

SESSION 2020

---

<b>AGREGATION CONCOURS EXTERNE</b>
--

**Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR**

**Option : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR  
ET INGÉNIERIE DES CONSTRUCTIONS**

<b>CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME, D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE ORGANISATION</b>
---

Durée : 6 heures

---

*Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.*

*L'usage de tout autre ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.**

Tournez la page S.V.P.

## Avis aux candidats :

Les **références des questions** doivent être **clairement indiquées** avant chaque réponse.

- Tout résultat doit être justifié, le cas échéant illustré par des schémas.
- Les renseignements non fournis ou les données supposées manquantes sont laissés à l'initiative du candidat après explications et justifications.
- Dans le cas où un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale très lisiblement dans sa copie, propose la correction envisagée et poursuit l'épreuve en conséquence.

## Documents constituant le dossier

<b>Sujet</b>	<b>3</b>
Partie 1 : Environnement et description de la construction	4
Partie 2 : Etude d'ouvrages de soutènement et de réseau EP, approche géotechnique	7
Partie 3 : Vérification et dimensionnement d'éléments de structure	14
Partie 4 : Confort thermique, hygrothermique et acoustique du bâtiment	20
<b>ANNEXES</b>	<b>25</b>
Annexe 1 : Données géotechniques	25
Annexe 2 : Eléments pour le dimensionnement d'un réseau à partir de la méthode rationnelle.	28
Annexe 3 : Extrait Fascicule 70 et doc blindage de fouille	31
Annexe 4 : Extrait NF EN 1991-1-3 : Partie 1-3 - Charges de neige	37
Annexe 5 : Extraits NF EN 1990	47
Annexes 6 : Extraits NF EN 1995 - Formulaire RDM	52
Annexe 7 : Données pressiométriques	66
Annexe 8 : Extraits Norme NF P 94-262	67
Annexe 9 : Exigences de moyens RT2012	76
Annexe 10 : Méthode de calcul <i>Bbiomax</i> et <i>Cepmax</i>	77
Annexe 11 : Extrait CCTP : Lot Chauffage – Plomberie - Ventilation	79
Annexe 12 : Catalogue de bouches de soufflage et de reprise	83
Annexe 13 : Catalogue des VMC Atlantic	85
Annexe 14 : Fiche technique des V3V	87
Annexe 15 : Note de calcul des pertes de charge hydrauliques	88
Annexe 16 : Table des pertes de charge linéiques	89
Annexe 17 : Catalogue des circulateurs Salmson	90

Annexe 18 : Abaques de vannes d'équilibrage	92
Annexe 19 : Extraits de plans DCE	93
Annexe 20 : Extrait plans et vues 3D de la charpente	95
Annexe 21 : Plan de charpente abri vélo	98
Annexe 22 : Extrait Plan DOE PH RDC	99
Annexe 23 : Plan de la ventilation de la bibliothèque	100
Annexe 24 : Schéma de principe du chauffage	101
<b>Documents réponse</b>	<b>102</b>
DR1 Analyse Charpente	102
DR2 Charpente Maison n°6	103
DR3 : Liaison file 15	104
DR4 : Profil en long EP G01 - EP R10	105
DR5 : Cour anglaise	106
DR 6 : Dimensionnement Circulateur	107

## INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAE	1416A	103	1268

## SUJET

Le sujet proposé porte sur la construction de la Maison du Campus située sur la commune de Castres (Tarn). La maîtrise d'ouvrage est assurée par le Syndicat mixte pour le développement de l'enseignement supérieur, de la recherche et du transfert de technologie Sud Tarn.

Le projet consiste en la construction d'un bâtiment à usage de Learning Center, il comporte les activités suivantes :

- un pôle de documentation, soit la Bibliothèque Universitaire unique du Campus ;
- un pôle « cœur de vie du Learning Center », soit un espace de convivialité, un Learning café et des locaux de travail collectif. Cet espace sera en accès-libre et ouvert sur des plages horaires plus large que la bibliothèque universitaire ;
- un pôle administratif, soit des bureaux pour des associations étudiantes ;
- un espace accueil commun et des locaux techniques et sanitaires ;
- un parking.



Figure 1 : Vue d'ensemble du bâtiment de Maison du Campus



Figure 2 : Vue intérieure du bâtiment

Les études qui vous sont proposées sont indépendantes les unes des autres.

La **PARTIE 1** porte sur l'environnement et la description de la construction.

La **PARTIE 2** porte sur l'étude pour la réalisation d'ouvrages de soutènement et de réseaux.

La **PARTIE 3** porte sur la vérification et le dimensionnement d'éléments de structure.

La **PARTIE 4** traite du confort thermique, hygrométrique et acoustique du bâtiment.

## Partie 1 : Environnement et description de la construction

### *Positionnement et objectif de la partie*

*En tant que conducteur de travaux, découvrir le projet et analyser certains modes opératoires retenus.*

#### **Ressources :**

Annexe 19 : Extraits plans DCE

Annexe 20 : Plans de charpente et vue 3D

**Q1.** Sur la photo de la figure 2, vous remarquerez des dispositifs en plafond ; quelle est l'utilité et le mode de fonctionnement de ce dispositif ? (5 à 10 lignes maxi)

**Q2.** Que signifie l'acronyme PMR. Dans ce type d'ouvrage, citer 3 exemples de dispositions à mettre en œuvre. (10 à 15 lignes maxi)

**Q3.** A partir des différents plans de charpente on voit que la structure est doublée sur les files 1-11. Quel est l'intérêt ?

