 2

Sur le document réponses 2 (DR2 : P20/25) et à partir de la coupe fournie sur cette page, vous devez identifier les différentes parties d'ouvrages à exécuter.

Question 3

Sur le document réponses 3 (DR3 : P21/25 à P23/25) et à partir des éléments fournis dans l'extrait ci-dessus de l'étude géotechnique G2PRO, on vous demande de représenter en couleur les phases d'exécution de 1 à 8 du projet sur la partie nord.

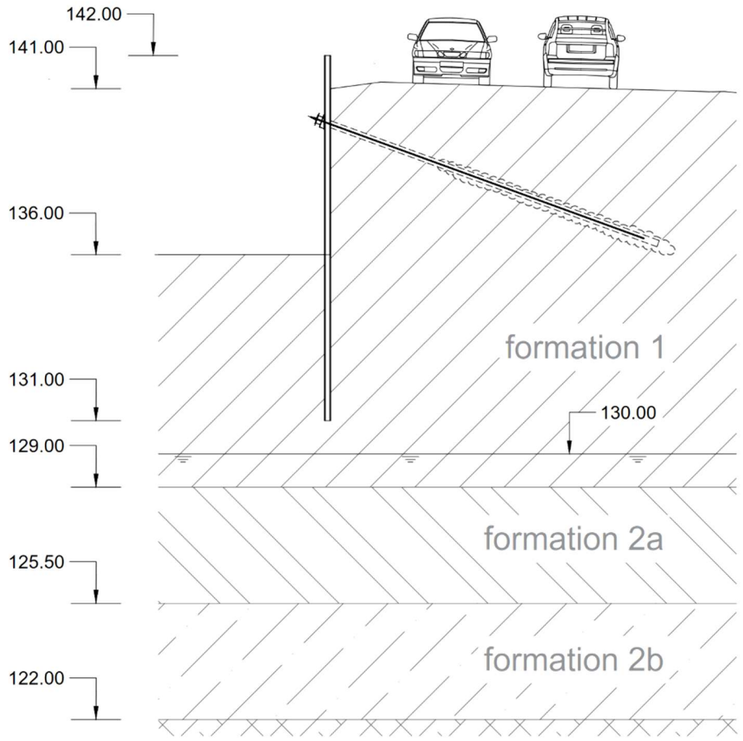
ÉTUDE 2 : SOUTÈNEMENT PROVISOIRE

Documents à utiliser : DT3, DT4, DT5, DT6, DT7 et DT8
DR4 (à rendre avec la copie)

La paroi berlinoise envisagée pour le soutènement provisoire présente les caractéristiques suivantes :

- Profilés HEB 200 en nuance S235 (f_y = 235 MPa) descendus jusqu'à +131,0 m NGF et espacés tous les 1,5 m ;
- Lierne de répartition ;
- Lit de tirants en barre GEWI 32 T de nuance S550 inclinés à 20° par rapport à l'horizontale et espacés de 6 m positionnés à la cote +140,0 m NGF. Les barres prévues seront de 10,50 m. Les tirants seront forés en diamètre 200 mm et le scellement sera réalisé par injection globale et unique (IGU). Aucun essai préalable de traction des tirants n'est envisagé.

La coupe géotechnique ci-dessous a été prise en compte dans le modèle réalisé (TN pris à +141,0 m NGF côté terre et +136,0 m NGF côté fouille) :



Formation	Prof. base (m NGF)	Poids volumique γ_h (kN/m³)	c' (kPa)	φ' (°)
1 – Remblais	+129,0	18	2	30
2a – Substratum très décomposé	+125,5	17	5	25
2b – Substratum décomposé	+122,0	17	15	35

Une surcharge routière s_c = 10 kPa doit être considérée.

Question 4

Sur le document réponses 4 (DR4 : P24/25), calculer les valeurs de la poussée (côté terre) et de la butée (côté fouille) sur la paroi berlinoise pour 1 m de largeur de paroi.

Question 5

Sur le document réponses 4 (DR4 : P24/25), tracer le diagramme de la poussée et de la butée sur la hauteur de la paroi.

La synthèse des résultats des efforts, issus du logiciel de calcul, pour 1 m de largeur de paroi berlinoise pour cette phase sont :

- Vd max = 57,01 kN pour 1 m de largeur de paroi ;
- Md max = 65,11 kN·m pour 1 m de largeur de paroi ;
- Effort au niveau du tirant = 60,45 kN pour 1 m de largeur de paroi.

Question 6

Sur votre copie, à partir des résultats du logiciel fourni pour 1 m de paroi, calculer les valeurs de l'effort tranchant maximal et du moment fléchissant maximal dans 1 profilé HEB.
Vérifier la résistance du profilé HEB 200 (ou HE 200 B) selon l'Eurocode 3 à l'effort tranchant et au moment fléchissant.

Données complémentaires : Hypothèses de calcul des tirants

- Méthode d'exécution IGU (scellement par injection globale et unique) ;
- Matériau sableux avec une pression $p_l = 1{,}0\ \mathrm{MPa}$, $q_s = 100\ \mathrm{kPa}$ et $\alpha_s = 1{,}2$.

Question 7

Sur votre copie, à partir des résultats du logiciel, calculer la valeur de l'effort de traction dans 1 tirant, choisir la section du tirant, puis vérifier sa résistance vis-à-vis de la réglementation (NF P 94-282).
Calculer la longueur de scellement minimale (arrondir à 10 cm près).

ÉTUDE 3 : DIMENSIONNEMENT DE LA BUSE PROVISOIRE

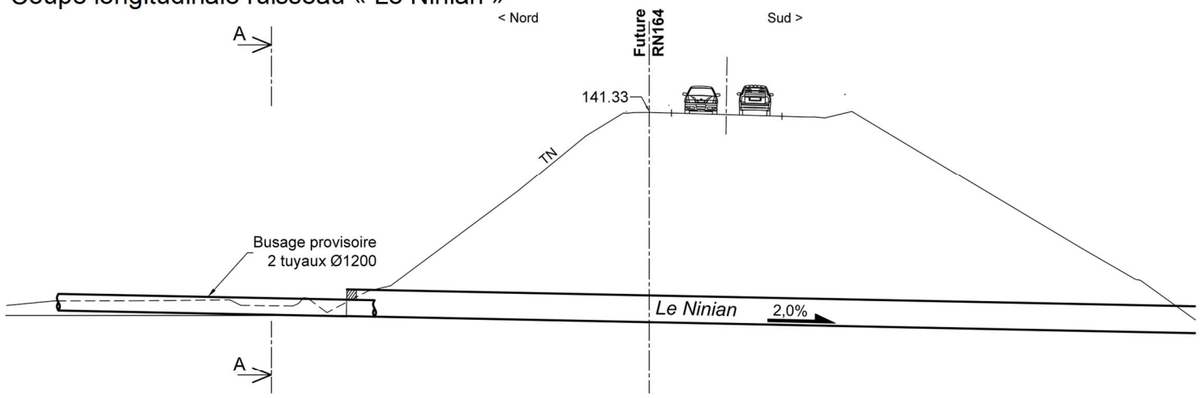
Documents à utiliser : DT9, DT10
DR5 (à rendre avec la copie)

Avant de réaliser les travaux de terrassement pour l'élargissement de la RN164, le ruisseau « Le Ninian » doit être busé côté nord, puis côté sud.

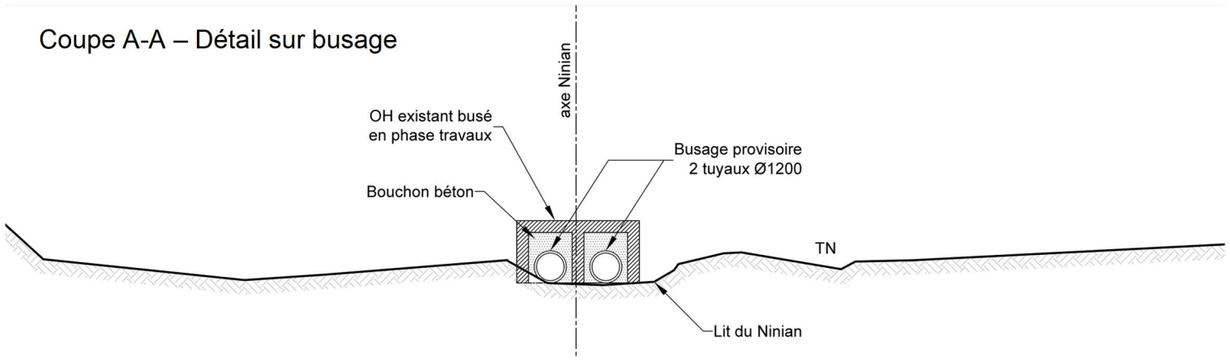
Le Dossier Loi sur L'Eau impose 2 collecteurs de DN 1200 mm au minimum en parallèle.
Le débit de crue décennale à respecter pour l'ouvrage provisoire est de 9 m^3/s. On conservera la pente des dalots existants pour l'ouvrage provisoire. Vous devez vérifier le busage nécessaire du ruisseau pour la phase travaux côté nord.

L'ouvrage actuel est constitué de 2 dalots rectangulaires de 1,75 m de largeur et 2,20 m de hauteur. La pente des dalots est de 2 %.

Coupe longitudinale ruisseau « Le Ninian »



Coupe A-A – Détail sur busage





Vue amont des dalots existants

Question 8

Sur votre copie, calculer le débit pleine section pour 1 collecteur de diamètre 1 200 mm. Vous calculerez préalablement, le périmètre mouillé (en supposant que la surface mouillée correspond à la section du collecteur), la section mouillée, le rayon hydraulique et la vitesse d'écoulement.

Question 9

Sur votre copie, vérifier que 2 collecteurs de diamètre 1200 mm en parallèle sont suffisants pour assurer le débit décennal du ruisseau.

Dans le cadre de l'étude de la mise en œuvre des buses dans le lit du ruisseau « Le Ninian », vous devez analyser les risques environnementaux.

Question 10

Sur le document réponses 5 (DR5 : P24/25), compléter le tableau avec les solutions envisageables pour prévenir les risques environnementaux pour cette phase de travaux.

Dans le cadre de l'étude de la mise en œuvre des buses, vous devez analyser les risques pour la sécurité du personnel.

Question 11

Sur le document réponses 5 (DR5 : P24/25), compléter le tableau en identifiant pour chaque situation de travaux les risques et les solutions envisageables en vous aidant des plans du DT10.

ÉTUDE 4 : TERRASSEMENT DE L'O.A.4

Documents à utiliser : DT11 et DT12

Cette étude va porter sur la définition de l'atelier de terrassement et le temps d'exécution des travaux de déblais sous l'O.A.4.

En vue de l'étude d'extraction du matériau en place, on vous demande de définir la nature des sols.

Question 12

Sur votre copie, donner la classification du matériau et sa sous-classe hydrique suivant le GTR 2023.

Une étude de la maquette numérique du projet et l'exploitation des données de votre entreprise vous a permis de déterminer les informations suivantes :

Matériaux :
- Déblais : quantités en place 9 128 m^3
- Coefficient de foisonnement : 1,25
- Masse volumique foisonnée : 1,51 t/m^3

Poste extraction (pelle) :
- Temps de cycle brut 24 secondes (chargement, rotation, déchargement du godet dans la benne et retour en position initiale)
- Coefficient d'efficience de l'engin d'extraction : 0,83
- Volume (S.A.E.) du godet : 1,87 m^3
- Coefficient de remplissage du godet : 1,1

Engins de transport :
- Capacité volume S.A.E. : 17,1 m^3
- Charge utile : 28 tonnes
- Vitesse à vide : 45 km/h
- Vitesse en charge : 40 km/h
- Temps de déchargement (td) : 1 min
- Distances de transport : 2 km (dépôt définitif - échangeur est PT 183)

Question 13

Calculer le volume de matériau à transporter.

Question 14

Calculer le volume transporté par la pelle à chaque extraction du matériau, en tenant compte du volume S.A.E. du godet et de son coefficient de remplissage.

Question 15

Calculer le nombre de cycles entiers que la pelle met pour remplir la benne du tombereau.
En déduire le volume puis la masse de matériau ainsi transportée par un tombereau.
Conclure vis-à-vis de la charge utile de celui-ci.

On souhaite déterminer le Temps de Cycle (TC) des tombereaux, avec :
TC = tc + ta + td + tr
- tc : temps de chargement
- ta : temps de transport aller
- td : temps de déchargement
- tr : temps de transport retour

Question 16

Calculer le temps de cycle de la pelle pour une rotation d'extraction en prenant une efficience de 0,83.
En déduire le temps de chargement (tc) que met la pelle pour remplir la benne du tombereau.

Question 17

Calculer le temps aller (ta) et le temps retour (tr) que mettra un tombereau pour aller décharger le matériau dans la zone de dépôt définitif.
En déduire le temps de cycle de transport (TC) pour un tombereau.

Question 18

Calculer le nombre d'engins de transport nécessaire pour ce mouvement afin de saturer la pelle à l'extraction.
En déduire le temps d'attente des engins de transport.

Question 19

Calculer le rendement d'extraction de la pelle en une heure (en m^3/h).
En considérant une journée de travail de 7h, en déduire le temps mis pour déplacer le volume foisonné (en jour et heure).

ÉTUDE 5 : DÉBOURSÉ SEC BASSIN N°3

Documents à utiliser : DT13
DR6 (à rendre avec la copie)

Vous souhaitez comparer deux solutions pour réaliser l'étanchéité du bassin :

- Solution 1 : étanchéité par géomembrane ;
- Solution 2 : étanchéité par couches de limons du site.

Suite aux consultations faites par votre entreprise, vous disposez des données suivantes pour l'étude de prix.

Matériaux :

- GNT 0/31^5 : 20,04 €/t
- Matériaux granulaires 10/14 : 28,10 €/t
- Nappe drainante : 10,54 €/m²
- Géotextile de protection : 2,72 €/m²
- Géomembrane d'étanchéité : 9,91 €/m²

Main d'œuvre :

- N2-P2 : 29,48 €/h
- N3-P2 : 34,85 €/h

Matériels :

- Pelle hydraulique : 770 €/j
- Compacteur : 36 €/h

Données techniques compacteurs :

- Largeur de bille : 2,13 m
- Vitesse de compactage : 2 km/h
- Nombre de passes : 3
- Recouvrement : 6 % de la surface à compacter

Temps de travail par jour : 7h

Question 20

Sur votre copie, présenter les avantages et inconvénients de chaque solution d'un point de vue développement durable.