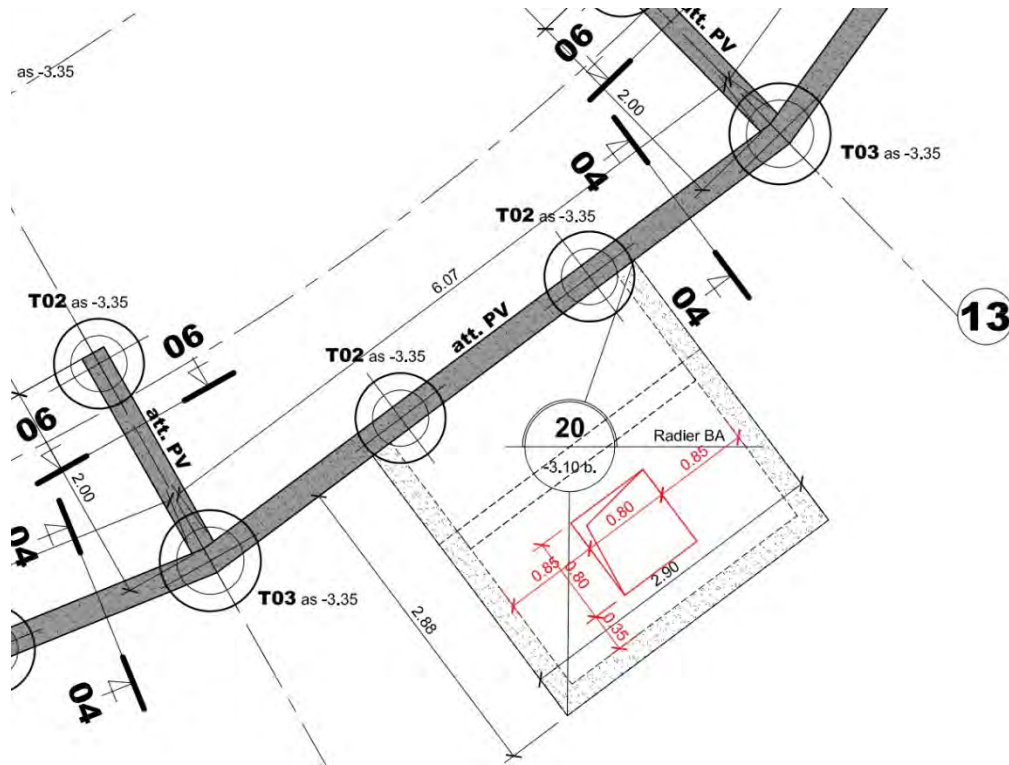


**Q4.** Justifier pour cet ouvrage l'utilité du contreventement et citer les principes retenus pour le dimensionnement des éléments.

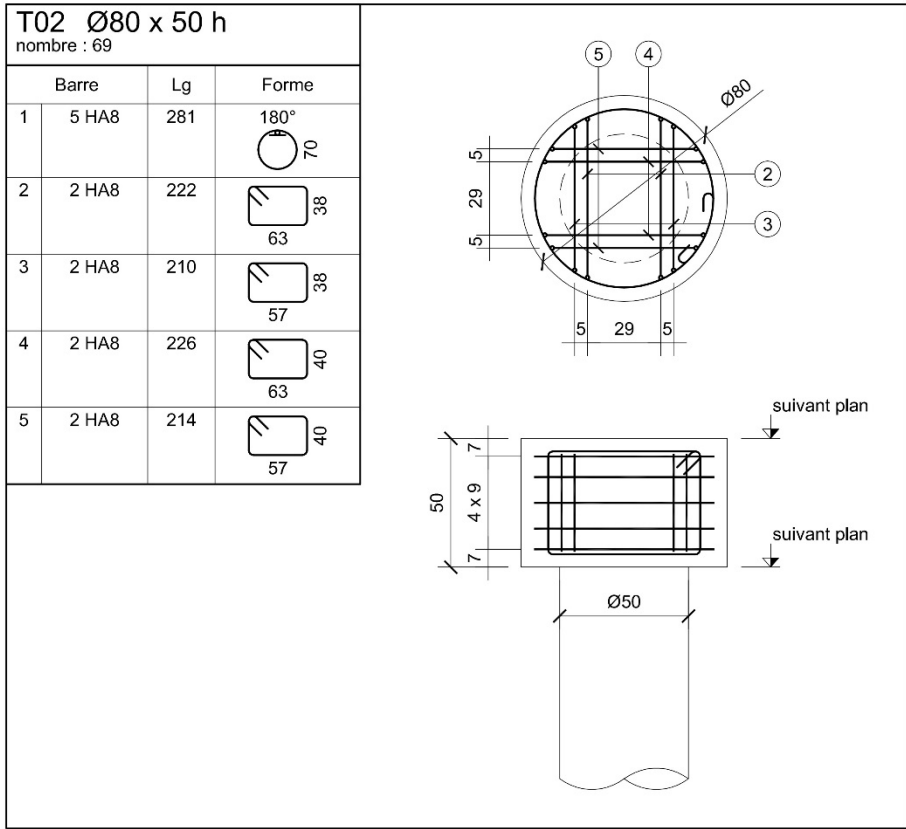
**Q5.** Les éléments de charpente sont réalisés en lamellé-collé. Quel est l'intérêt de cette technique ? Expliquer succinctement le mode de fabrication de ce type de produit en usine ?