Vous souhaitez comparer le prix des deux solutions.
Sachant que la solution 2 (limons du site) a été chiffrée en déboursé sec à 12,09 €/m² de surface du bassin, Il vous reste à déterminer le coût de la solution 1 (étanchéité par géomembrane).

Question 21

Sur le document réponses 6 (DR6 : P25/25), compléter le tableau :

- Reporter le prix unitaire des matériaux ;
- Déterminer les quantités à mettre en œuvre ;
- À partir des rendements fournis pour les matériels, calculer la durée de chaque opération (hormis le compacteur) ;
- Reporter la durée de chaque opération pour la main d'œuvre concernée (hormis la phase 6).

La surface de la couche de GNT 0/31^5 est de 1339 m².

Question 22

Sur votre copie, à partir de la vitesse du compacteur et de la largeur de bille données, déterminer la surface compactée en une heure.
Déterminer, en tenant compte du recouvrement et du nombre de passes donnés, le temps de compactage de la GNT 0/31^5.
Reporter les valeurs manquantes (Rendement, Durée de la tâche, Heures main d'œuvre) dans le tableau du document réponses 6 (DR6 : P25/25).

La surface du bassin est de 3586 m².

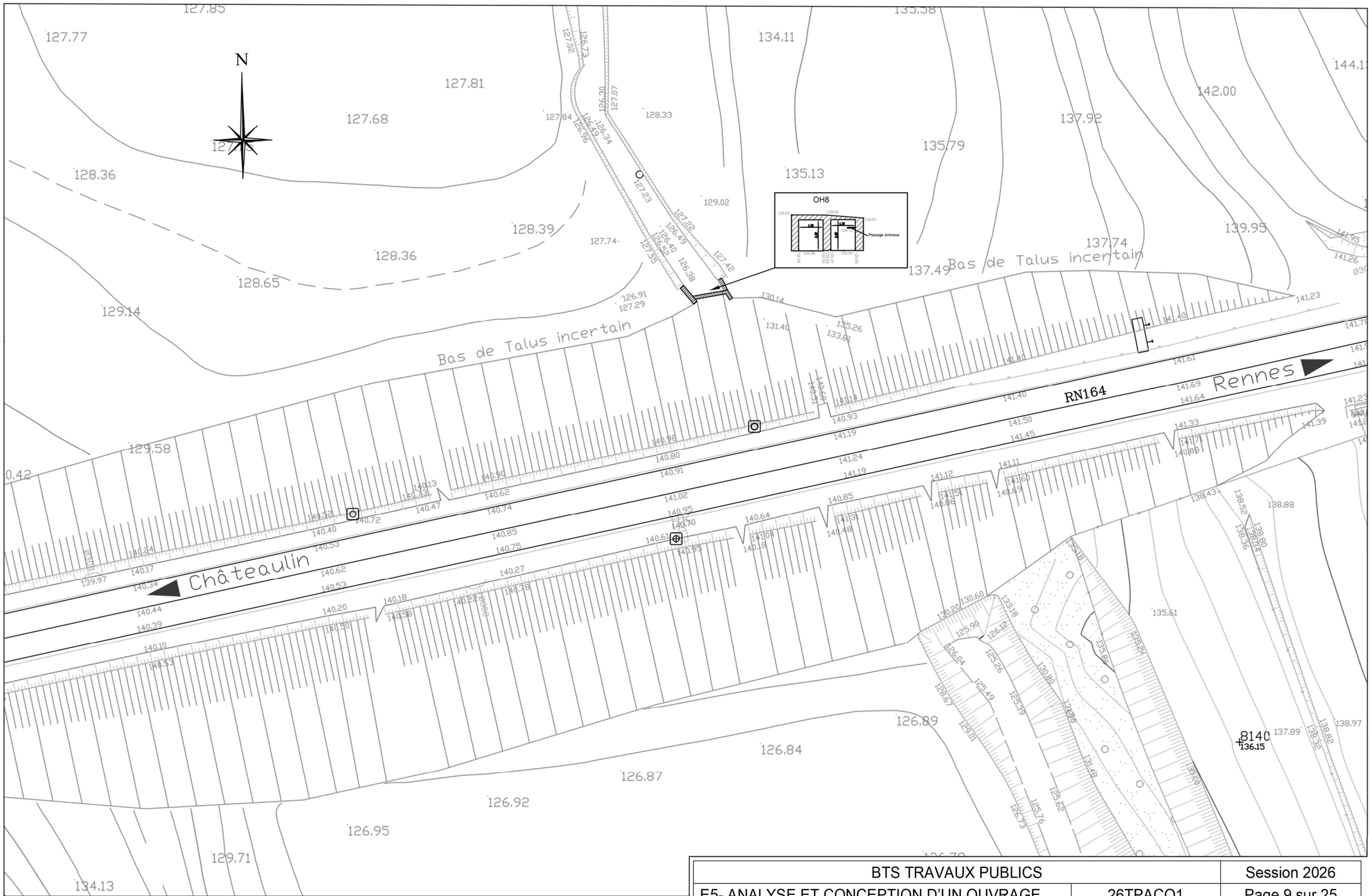
Question 23

Sur votre copie, calculer le D.S. total pour le bassin, et le D.S. par mètre carré de surface. Reporter les valeurs dans le tableau du document réponses 6 (DR6 : P25/25).

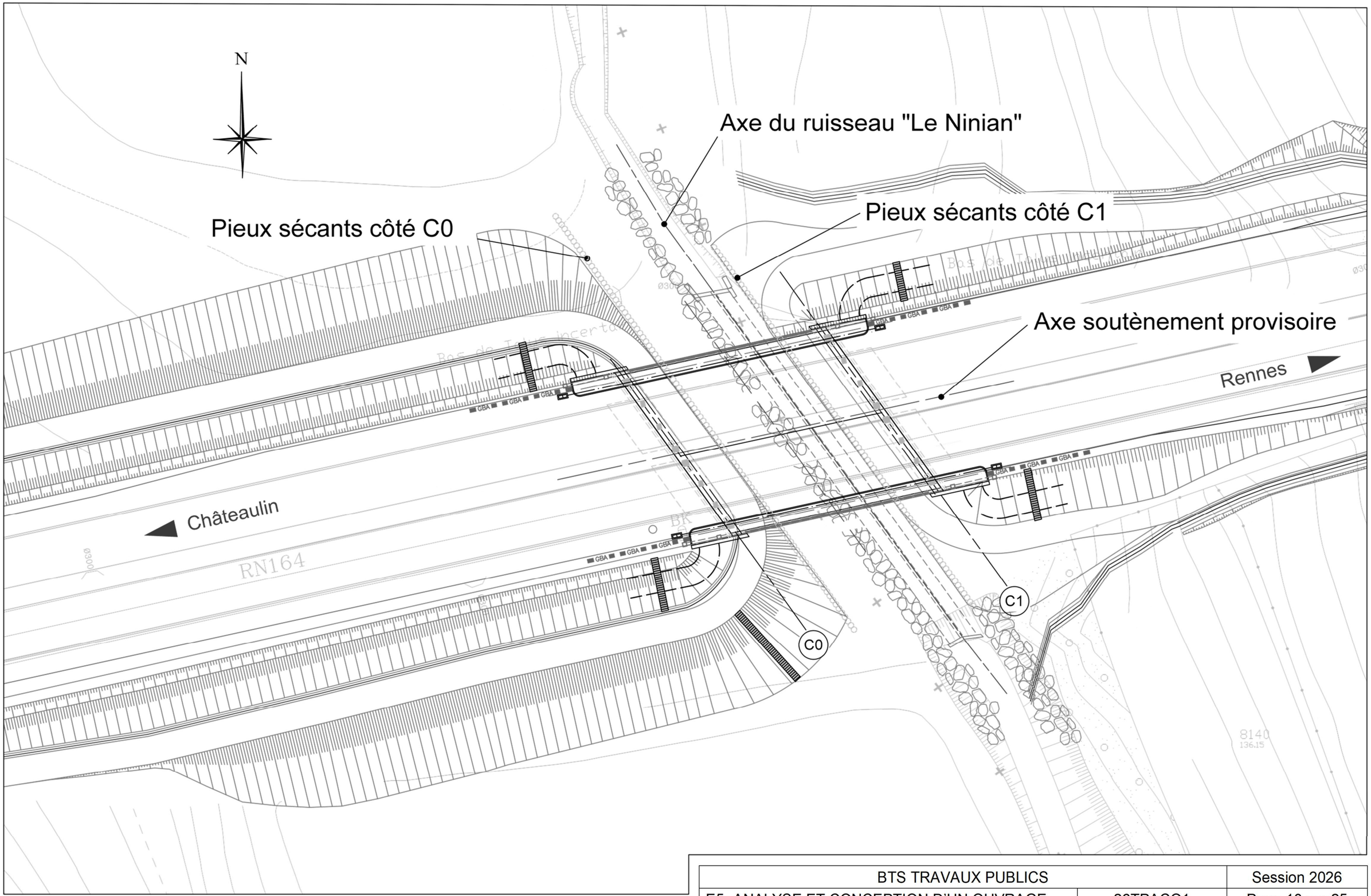
Question 24

Déterminer la solution la plus avantageuse économiquement.

DOCUMENT TECHNIQUE DT1 : Plan de situation état initial

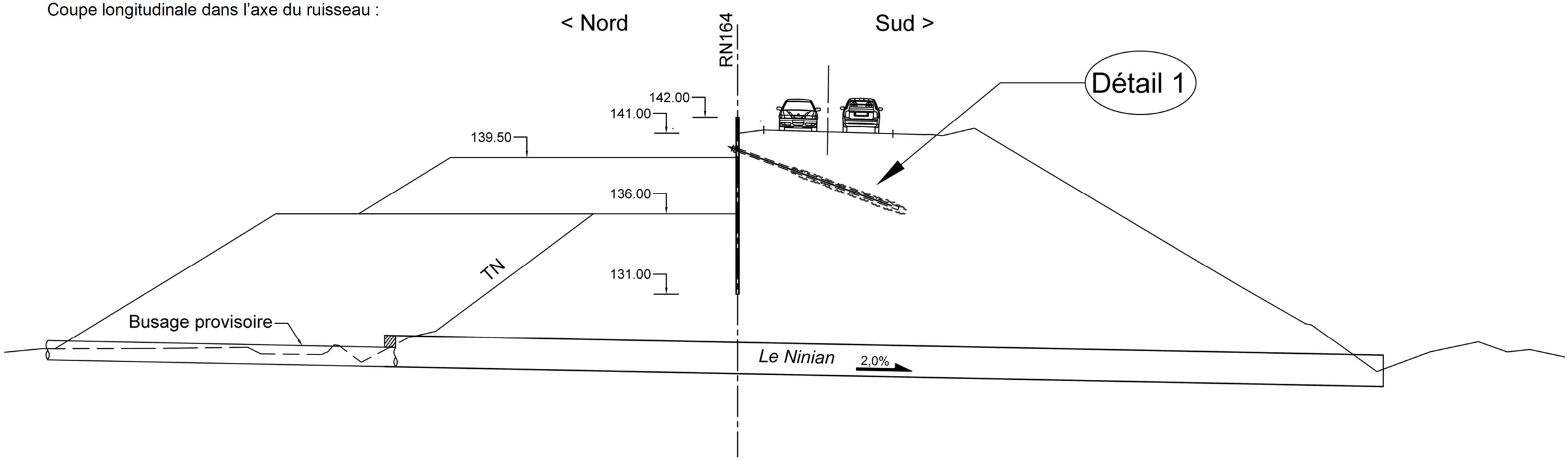


DOCUMENT TECHNIQUE DT2 : Plan de situation état final

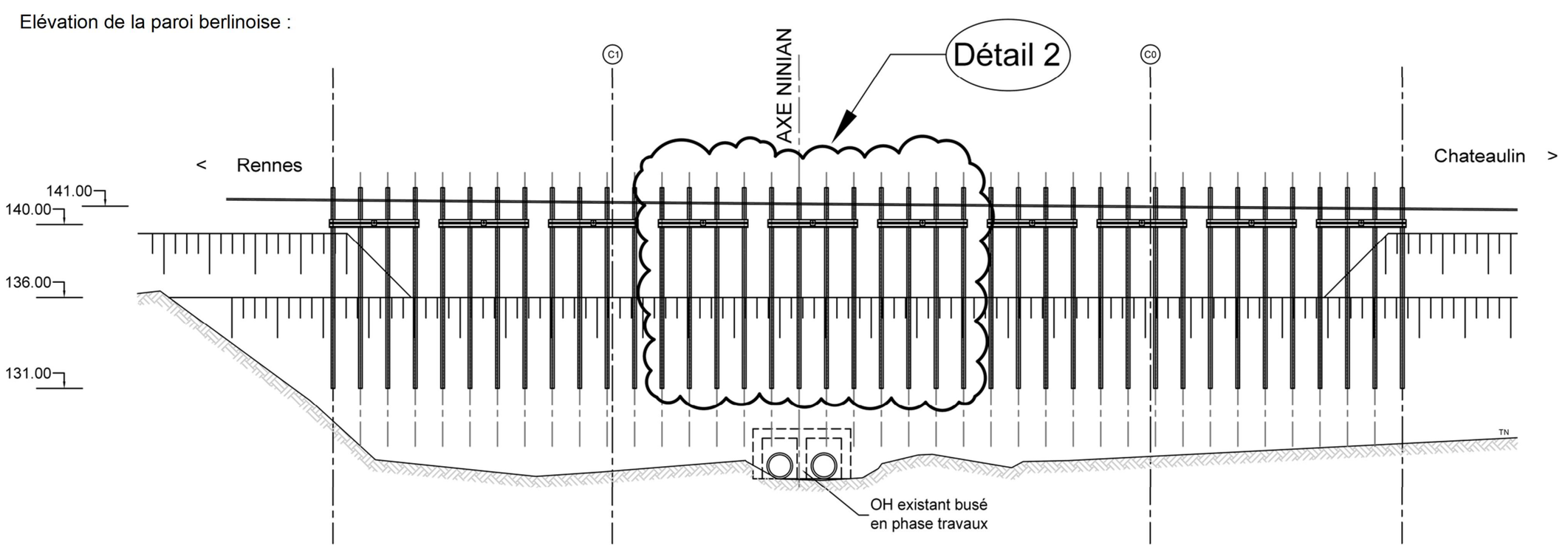


DOCUMENT TECHNIQUE DT3 : Paroi berlinoise

Coupe longitudinale dans l'axe du ruisseau :