**Q6.** A partir des données disponibles sur le plan masse et la coupe transversale AA vous donnerez les grandes étapes de réalisation des travaux pour la construction de l'ouvrage, de la réalisation de la plateforme au clos et couvert, en une dizaine d'étapes.

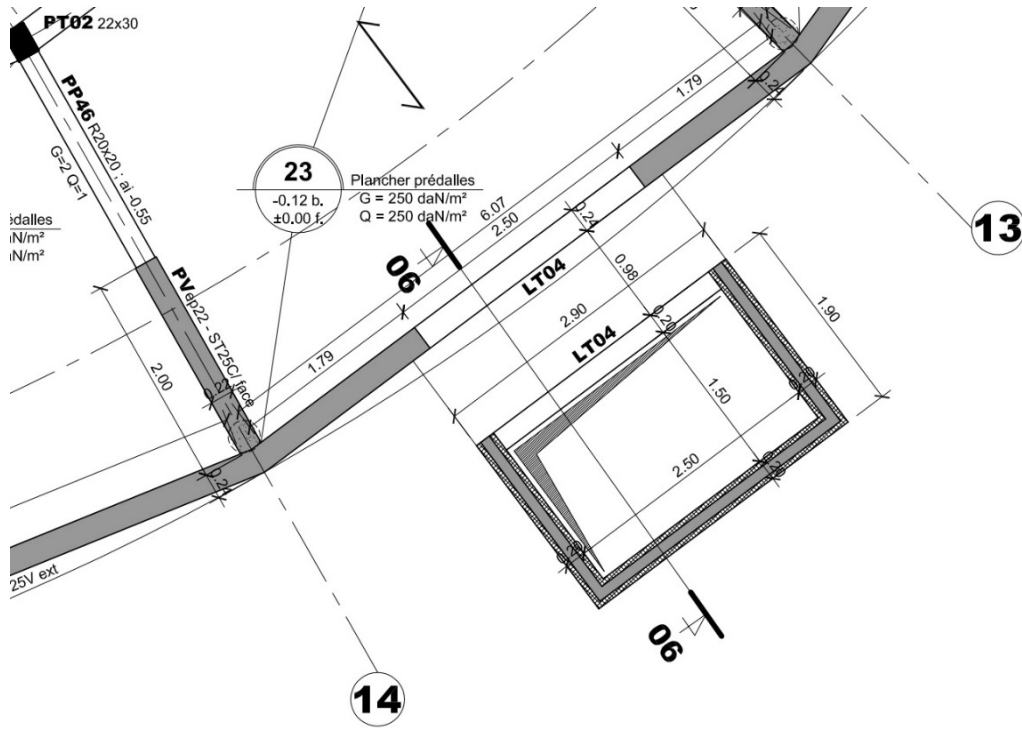
**Q7.** En considérant le niveau  $\pm 0.00 f$  du PH RDJ qui correspond à **180 NGF**, et à partir des éléments ci-après, il vous est demandé de réaliser la coupe 06-06 de cette cour anglaise telle que représentée dans la vue du PH RDJ. On précise que l'arase inférieure du LT 04 est à la cote  $-1.40 b$  et que l'arase supérieure de l'ouvrage est à la cote  $-0.05 b$ . Le dallage, à la cote  $-3.00 b$ , a une épaisseur de 15 cm. Vous complèterez le document réponse **DR5**



**Extrait Plan de fondation**



**Extrait Plan de fondation**



**Extrait PH RDJ**

**Q8.** Vous préciserez sa fonction.



## Partie 2 : Etude d'ouvrages de soutènement et de réseau EP, approche géotechnique

*Positionnement et objectif de la partie*

*En tant qu'ingénieur travaux vous devez analyser et justifier des choix de construction et définir des modes opératoires*



Figure 3 : Vue du parking

### **2.1 Paroi de soutènement : rideau de palplanche**

Au niveau de l'avant-projet pour assurer la stabilité des terres et permettre le terrassement de la plateforme de chantier, en fonction de la configuration du terrain définie sur le profil 1 ci-dessous, une des solutions préconisée par le BE Sol était de réaliser un soutènement provisoire à l'aide d'un rideau de palplanches en amont de la construction.

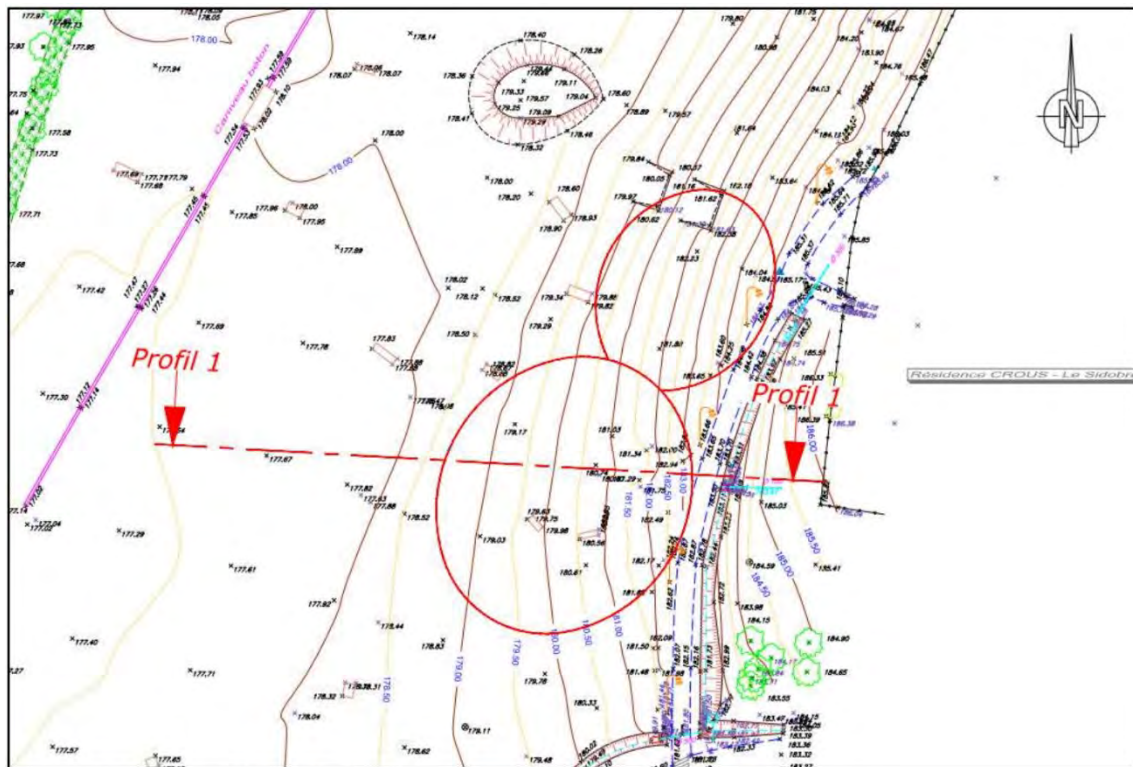


fig. 1 : Implantation du profil 1 sur fond de plan topographique



fig. 2 : Coupe géologique interprétative au droit du profil 1

L'ouvrage préconisé en amont du projet est défini ci-après.

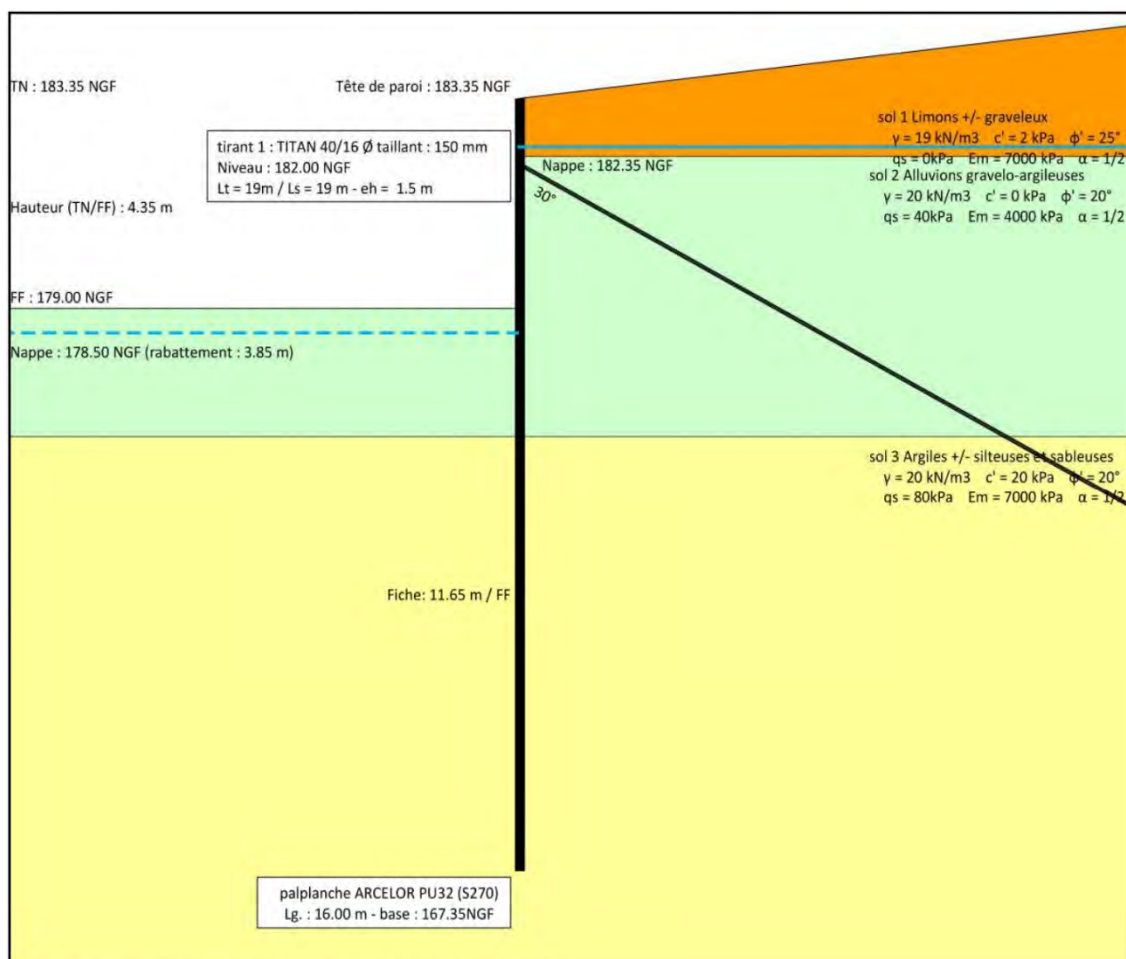


Fig 6 : Schéma de principe de l'ouvrage de soutènement

**Q9.** Vous décrirez le mode opératoire pour la réalisation de ce soutènement en justifiant les phasages (on se limitera à 5 phases principales).