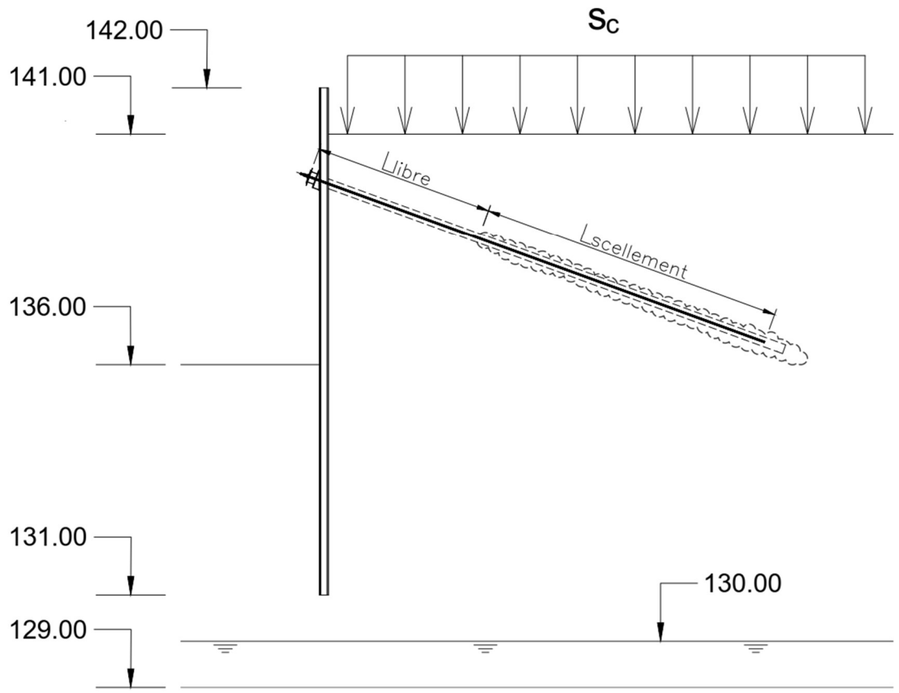


Elévation de la paroi berlinoise :

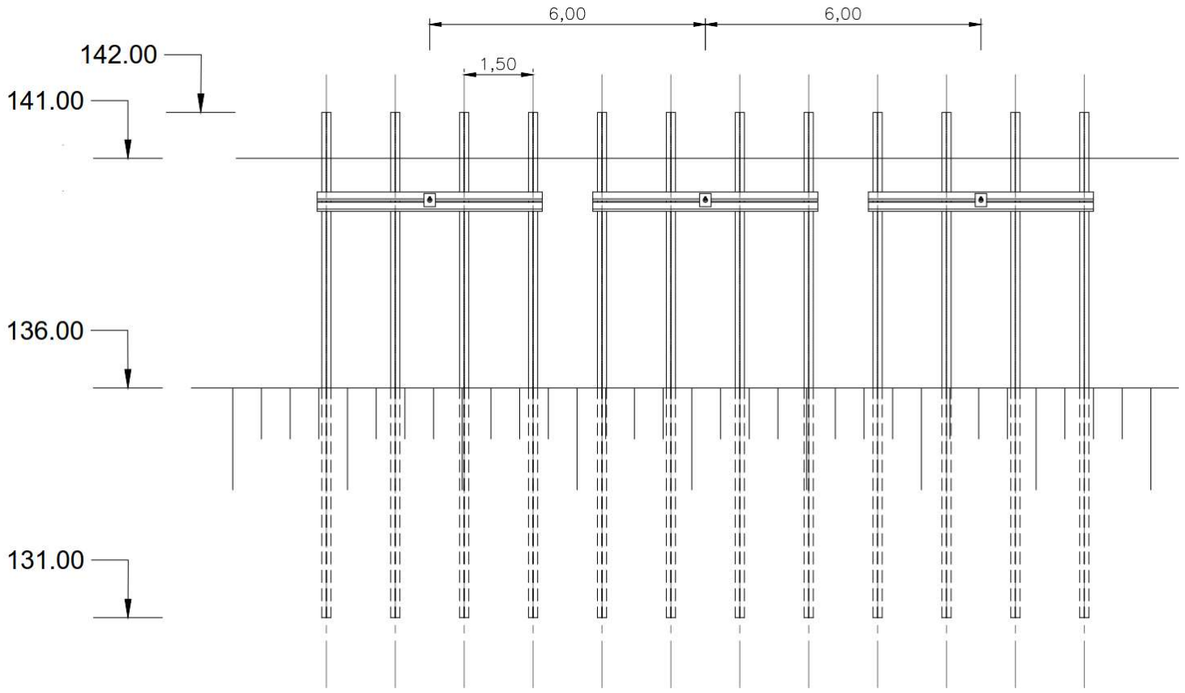


DOCUMENT TECHNIQUE DT4 : Détail paroi berlinoise

Détail 1 :



Détail 2 :



DOCUMENT TECHNIQUE DT5 : Formulaire Poussée / Butée

Les contraintes verticales sur le sol peuvent être calculées à partir de la formule suivante (cas sans eau mais avec surcharge s_c) :

$\sigma_V = \sigma_{Vsol} + \text{surcharge} = \gamma_h \times z + s_c$

Les coefficients de poussée et de butée peuvent être calculés à partir des formules de Rankine (sols pulvérulents, écran vertical et surface du terrain horizontal) :

- coefficient de poussée : $K_a = \tan^2(45° - \frac{\varphi'}{2})$ avec φ en degrés
- coefficient de butée : $K_P = \tan^2(45° + \frac{\varphi'}{2})$ avec φ en degrés

Pour un sol, sans eau et présentant une cohésion, les contraintes horizontales peuvent se calculer à partir des formules suivantes :

- en poussée : $\sigma_h = K_a \times \sigma_V - 2 \times c' \times \sqrt{K_a}$
- en butée : $\sigma_h = K_p \times \sigma_V + 2 \times c' \times \sqrt{K_P}$

DOCUMENT TECHNIQUE DT6 : Formulaire Eurocode 3

Vérification des sections d'acier vis-à-vis de l'effort tranchant :

$$V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$$

avec :

$V_{pl,Rd}$ la résistance de calcul à l'effort tranchant,
V_{Ed} la valeur de calcul de l'effort tranchant sollicitant.

La résistance de calcul à l'effort tranchant est l'effort tranchant plastique :

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \times \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}}$$

avec :

$A_{v,z}$ l'aire de cisaillement, qui peut être obtenue à partir de la documentation fabricant,
f_y la limite élastique de l'acier,
$\gamma_{M0} = 1{,}1$ le coefficient de sécurité.

Vérification des sections d'acier vis-à-vis du moment fléchissant :

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

avec :

$M_{c,Rd}$ la résistance de calcul en flexion simple,
M_{Ed} la valeur de calcul du moment fléchissant sollicitant.

La résistance de calcul en flexion simple est donnée par :

- Pour une section de Classe 1 ou 2, il s'agit du moment de résistance plastique :

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{w_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

- Pour une section de Classe 3, il s'agit du moment de résistance élastique :

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{w_{el} \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

- Pour une section de Classe 4, il s'agit du moment de résistance élastique de la section efficace :

$$M_{c,Rd} = \frac{w_{eff} \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

avec :

w_{pl} le module plastique de la section du profilé ;
w_{el} le module élastique de la section du profilé ;
w_{eff} le module élastique de la section efficace du profilé ;
$\gamma_{M0} = 1{,}1$ le coefficient de sécurité.

DOCUMENT TECHNIQUE DT7 : Formulaire NF P 94-282

(Norme d'application nationale de l'Eurocode 7) :

Les tirants sont justifiés selon l'annexe H de la norme NF P94-282 et le TA95. Ainsi, il convient de vérifier :

- La longueur scellée doit vérifier la relation suivante :

$$L_S = \frac{\gamma_a \times \gamma_{Rd} \times F_d}{q_s \times \pi \times \alpha_s \times D}$$

avec :

F_d l'effort maximal appliqué au tirant aux ELU,
q_s le frottement latéral unitaire donné,
α_s le coefficient lié à la méthode d'exécution,
D le diamètre de forage,
L_S la longueur de scellement,
γ_{Rd} le facteur de modèle égal à 1,0 en cas de réalisation d'au moins 5 essais préalables et 1,4 sans essai préalable,
γ_a le facteur partiel de résistance de l'ancrage égal à 1,1.

- La barre d'acier composant le tirant doit vérifier la relation suivante :

$$F_d \leq R_{t,d}$$

avec :

F_d l'effort maximal appliqué au tirant aux ELU,
$R_{t,d}$ la résistance de calcul du tirant à la traction :

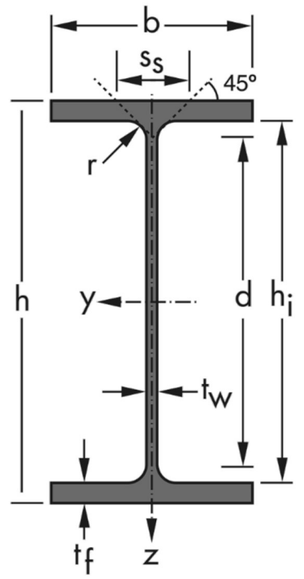
$$R_{t,d} = \frac{A_S \times f_y}{\gamma_{M0} \times \gamma_{R;d;STR}}$$

A_S la section d'acier du tirant (partie non filetée) ;
$f_y = f_{p,0,1k}$ la limite élastique de l'acier du tirant ;
γ_{M0} le coefficient de sécurité de matériau de valeur 1,1 ;
$\gamma_{R;d;STR}$ le coefficient de sécurité du modèle de calcul de valeur 1,0.

DOCUMENT TECHNIQUE DT8 : Fiches techniques

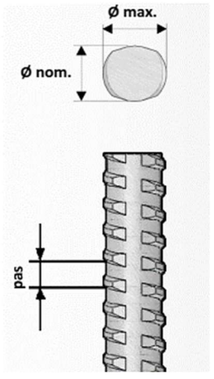
Caractéristiques techniques des profilés HEB 200 (extrait documentation ARCELOR-MITTAL)

Désignation		Valeurs statiques									Classification EN 1993-1-1 :2005					
		Axe fort y-y Strong Axis y-y					Axe faible z-z Weak Axis z-z									
	G kg/m	I_{Gy} mm^4 $\times 10^4$	$W_{el,y}$ mm^3 $\times 10^3$	$W_{pl,y}$ mm^3 $\times 10^3$	i_y mm $\times 10$	$A_{V,z}$ mm^2 $\times 10^2$	I_{Gz} mm^4 $\times 10^4$	$W_{el,z}$ mm^3 $\times 10^3$	$W_{pl,z}$ mm^3 $\times 10^3$	i_z mm $\times 10$	Pure Bending y-y			Pure Compression		
											S235	S355	S460	S235	S355	S460
HE 200 AA	34,6	2944	316,5	347	8,1	15,45	1068	106,8	163,1	4,9	2	3	3	2	3	3
HE 200 A	42,3	3692	388,6	429,4	8,2	18,08	1335	133,5	203,8	4,9	1	2	3	1	2	3
HE 200 B	61,3	5696	569,6	642,5	8,5	24,83	2003	200,3	305,8	5	1	1	1	1	1	1
HE 200 C	81,9	8029	764,7	880,6	8,7	32,78	2794	275,2	420,9	5,1	1	1	1	1	1	1
HE 200 M	103	10640	967,4	1135	9	41,03	3651	354,4	543,2	5,2	1	1	1	1	1	1



Caractéristiques techniques des barres GEWI (extrait documentation DYWIDAG – SYSTEMS INTERNATIONAL) :

Barre	∅ nom. (mm)	∅ max. (mm)	Contrainte à la limite élastique $f_{p0,1k}$ (N/mm^2)	Contrainte à la rupture f_{pk} (N/mm^2)	Limite élastique $F_{0,1k}$ (kN)	Limite à la rupture F_{pk} (kN)
16 T	16	18,00	500	550	100,50	110,55
20 T	20	22,40			157,00	172,10
25 T	25	27,90			245,50	270,05
28 T	28	31,20			308,00	338,80
32 T	32	36,00			402,00	442,20
40 T	40	44,20			628,00	690,80
50 T	50	55,60			980,00	1078,00
63 T	63	67,80	550	700	1757,68	2216,90



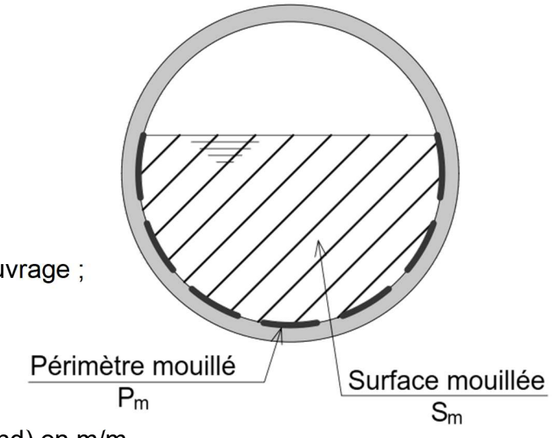
DOCUMENT TECHNIQUE DT9 : Étude hydraulique