**Q10.** Vous proposerez une autre technique de réalisation d'une paroi de soutènement sur ce site en justifiant votre choix.

**Q11.** Si l'on se base sur l'idée de prédimensionnement de l'ouvrage, vous expliquerez le principe de calcul possible à partir de la méthode MEL en justifiant vos hypothèses et en réalisant un schéma mécanique de l'écran. *On pourra considérer à ce niveau une surface de terrain horizontale à l'arrière de la palplanche.*

## 2.2 Approche géotechnique

### Ressources :

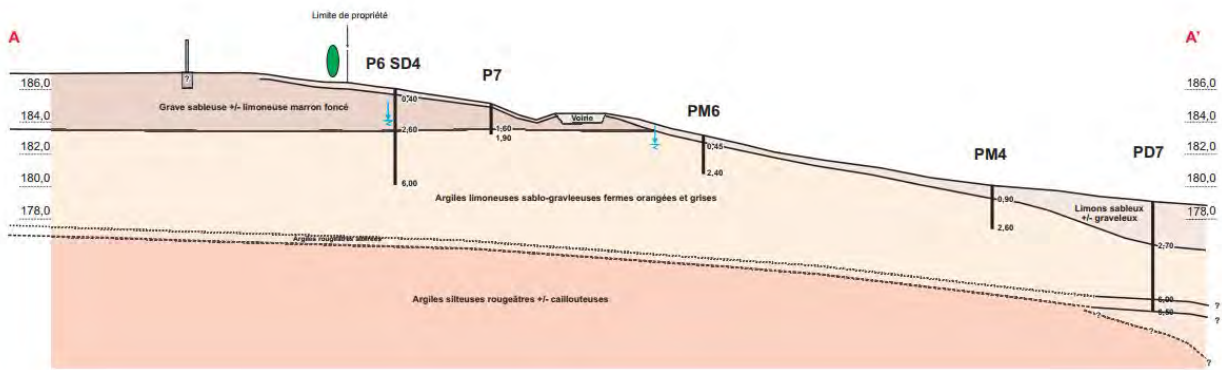
Annexe 19 : Extraits plans DCE

Annexe 1 : Données géotechniques

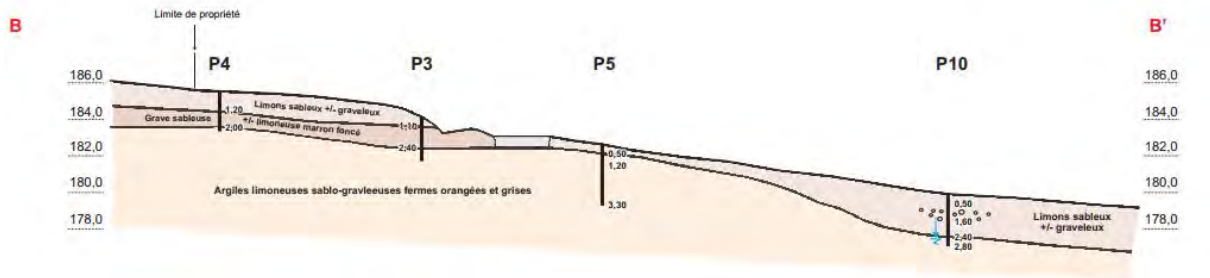
Comme précisé précédemment la construction se fait en contrebas d'ouvrages existants et notamment la résidence universitaire Sidobre. (*Voir plan masse*)

Cette construction se fait sur un terrain assez hétérogène comme on peut le voir sur les trois coupes géologiques ci-dessous, repérées sur le plan d'implantation de sondages joint en annexes, avec des graves sableuses perméables au Nord-Est et des limons sableux plus ou moins graveleux au Sud-Ouest qui recouvrent une couche d'argile limoneuse orangée et grisée.

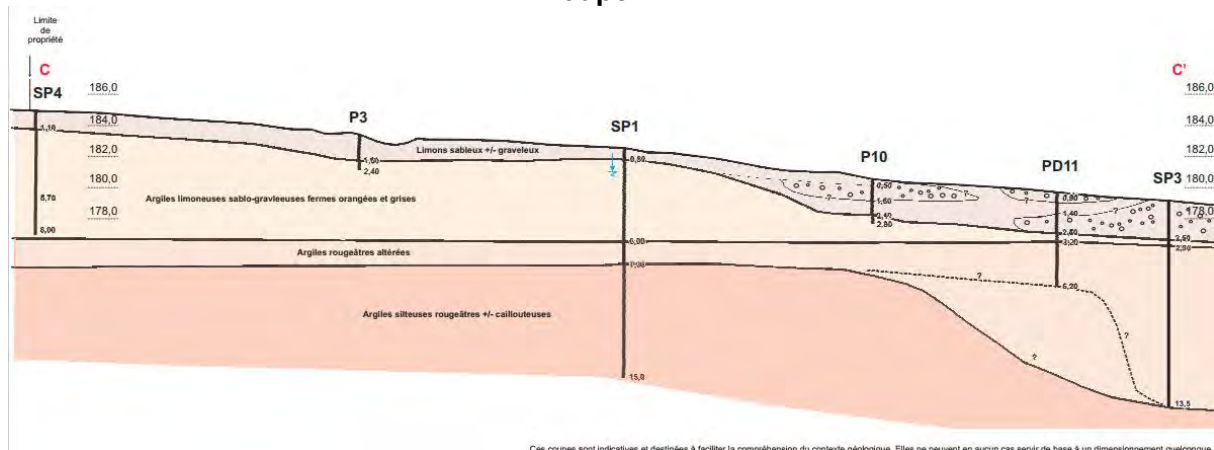




**Coupe AA'**



**Coupe BB'**

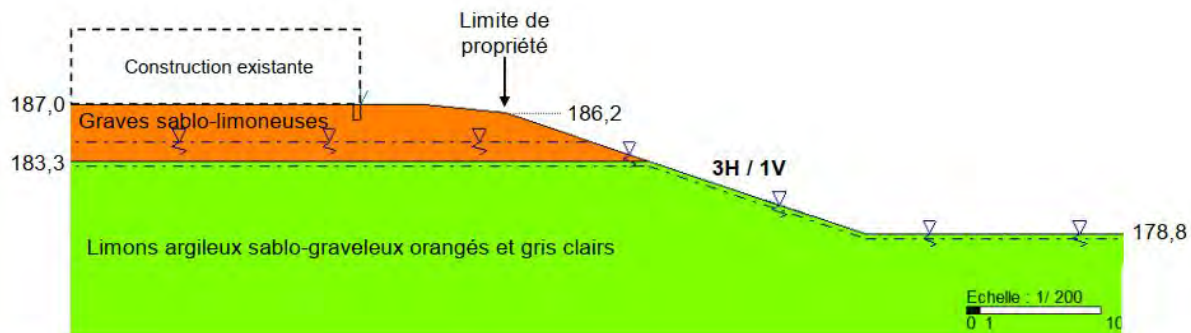


**Coupe CC'**

Ces coupes sont indicatives et destinées à faciliter la compréhension du contexte géologique. Elles ne peuvent en aucun cas servir de base à un dimensionnement quelconque

L'eau circule dans le sol graveleux sur le toit des limons argileux sablo graveleux, voir dans la partie superficielle de ces derniers, avec un écoulement naturel de Nord Est vers Sud Ouest.

La solution finale retenue pour assurer la stabilité des terres porte sur la réalisation d'un talus ; la coupe type retenue issue des trois coupes précédentes est présentée ci-dessous. Par simplification, les limons sablo-graveleux superficiels et les graves sablo-limoneuses sous-jacentes ont été réunis en une seule et même couche. *(Simplification basée sur la faible épaisseur des limons graveleux superficiels et sur leur similitude relative avec les graves sablo-limoneuses sous-jacentes)*



### Modèle géotechnique

La stabilité d'ensemble dépend des caractéristiques mécaniques des sols que l'on se propose d'étudier ci-après.

**Q12.** Quels sont les différents essais de laboratoire qui permettent d'obtenir les caractéristiques mécaniques des sols ; vous en décrivez le principe de réalisation?

**Q13.** Quels sont les modes opératoires à mettre en œuvre pour caractériser les sols à court terme et à long terme?

**Q14.** En vous aidant des résultats d'essais CD réalisés à partir des échantillons prélevés en P2 et P3 vous définirez les caractéristiques mécaniques des sols concernés.

**Q15.** En vous aidant des résultats précédents et à partir des données des courbes granulométriques, vous justifierez la raison et l'intérêt de pouvoir retenir en phase chantier une très faible cohésion pour les graves sablo limoneuses.