Formule de Manning - Strickler

En vitesse d'écoulement : $V = K \times R_h^{2/3} \times i^{1/2}$

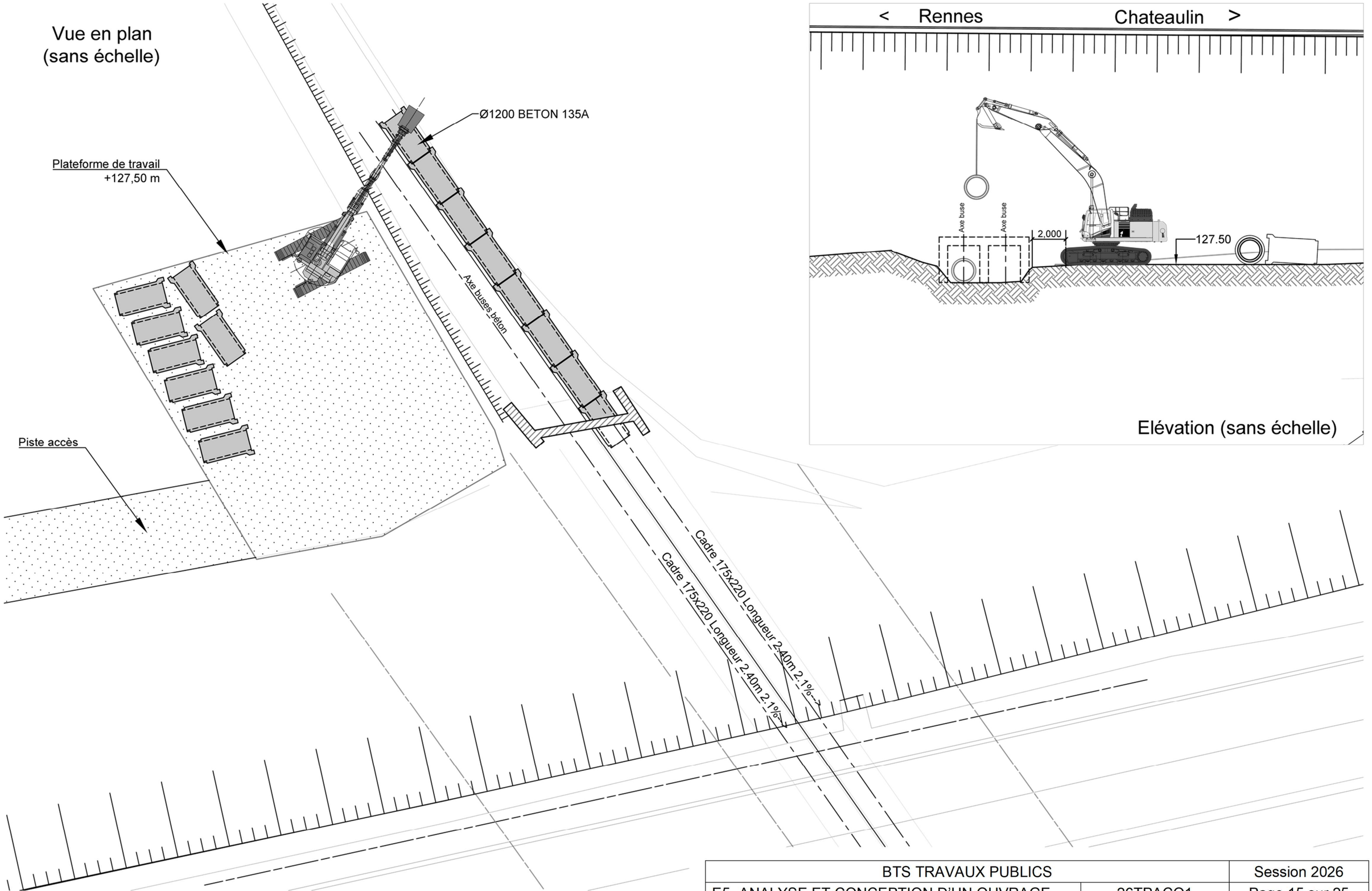
En débit : $Q = V \times S_m = K \times R_h^{2/3} \times i^{1/2} \times S_m$

V : vitesse moyenne en m/s ;
Q : débit en m^3/s ;
K : coefficient de rugosité (ou de Strickler) de l'ouvrage ;
$K = 80$ pour une canalisation en béton ;
R_h : Rayon hydraulique en m ($R_h = \frac{S_m}{P_m}$) ;
P_m : Périmètre mouillé en m ;
S_m : Section mouillée en m^2 ;
i : Pente (constante par hypothèse = pente du fond) en m/m.



DOCUMENT TECHNIQUE DT10 : Plans de pose des buses dans le lit de la rivière

Vue en plan
(sans échelle)



Elévation (sans échelle)

RAPPORT D'ESSAIS SUR ECHANTILLON DE SOL

suivant normes NF françaises

Chantier : Déviation de PLEMET - RN164 (22)

Client : DREAL
Destinataire : DREAL
Adresse :

Dossier : OVA2.E153
N° d'enregistrement : OVA2.E153

Nature du matériau : Remblais limono-sableux
Repère ou sondage : TA46
Profondeur : 4.0 à 6.0 m
Mode prélèvement : Tarière
Date prélèvement : S36
Prélèvé par : GINGER CEBTP
Date des essais : Octobre

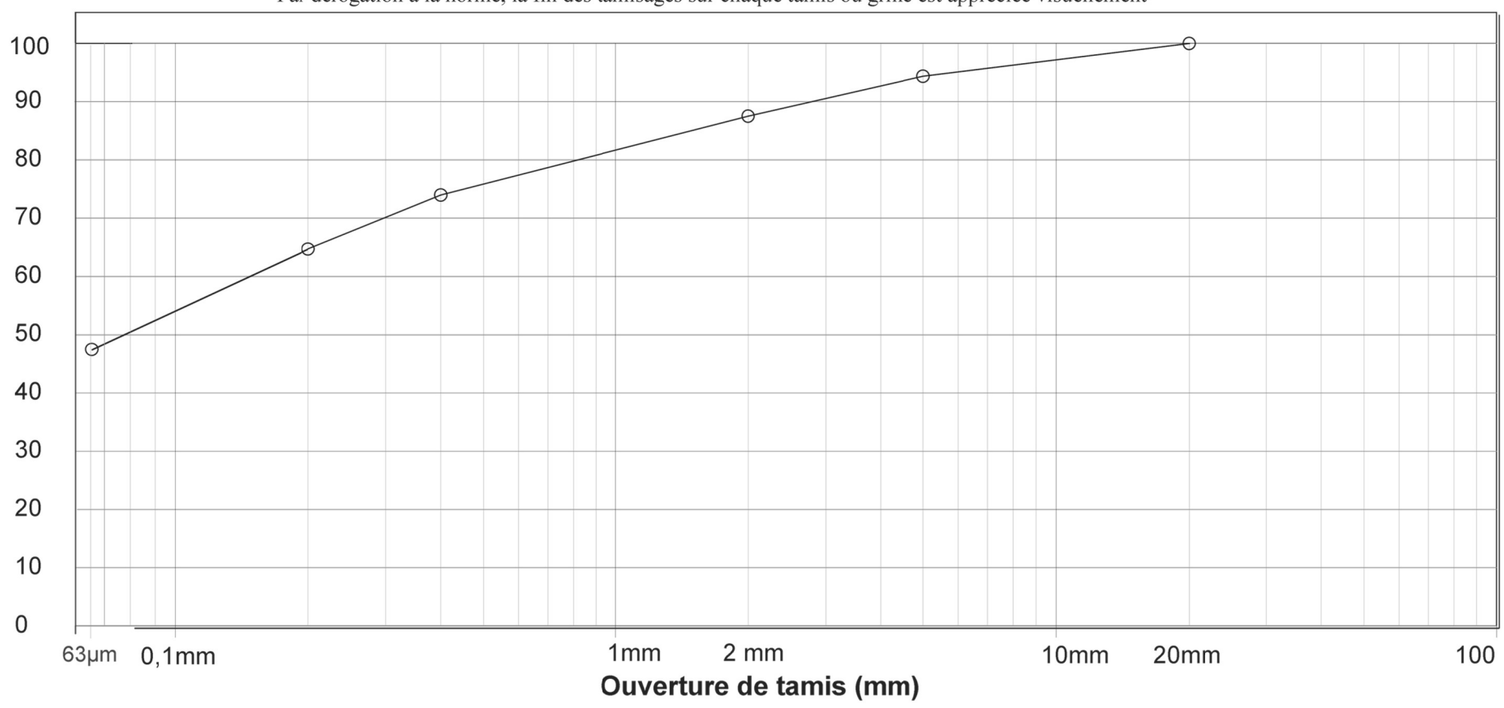
D.max	Teneur en eau (*) W	Valeur au bleu VBS	Limite de liquidité WL	Limite de plasticité WP	Indice de plasticité IP	Passant à 5 mm	Passant à 2 mm	Passant à 63µm			Classification du sol
mm	%	g/100g	%	%	-	%	%	%			
	NFP 94-050	NFP 94-068	NFP 94-051	NFP 94-051	NFP 94-051						
20	**10.4**	**1.02**				**94**	**87**	**47**			

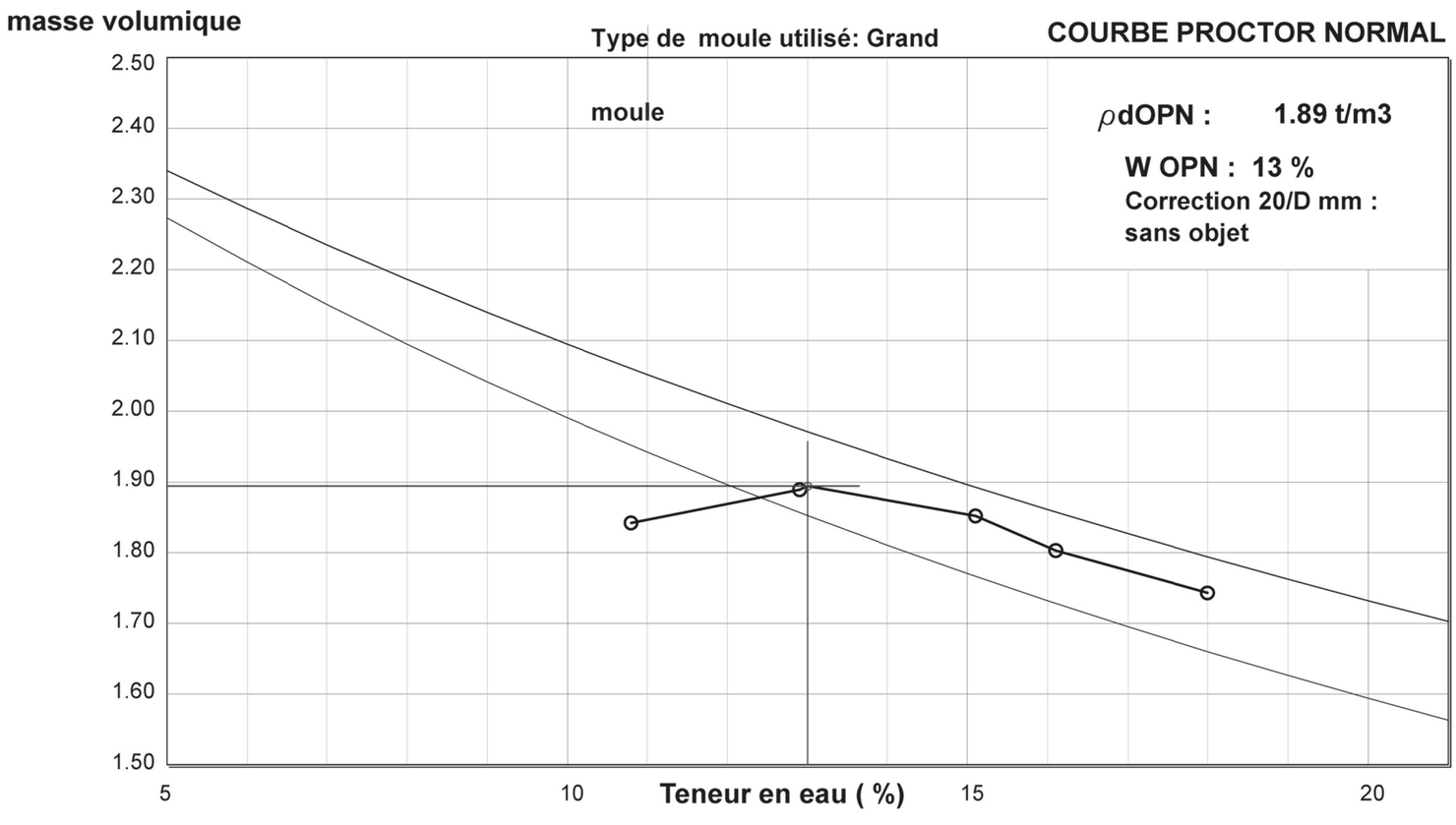
(*) Par dérogation à la norme, la mesure de la teneur en eau est effectuée en laissant le matériau au moins 12 heures à l'étuve

ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU MATERIAU

Tamisage à sec après lavage
granulométrie: NFP 94 056

Par dérogation à la norme, la fin des tamisages sur chaque tamis ou grille est appréciée visuellement





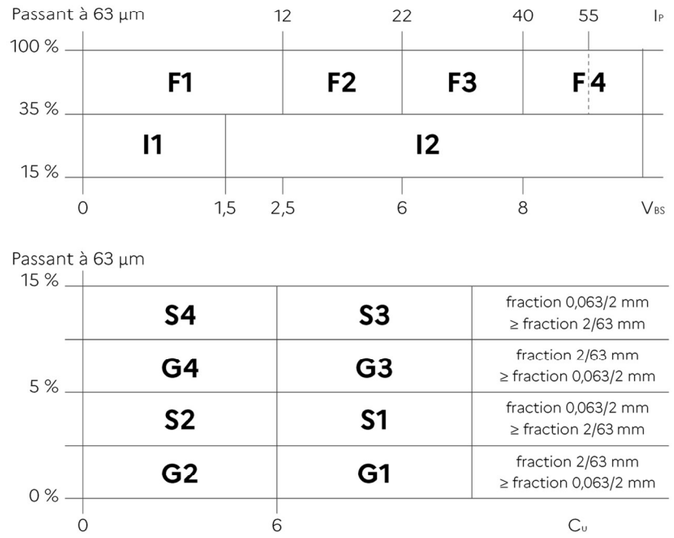
DOCUMENT TECHNIQUE DT11 : Rapport sol labo

ANNEXE 1 - TABLEAUX DE CLASSIFICATION DES MATÉRIAUX UTILISÉS POUR LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME

Tableau synoptique de classification des matériaux selon leur nature

SOLS

D_{max} ≤ 63 mm



Classement selon la nature					Classement selon l'état hydrique	
Paramètres de nature 1er niveau de classification	**Classe**	**Paramètres de nature 2e niveau de classification**	**Sous-classe fonction de la nature**	**Caractères principaux**	**Paramètres et valeurs de seuils retenus**	**Sous-classe**
D_{max} ≤ 63 mm et tamisat à 63 µm > 35 %	**F Sols fins**	**V_{BS} ≤** 2,5 ou I_P ≤ 12	F1 Limons peu plastiques, loess, silts alluvionnaires, sables fins peu pollués, arènes peu plastiques…	Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau, en particulier lorsque leur w_n est proche de w_{OPN}. Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement. Dans le cas de ces sols fins peu plastiques, il est souvent préférable de les identifier par la valeur de bleu de méthylène V_{BS}, compte tenu de l'imprécision attachée à la mesure de l'I_P.	**IPI** ≤ 3 ou $w_n \geq 1{,}25\ w_{OPN}$	F1th
					3 < **IPI** ≤ 8 ou $1{,}25\ w_{OPN} > w_n \geq 1{,}1\ w_{OPN}$	F1h
					8 < **IPI** ≤ 25 ou $1{,}1\ w_{OPN} > w_n \geq 0{,}9\ w_{OPN}$	F1m
					$0{,}9\ w_{OPN} > w_n \geq 0{,}7\ w_{OPN}$	F1s
					$0{,}7\ w_{OPN} > w_n$	F1ts
		12 < **I_P ≤** 22 ou 2,5 < V_{BS} ≤ 6	F2 Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes…	Le caractère moyen des sols de cette sous-classe fait qu'ils se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement (si la teneur en eau n'est pas trop élevée). Dès que l'I_P atteint des valeurs ≥ 12, il constitue le critère d'identification le mieux adapté.	**IPI** ≤ 2 ou **Ic** ≤ 0,95 ou $w_n \geq 1{,}3\ w_{OPN}$	F2th
					2 < **IPI** ≤ 6 ou 0,95 < **Ic** ≤ 1,05 ou $1{,}3\ w_{OPN} > w_n \geq 1{,}1\ w_{OPN}$	F2h
					6 < **IPI** ≤ 15 ou 1,05 < Ic ≤ 1,15 ou $1{,}1\ w_{OPN} > w_n \geq 0{,}9\ w_{OPN}$	F2m
					1,15 < Ic ≤ 1,3 ou $0{,}9\ w_{OPN} > w_n \geq 0{,}7\ w_{OPN}$	F2s
					1,3 < Ic ou $0{,}7\ w_{OPN} > w_n$	F2ts
		22 < **I_P ≤** 40 ou 6 < V_{BS} < 8	F3 Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques…	Ces sols sont très cohérents à teneur en eau moyenne et faible, et collants ou glissants à l'état humide, d'où la difficulté de mise en œuvre sur chantier (et de manipulation en laboratoire). Leur perméabilité très réduite rend leurs variations de teneur en eau très lentes, en place. Une augmentation de teneur en eau assez importante est nécessaire pour changer notablement leur consistance.	**IPI** ≤ 2 ou **Ic** ≤ 0,85 ou $w_n \geq 1{,}4\ w_{OPN}$	F3th
					2 < **IPI** ≤ 4 ou 0,85 < **Ic** ≤ 1 ou $1{,}4\ w_{OPN} > w_n \geq 1{,}2\ w_{OPN}$	F3h
					4 < **IPI** ≤ 10 ou 1 < Ic ≤ 1,1 ou $1{,}2\ w_{OPN} > w_n \geq 0{,}9\ w_{OPN}$	F3m
					1,1 < Ic ≤ 1,25 ou $0{,}9\ w_{OPN} > w_n \geq 0{,}7\ w_{OPN}$	F3s
					1,25 < Ic ou $0{,}7\ w_{OPN} > w_n$	F3ts
		40 < **I_P ≤** 55 ou V_{BS} > 8	F4 Argiles et argiles marneuses, très plastiques…	Ces sols sont très cohérents et presque imperméables : s'ils changent de teneur en eau, c'est extrêmement lentement et avec d'importants retraits ou gonflements. Leur emploi en remblai de faible hauteur est envisageable avec un traitement adapté. Leur emploi en remblai et couche de forme nécessite dans tous les cas des études spécifiques démontrant la possibilité de leur mise en œuvre pour des remblais de faible hauteur.	**IPI** ≤ 1 ou **Ic** ≤ 0,8 ou $w_n \geq 1{,}4\ w_{OPN}$	F4th
					1 < **IPI** ≤ 3 ou 0,8 < **Ic** ≤ 1 ou $1{,}4\ w_{OPN} > w_n \geq 1{,}2\ w_{OPN}$	F4h
					3 < **IPI** ≤ 10 ou 1 < Ic ≤ 1,1 ou $1{,}2\ w_{OPN} > w_n \geq 0{,}9\ w_{OPN}$	F4m
					1,1 < Ic ≤ 1,2 ou $0{,}9\ w_{OPN} > w_n \geq 0{,}7\ w_{OPN}$	F4s
					1,2 < Ic ou $0{,}7\ w_{OPN} > w_n$	F4ts
		I_P > 55		L'utilisation des argiles très plastiques en l'état n'est pas envisageable hors étude spécifique et restera limitée à des remblais de faible hauteur .	Valeurs seuils des paramètres d'état, à définir à l'appui d'une étude spécifique.	F4+

Les paramètres inscrits en **caractères gras** sont ceux dont le choix est à privilégier.

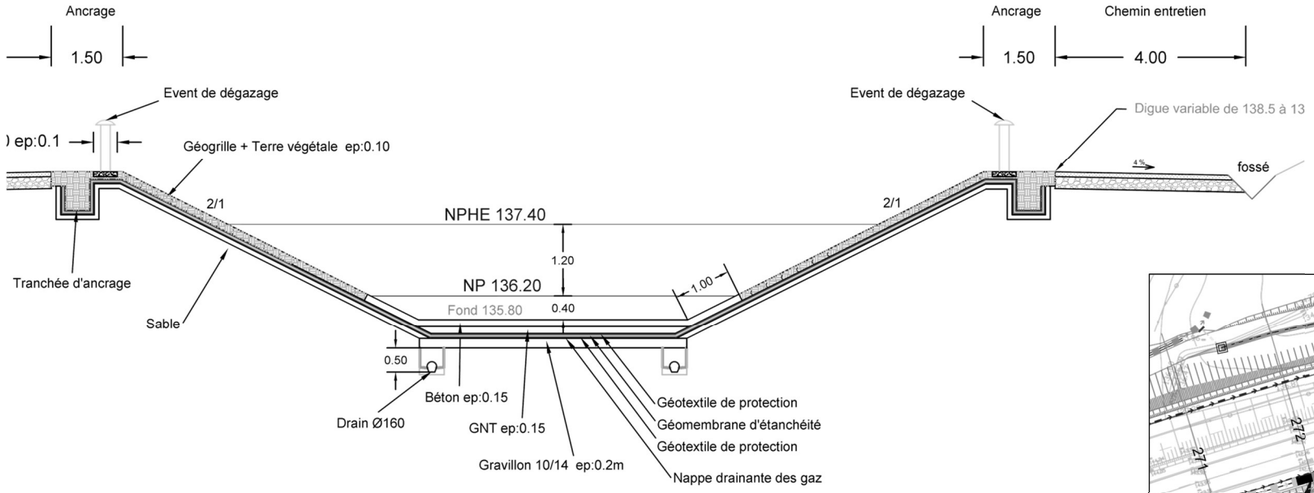
Classement selon la nature					Classement selon l'état hydrique	
Paramètres de nature 1er niveau de classification	**Classe**	**Paramètres de nature 2e niveau de classification**	**Sous-classe fonction de la nature**	**Caractères principaux**	**Paramètres et valeurs de seuils retenus**	**Sous-classe**
D_{max} ≤ 63 mm et tamisat à 63 µm compris entre 15 et 35 %	**I Sols intermédiaires**	**V_{BS} ≤** 1,5 ou I_P ≤ 12	I1 Sables et graves très silteux	La proportion de fines et la faible plasticité de ces dernières rapprochent beaucoup le comportement de ces sols de celui des sols F. Pour la même raison qu'indiqué à propos des sols F, il y a lieu de préférer le critère V_{BS} au critère I_P, pour l'identification des sols I1.	**IPI** ≤ 5 ou $w_n \geq 1{,}25\ w_{OPN}$	I1th
					5 < **IPI** ≤ 12 ou $1{,}25\ w_{OPN} > w_n \geq 1{,}1\ w_{OPN}$	I1h
					12 < IPI ≤ 30 ou $1{,}1\ w_{OPN} > w_n \geq 0{,}9\ w_{OPN}$	I1m
					$0{,}9\ w_{OPN} > w_n \geq 0{,}6\ w_{OPN}$	I1s
					$0{,}6\ w_{OPN} > w_n$	I1ts
		V_{BS} > 1,5 ou **I_P >** 12	I2 Sables et graves, argileux à très argileux	L'influence des fines est prépondérante; le comportement du sol se rapproche de celui du sol fin ayant la même plasticité avec toutefois une plus grande sensibilité à l'eau due à la présence de la fraction sableuse en plus grande quantité.	**IPI** ≤ 4 ou Ic ≤ 0,85 ou $w_n \geq 1{,}3\ w_{OPN}$	I2th
					4 < **IPI** ≤ 10 ou 0,85 < Ic ≤ 1 ou $1{,}3\ w_{OPN} > w_n \geq 1{,}1\ w_{OPN}$	I2h
					10 < IPI ≤ 25 ou 1 < Ic ≤ 1,15 ou $1{,}1\ w_{OPN} > \mathbf{w_n} \geq 0{,}9\ w_{OPN}$	I2m
					1,15 < Ic ≤ 1,25 ou $0{,}9\ w_{OPN} > \mathbf{w_n} \geq 0{,}7\ w_{OPN}$	I2s
					1,25 < Ic ou $0{,}7\ w_{OPN} > \mathbf{w_n}$	I2ts

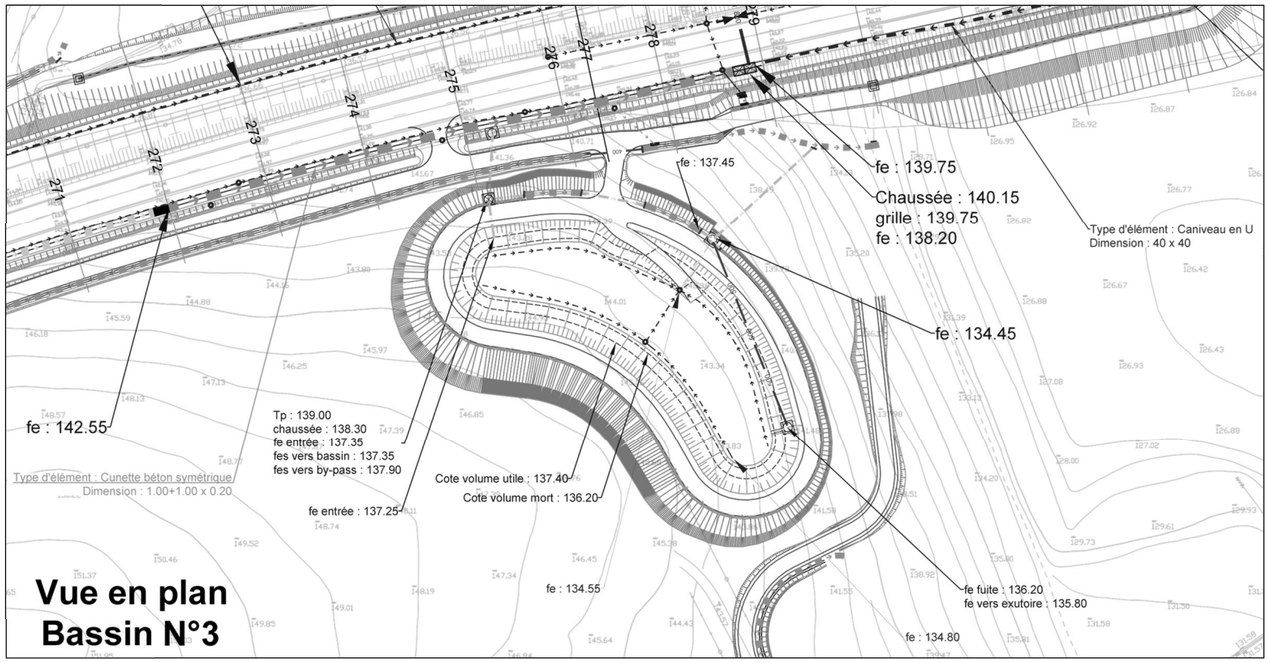
Les paramètres inscrits en **caractères gras** sont ceux dont le choix est à privilégier.

DOCUMENT TECHNIQUE DT13 : Étude du bassin - solution 1 / solution 2

Solution 1 :
Étanchéité par complexe géomembranes

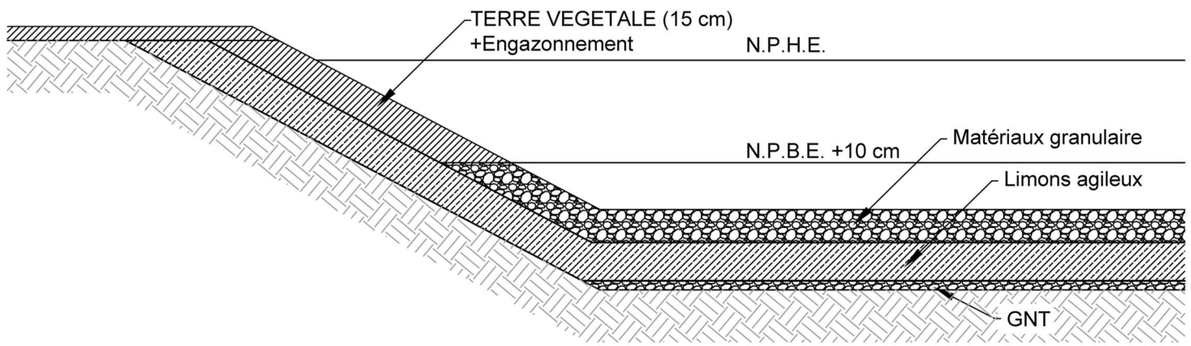
Coupe transversale :





Solution 2 :
Étanchéité par couche de limon argileux.

Coupe de principe :



DR1 : Tableau d'analyse des contraintes de chantier
<u>À rendre avec la copie</u>

Contraintes	Conséquence(s)	Solution(s)
Circulation à maintenir sur la RN 164 (usagers)	Risques de heurts et gêne pour les usagers de la route à proximité de la zone chantier.	Balisage et réduction de vitesse à proximité du chantier.
Circulation à maintenir sur la RN 164 (exécution)		
Travaux d'excavation à proximité de la voie circulée		
Présence du ruisseau « Le Ninian » (écoulement)		
Présence du ruisseau « Le Ninian » (volet environnement)		
Plateforme de travail au niveau +136,00 m NGF		

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

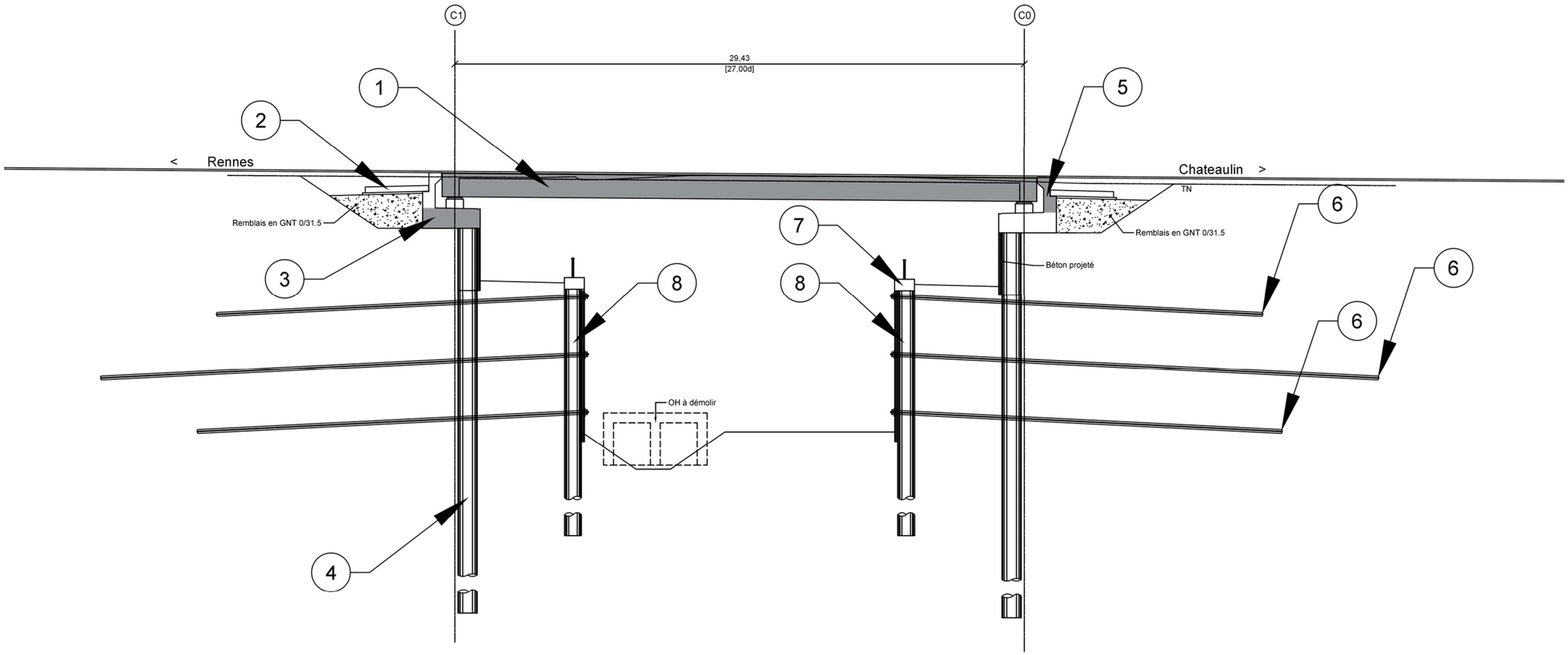
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2-A3

DR2 : Repérage des éléments de l'ouvrage
<u>À rendre avec la copie</u>

Coupe longitudinale de l'Ouvrage d'Art



Liste des éléments à identifier	Numéro correspondant sur la coupe
Tablier de l'O.A.	
Culées	
Dalle de transition	
Fondations profondes de l'O.A.	
Pieux sécants	
Tirants	
Poutre de couronnement	
Mur garde grève	

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

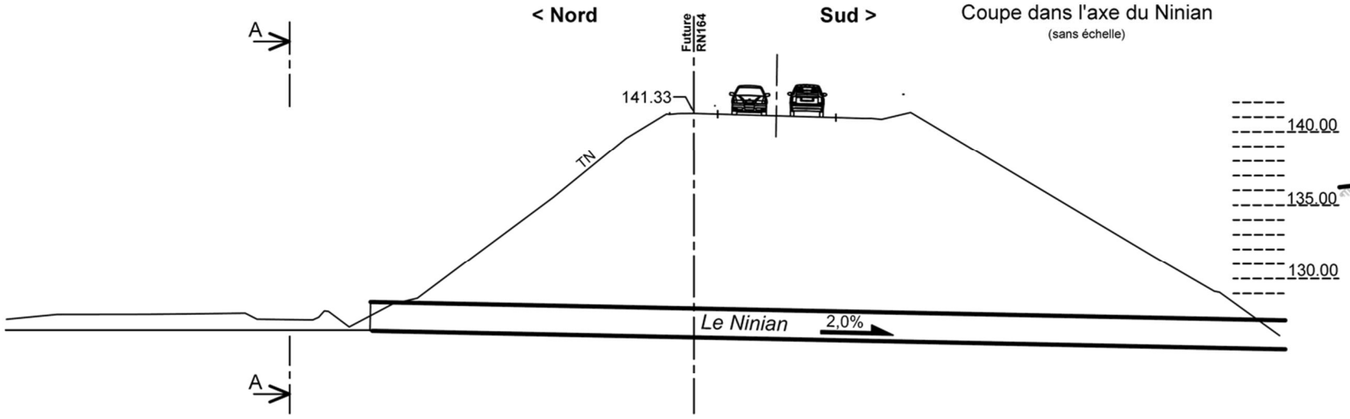
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

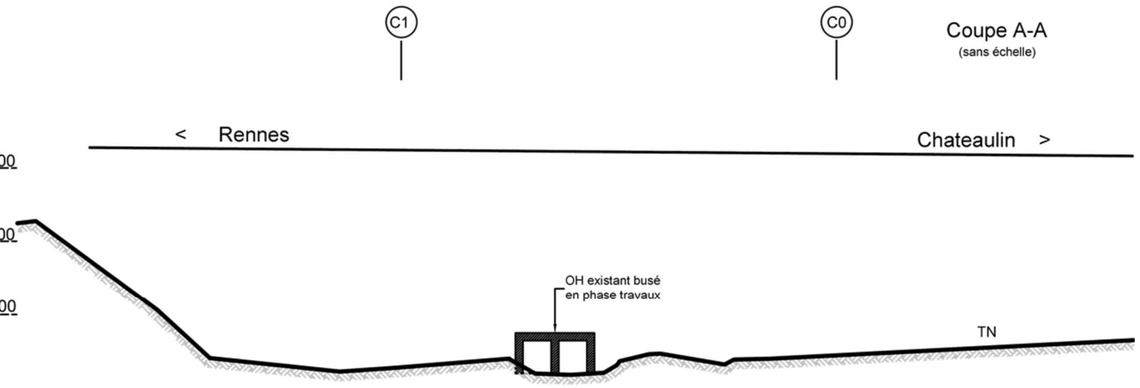
1.2-A3

DR3 : Cinématique (1/3)
<u>À rendre avec la copie</u>

1 - Busage provisoire du ruisseau « Le Ninian » côté Nord

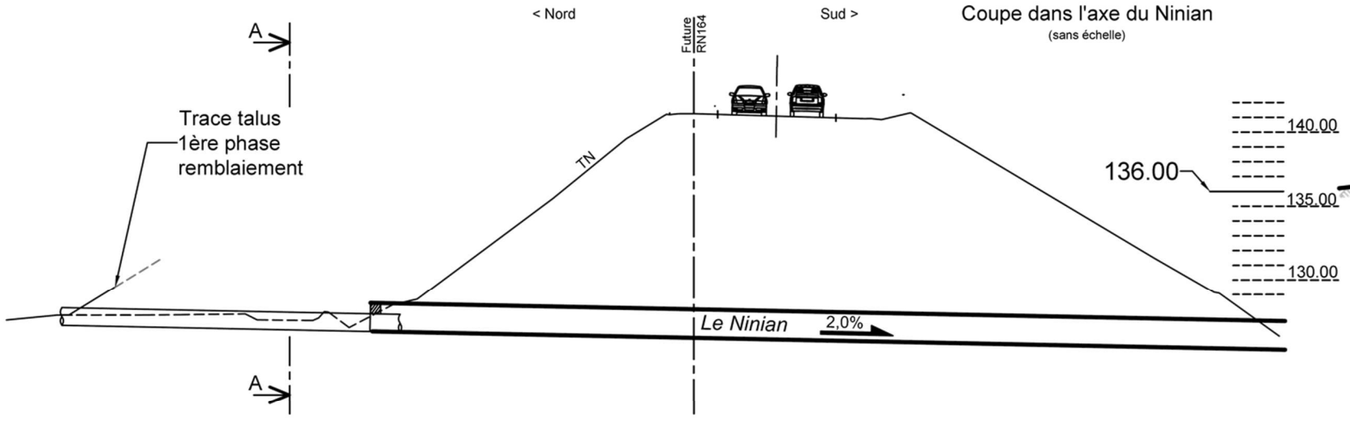


Coupe dans l'axe du Ninian
(sans échelle)

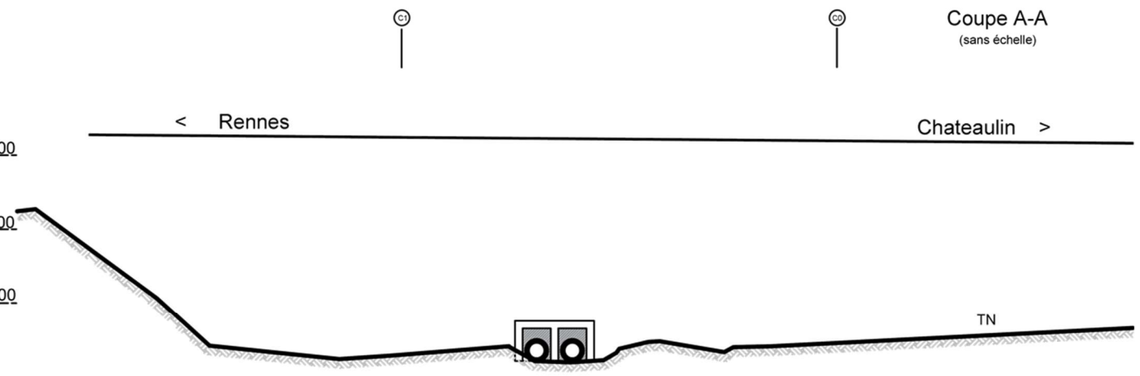


Coupe A-A
(sans échelle)

2 - 1ère phase remblaiement jusqu'à la cote +136,0 m NGF

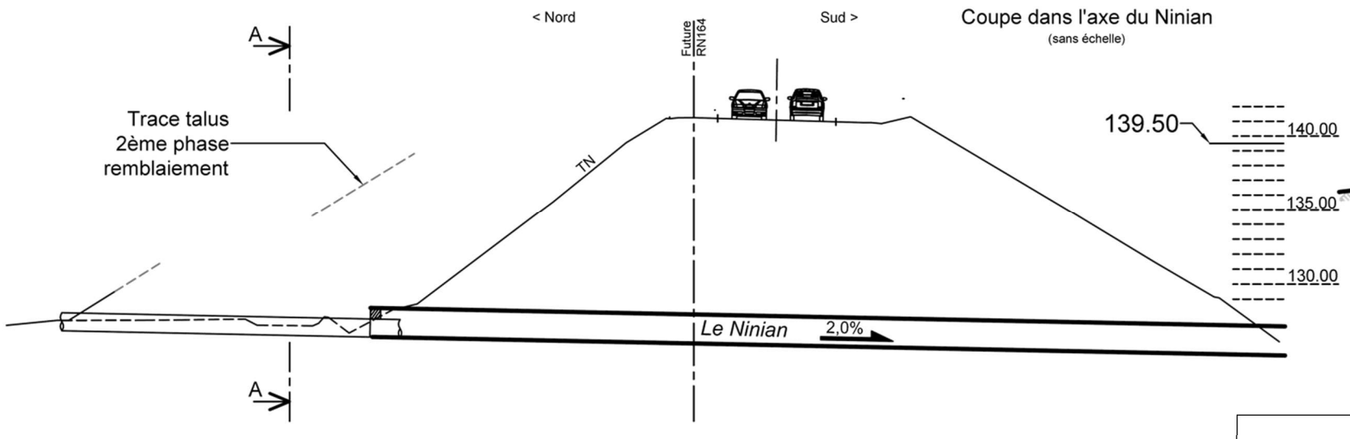


Coupe dans l'axe du Ninian
(sans échelle)

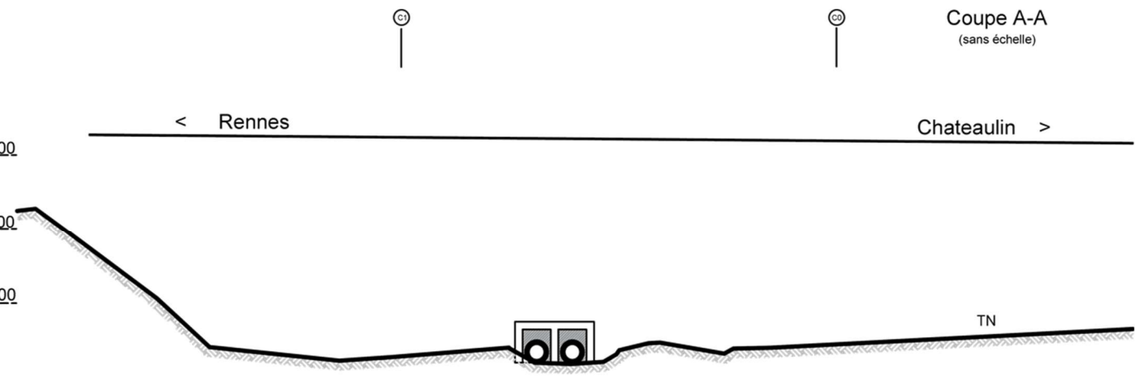


Coupe A-A
(sans échelle)

3 - 2ème phase terrassement jusqu'à la cote +139,5 m NGF



Coupe dans l'axe du Ninian
(sans échelle)



Coupe A-A
(sans échelle)