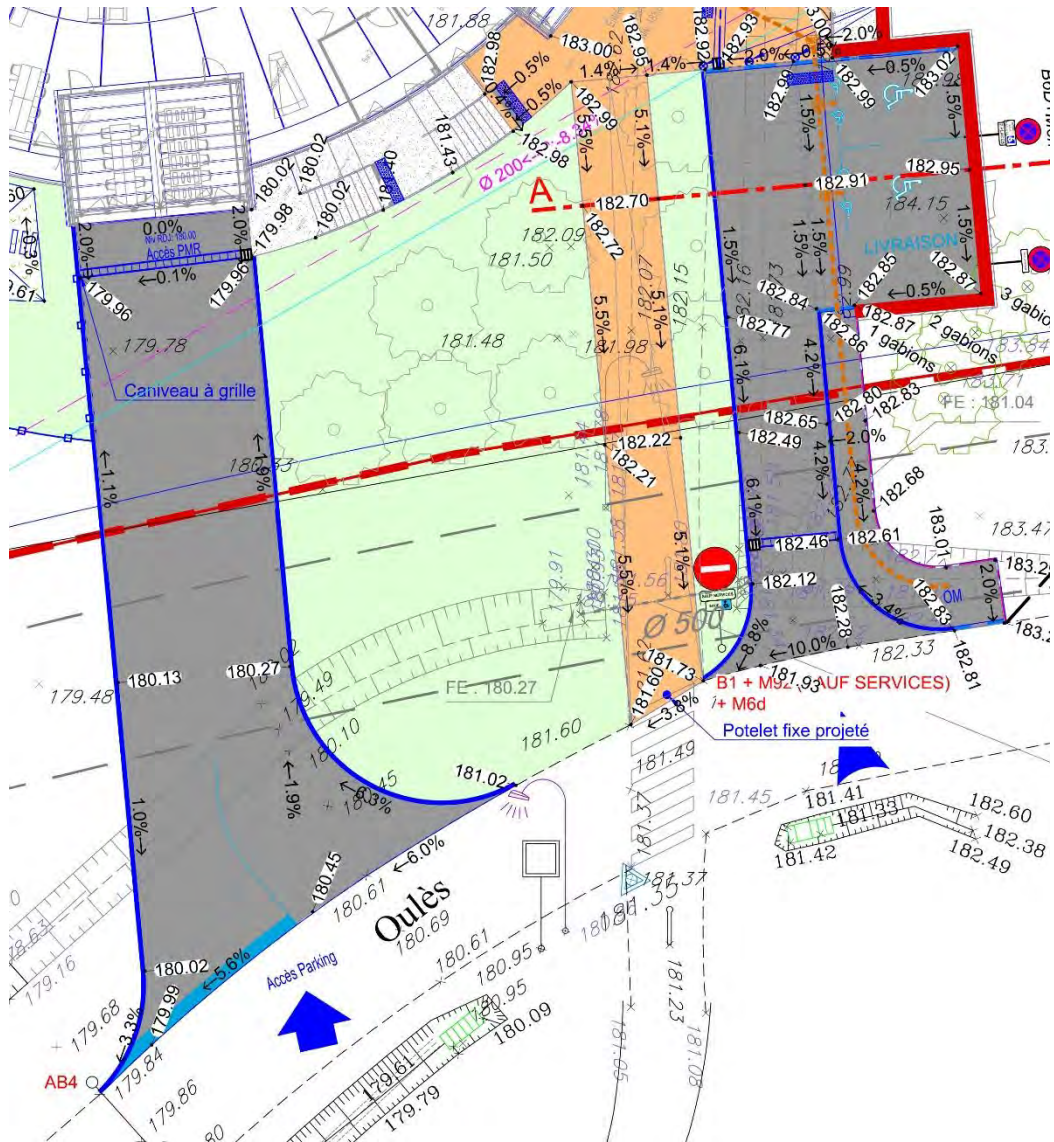
## 2.3 Réseau EP : étude du tronçon EPG01 à EPR10

### Ressources :

Annexe 2 : Extrait méthode rationnelle

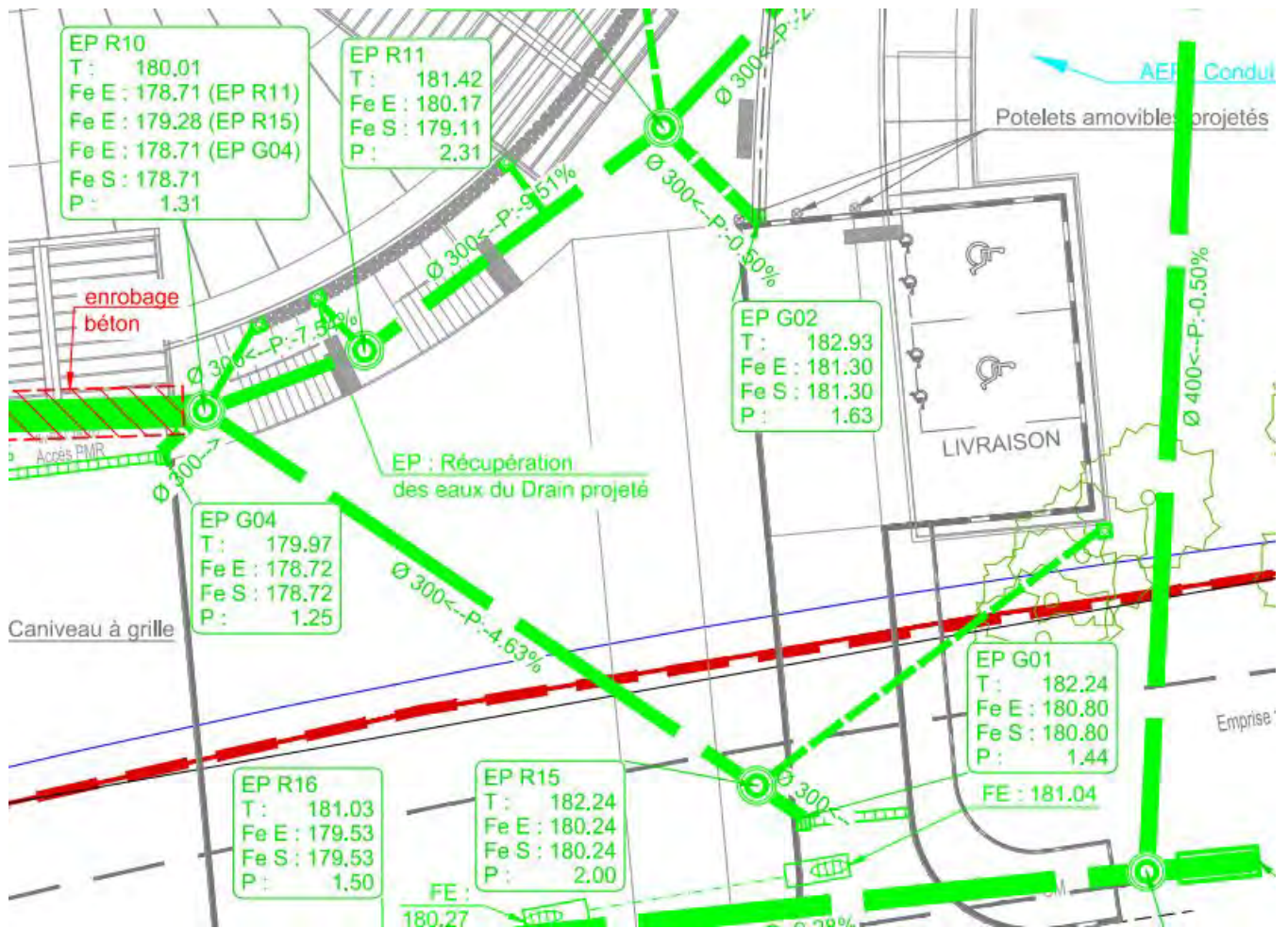
Annexe 3 : Extrait Fascicule 70 et doc blindage de fouille.