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

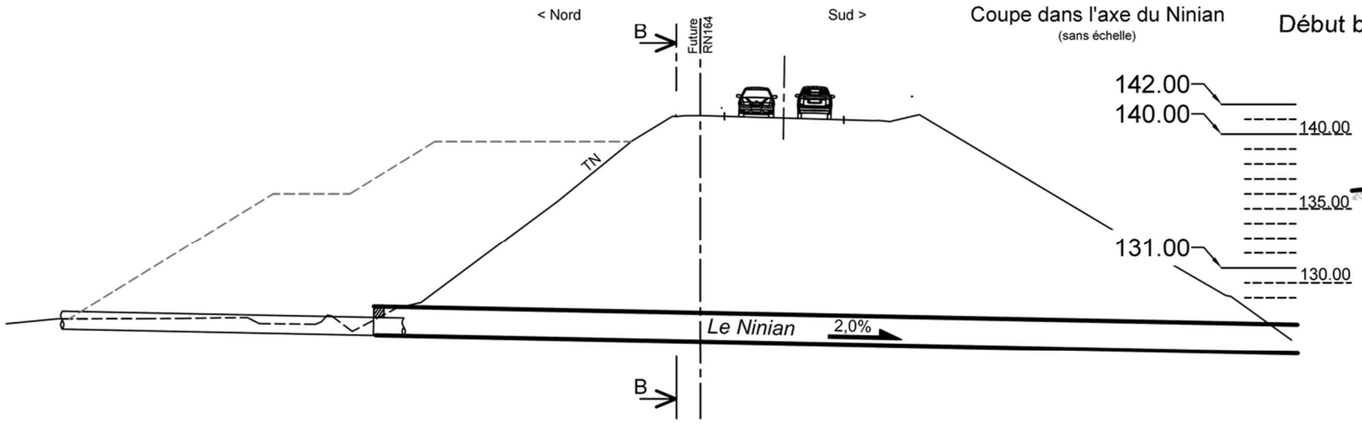
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

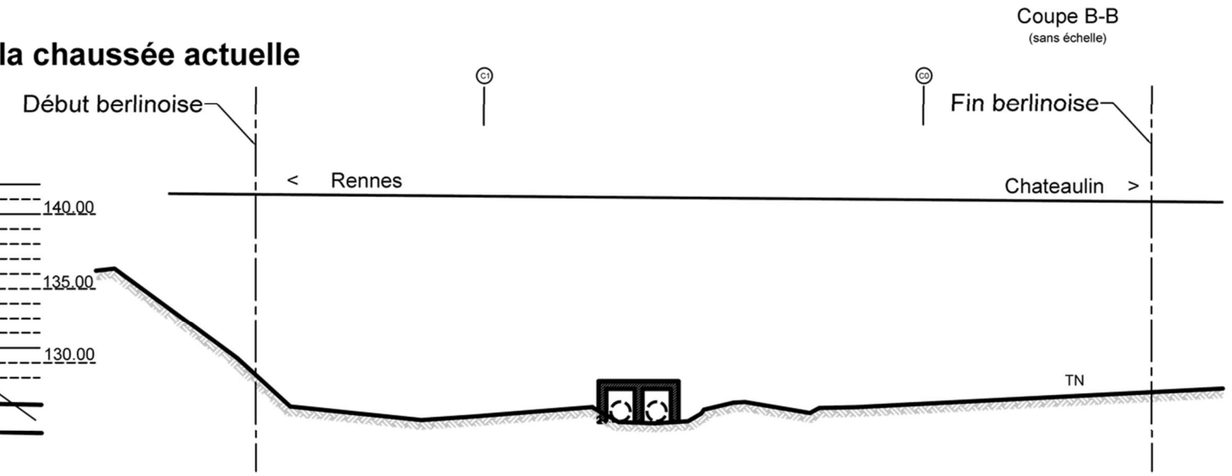
Né(e) le : / /

1.2-A3

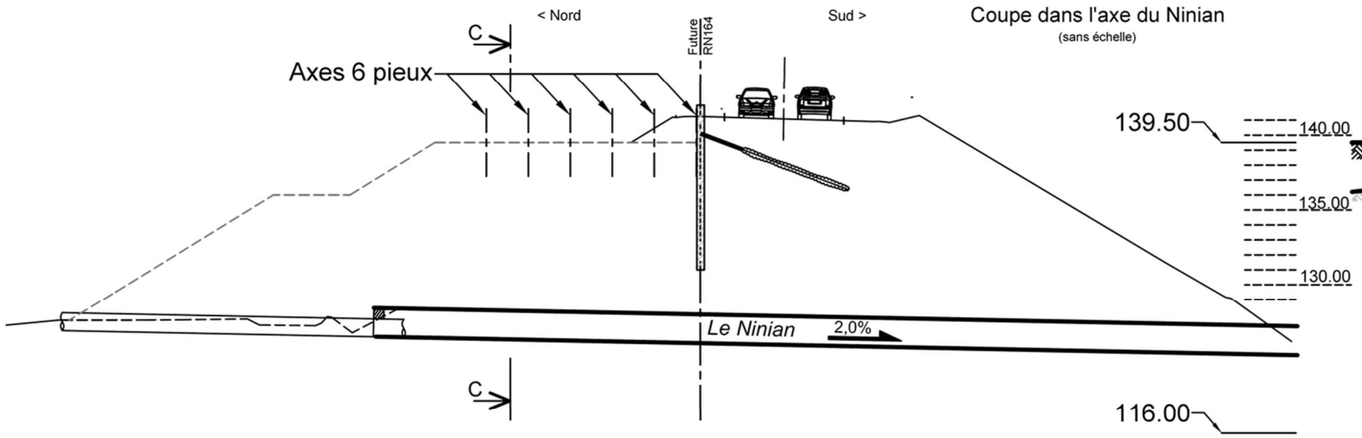
DR3 : Cinématique (2/3)
<u>À rendre avec la copie</u>

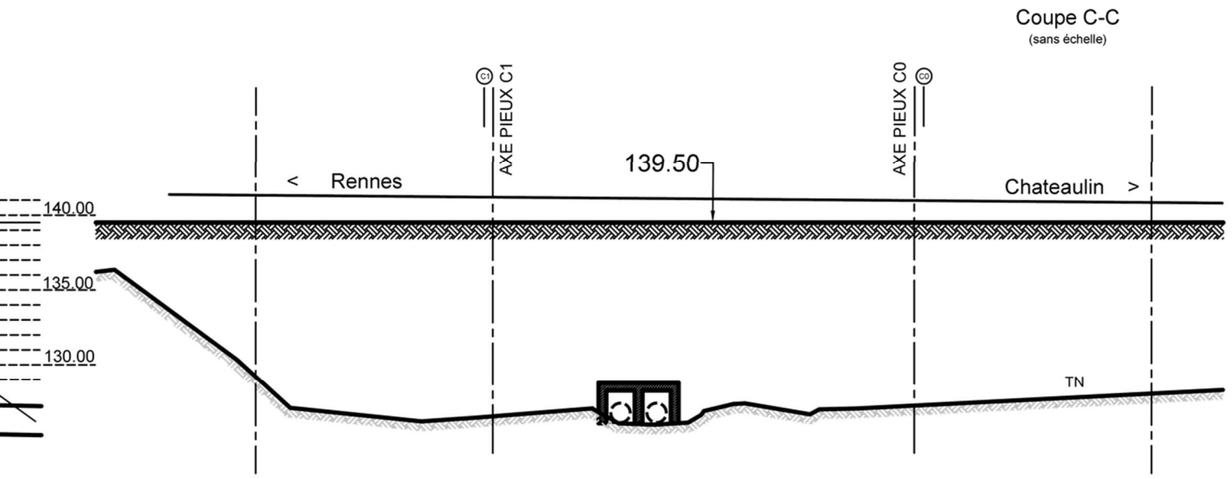
4 - Soutènement provisoire de type paroi berlinoise tirantée en bordure Nord de la chaussée actuelle



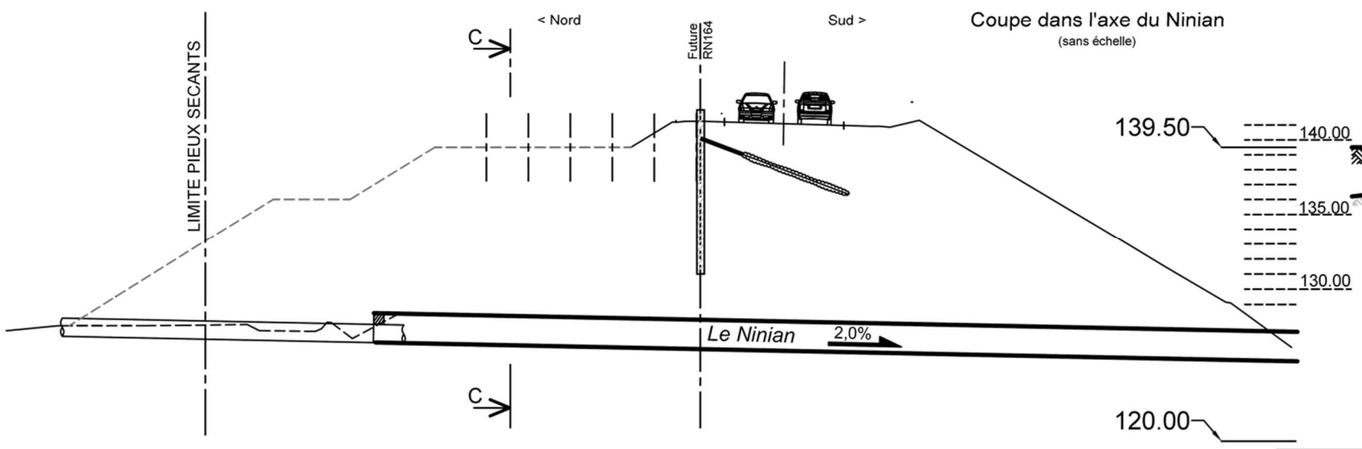


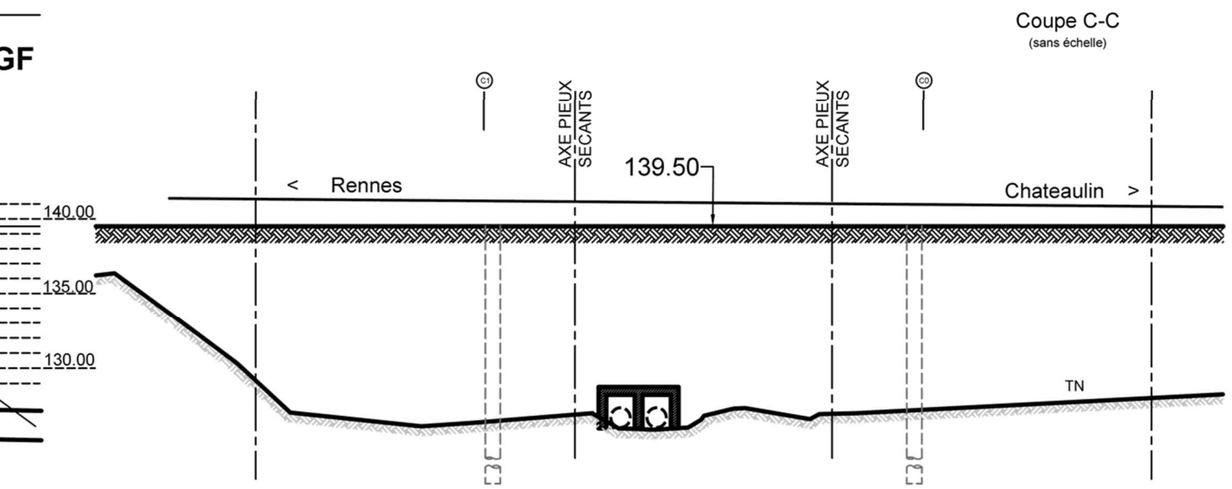
5 - Fondations/culées de l'ouvrage d'art à la cote +116,0 m NGF





6 - Réalisation des parois de soutènement en pieux sécants jusqu'à +120,0 m NGF





Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

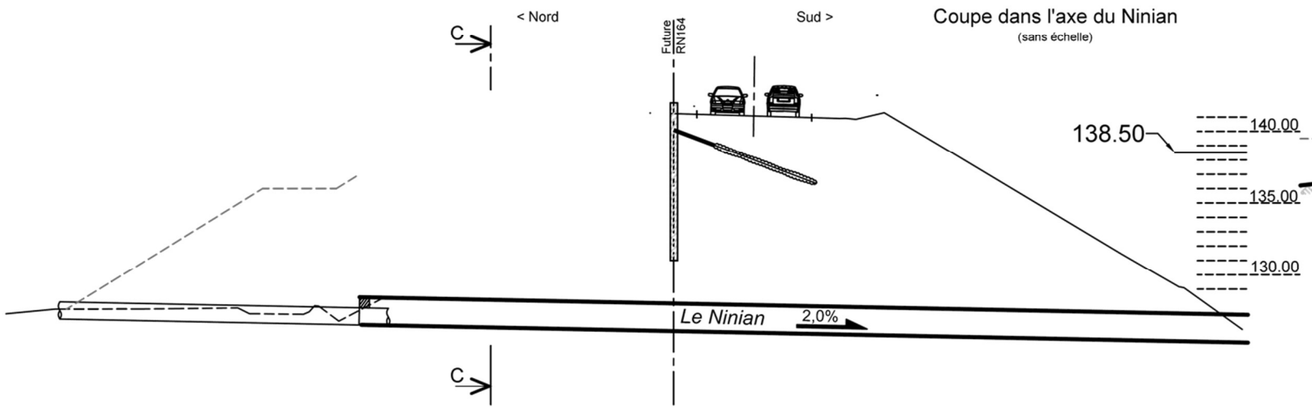
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

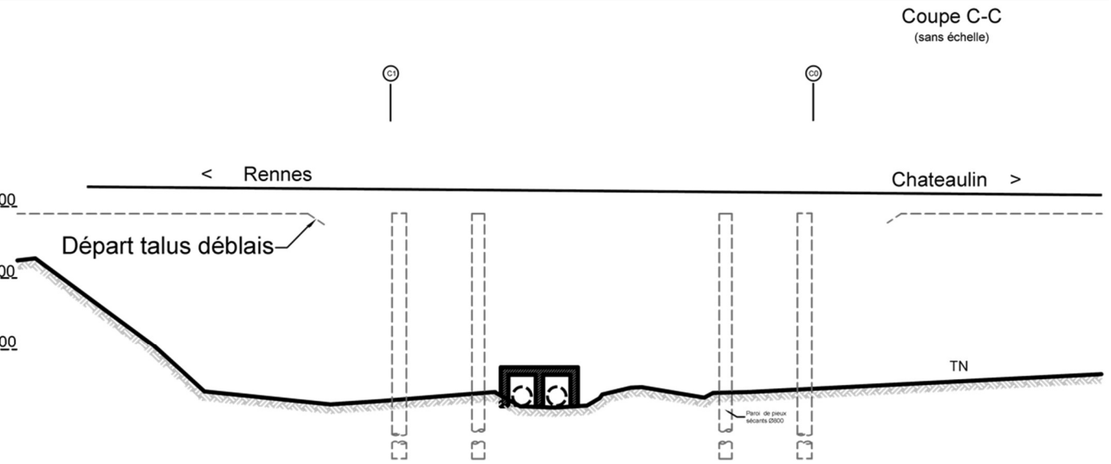
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

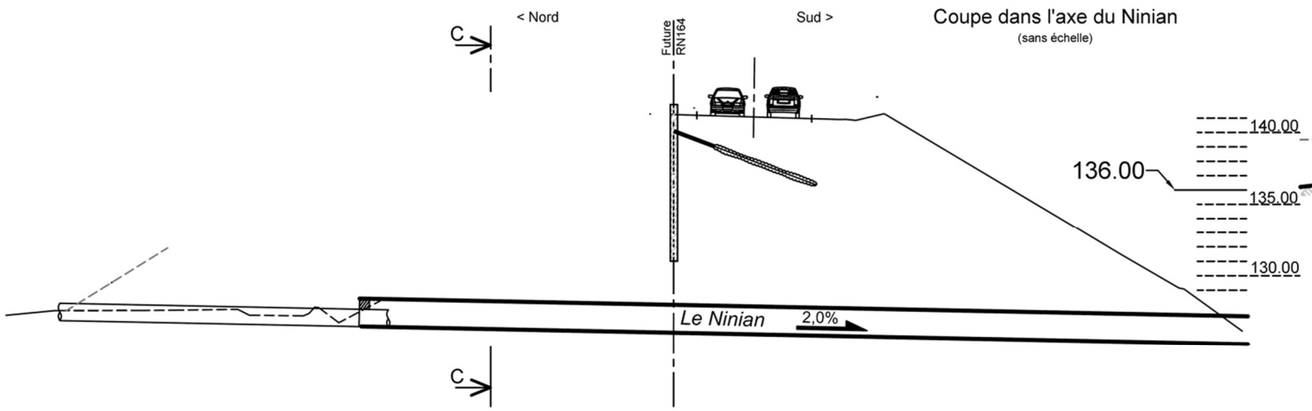
1.2-A3

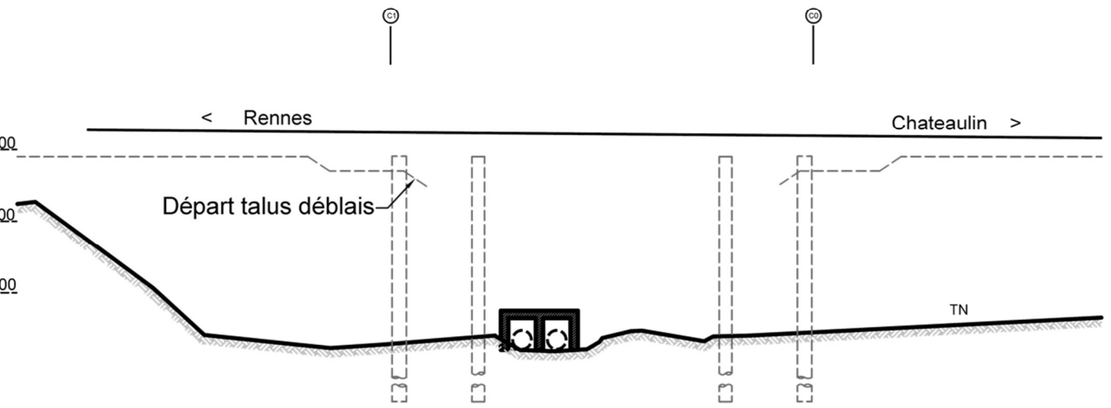
7 - Terrassement et recépage des pieux de culées à +138,50 m NGF



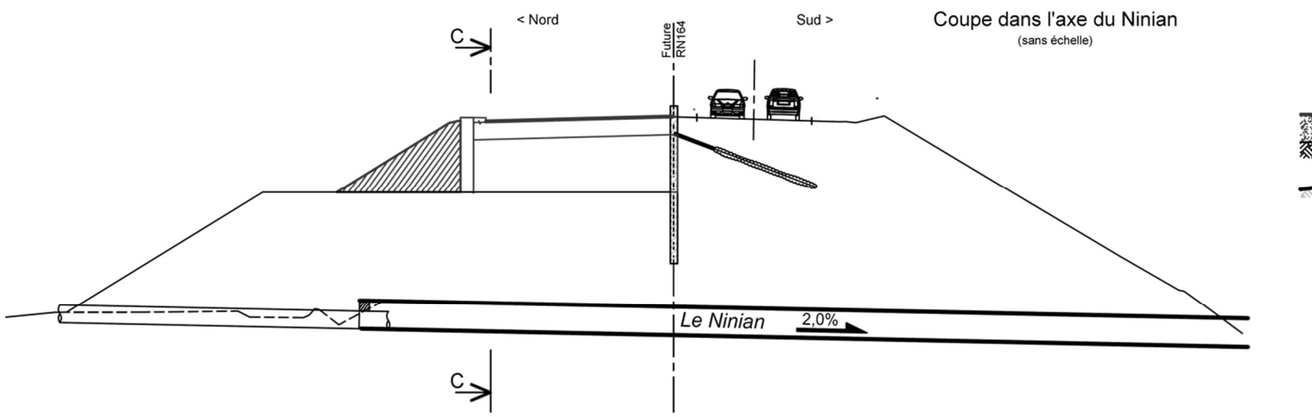


8 - Terrassement et recépage des pieux sécants de soutènement à +136,0 m NGF

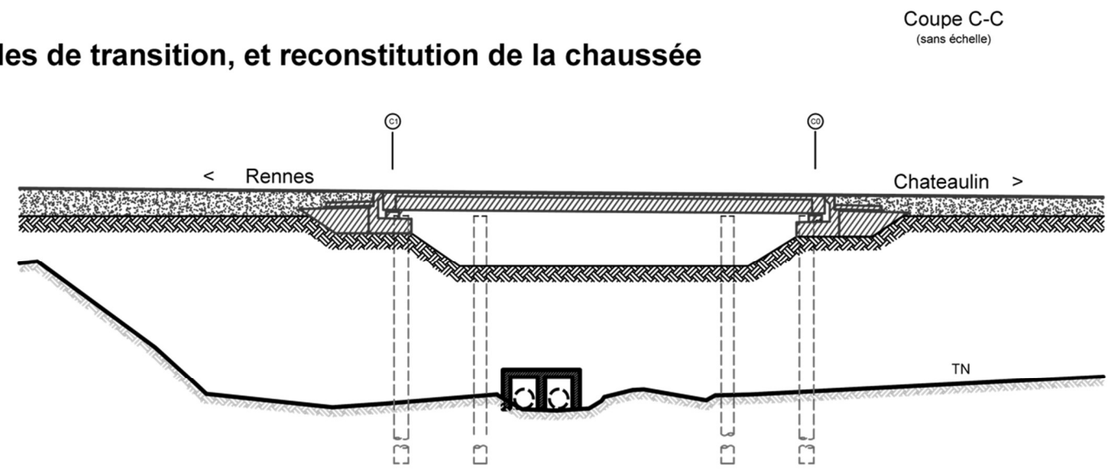




9 - Exécution des culées et du tablier



10 - Reconstitution des remblais contigus, dalles de transition, et reconstitution de la chaussée



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2-A3

DR4 : Calcul de poussée et butée sur la paroi berlinoise
À rendre avec la copie

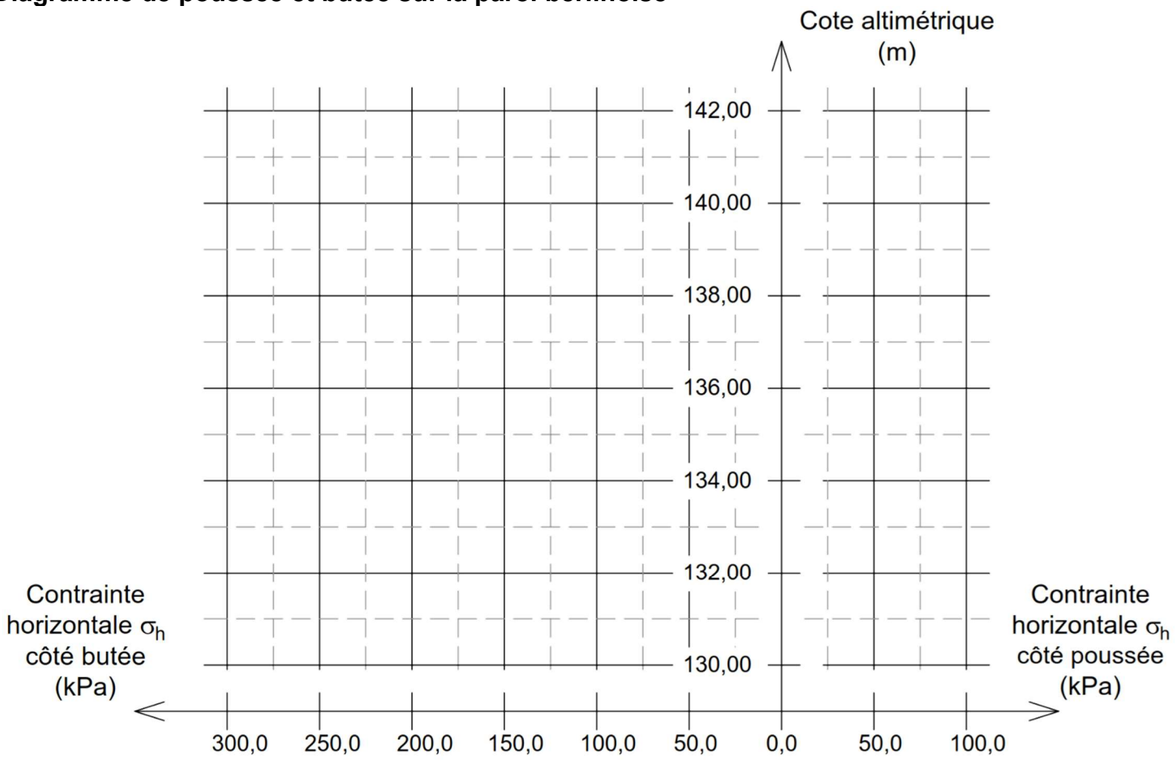
Côté poussée :

Nature du sol	Cote altimétrique (m)	Profondeur (m)	Contrainte verticale due au sol σ_{vsol} (kPa)	Surcharge s_c (kPa)	Contrainte verticale totale σ_v (kPa)	Coefficient de poussée K_a sans unité	Contrainte horizontale totale σ_h (kPa)
Remblais	141,00						
	131,00						

Côté butée :

Nature du sol	Cote altimétrique (m)	Profondeur (m)	Contrainte verticale due au sol σ_{vsol} (kPa)	Surcharge s_c (kPa)	Contrainte verticale totale σ_v (kPa)	Coefficient de butée K_p sans unité	Contrainte horizontale totale σ_h (kPa)
Remblais	136,00						
	131,00						

Diagramme de poussée et butée sur la paroi berlinoise



DR5 : Tableaux analyse des risques
À rendre avec la copie

Risques environnementaux	Solutions envisagées
Dépôt de fines dans le ruisseau lors de la réalisation du lit de pose	
Pollution due aux engins lors de l'acheminement et le stockage des buses	
Dégradation des berges et du lit du ruisseau par les engins	
Pollution du ruisseau par déversement de laitance lors de la création du bouchon en béton entre les buses et l'O.H. existant	

Situations	Risques pour la sécurité du personnel	Solutions envisagées
Circulation des engins pour l'acheminement des buses lors de la livraison		
Stockage des buses		
Manutention des buses		

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2-A3

DR6 : Déboursé Sec bassin N°3
À rendre avec la copie

DÉBOURSÉ SEC exécution BASSIN N°3 - Solution 1 : étanchéité par géomembrane

Étapes	Main d' œuvre				Matériel						Matériaux					Récap
	Nombre	Durée (h)	Prix unitaire	Total	Quantité	Unité	Rend^t (U/h)	Durée (h)	Prix unitaire	Total	Types	unité	Qté	Prix unitaire	Total	(€)
Phase 1: gravillon 10/14 sur 0,20m																
Données : 587 t																
Fourniture gravillon 10/14											Grav. 10/14	t	587,00			
Pelle Hydraulique					587	t	60		110,00 €							
Ouvrier N2P2	2		29,48 €													
S/Total																
Phase 2: nappe drainante des gaz																
Données : 3586 m²																**48 884,71 €**
Fourniture nappe drainante des gaz											Géomemb.	m²	**3944,60**	**10,54 €**	**41 576,08 €**	
Pelle Hydraulique					3586	m²	100	**35,86 h**	110,00 €	**3 944,60 €**	(10% perte)					
Ouvrier N2P2	2	**35,86 h**	29,48 €	**2 114,31 €**												
Chef d'équipe N3P2	1	**35,86 h**	34,85 €	**1 249,72 €**												
S/Total				**3 364,03 €**						**3 944,60 €**					**41 576,08 €**	
Phase 3: géotextile de protection																
Données : 3586 m²																
Fourniture géotextile de protection											Géotext.	m²				
Pelle Hydraulique					3586	m²	90		110,00 €		(10% perte)					
Ouvrier N2P2	2		29,48 €													
Chef d'équipe N3P2	1		34,85 €													
S/Total																
Phase 4: géomembrane d'étanchéité																
Données : 3586 m²																**46 399,61 €**
Fourniture géotextile d'étanchéité											Géotext.	m²	**3944,60**	**9,91 €**	**39 090,99 €**	
Pelle Hydraulique					3586	m²	100	**35,86 h**	110,00 €	**3 944,60 €**	(10% perte)					
Ouvrier N2P2	2	**35,86 h**	29,48 €	**2 114,31 €**												
Chef d'équipe N3P2	1	**35,86 h**	34,85 €	**1 249,72 €**												
S/Total				**3 364,03 €**						**3 944,60 €**					**39 090,99 €**	
Phase 5: géotextile de protection																
Données : 3586 m²																
Fourniture géotextile de protection											Géotext.	m²				
Pelle Hydraulique					3586	m²	90		110,00 €		(10% perte)					
Ouvrier N2P2	2		29,48 €													
Chef d'équipe N3P2	1		34,85 €													
S/Total																
Phase 6: GNT 0/31^5 (0,15 m)																
Données : 1339 m² - 342 t																
Fourniture GNT 0/31^5											GNT 0/31^5	t	342,00			
Pelle Hydraulique					342	t	50		110,00 €							
Compacteur					4258	m²			36,00 €							
Ouvrier N2P2	2		29,48 €													
S/Total																

TOTAL **€**

€ par m² de bassin

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2-A3