Nous allons dans cette partie nous intéresser au ruissellement de l'eau sur la zone de parking PMR et à la réalisation du tronçon du réseau EP compris entre la grille de la zone parking PMR repérée EPG01 au regard de connexion repéré EPR10 sur les plans suivants.



Zone parking PMR





Vue partielle réseau EP G01 à EP R10

**Q16.** En considérant une pente moyenne sur le parking de 2% et en prenant en compte une ligne d'écoulement de 23.23 m vous déterminerez le débit entrant dans le regard EPG01, pour un retour de pluie à 10 ans, en fonction du bassin versant de cette grille et vous proposerez un diamètre du tuyau EP à la sortie de EP G01. Il ne vous est pas demandé de vérifier les règles d'autocurage.

La surface considérée est de 0,014 ha, la distance entre EP G01 et EP R15 est de 2,05 m.

**Q17.** Vous tracerez le profil en long du tronçon EP G01 - EP R10 en mentionnant toutes les données nécessaires à la bonne réalisation du projet sur le DR4. Le collecteur à la sortie du regard EP R10 est un Ø800.

**Q18.** Vous réaliserez une coupe type de la tranchée pour la mise en œuvre du réseau entre EP R15 et EP R10. Vous préconiserez également les besoins matériels à mettre en œuvre pour une bonne exécution des travaux.

## Partie 3 : Vérification et dimensionnement d'éléments de structure

*Positionnement et objectif de la partie*

*En tant qu'ingénieur structure, vérifier la résistance et la stabilité de l'ouvrage.*

### 3.1 Analyse de la charpente bois

#### Ressources :

Annexe 20 : Plans de charpente et vue 3D

#### 3.1.1 Charpente bâtiment principal

**Q19.** Compléter le document réponse **DR1** en indiquant la terminologie des différents éléments et en précisant leur fonction.

#### 3.1.2 Charpente de la maison N°6.

**Q20.** Complétez les légendes sur le **DR2** en indiquant la terminologie des différents éléments et en précisant leur fonction.

**Q21.** Proposez un schéma mécanique de l'élément repéré 1, tracer l'allure du diagramme des moments.

#### 3.1.3 Etude assemblage.

En vous aidant de la photo ci-dessous

**Q22.** Vous complétez le document réponse **DR3** pour définir les organes de liaison poteau - poutre LC à Inertie Variable. Vous dessinerez aussi les organes de liaison entre les différents éléments de charpente (Pannes cintrées LC et Poutre LC à IV)

Par quel type de liaison mécanique peut-on modéliser la liaison Poteau - Poutre?



### 3.2 Etude des charges climatiques sur l'abri à vélo

#### Ressources :

Annexe 21 : Plan de charpente abri vélo

Annexe 4 : Extrait NF EN 1991-1-3

On se propose d'étudier le local à vélo repéré sur la photo ci-dessous. Suite à une analyse des accès, il a été décidé de transformer ce local en parking PMR.



### 3.2.1 Charges de neige

**Q23.** Quelles sont les Situations de projet à prendre en compte ?

**Q24.** Déterminer les charges de neige au sol.

**Q25.** Déterminer les charges de neige  $s$  sur la toiture.

### 3.2.2 Charges de vent

En considérant une pression dynamique de pointe  $q_p(z_e) = 47,5 \frac{daN}{m^2}$  et des coefficients de pression moyen sur la toiture  $c_{p,net} = 0,31$  et  $c_{p,net} = -0,9$  avec  $c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi}$

**Q26.** Calculer la pression du vent  $w$  agissant sur la toiture :  $w = c_{p,net} \cdot q_p(z_e)$

## 3.3 Etude de la structure de l'abri vélo

### Ressources :

Annexe 21 : Plan de charpente abri vélo

Annexe 5 : Extraits NF EN 1990

Annexe 6 : Extraits NF EN 1995 - Formulaire RDM

Données du bureau d'études ci-dessous

Chargement	Intensité
Couverture bac acier autoportant 75/100 -	8 daN/m <sup>2</sup>
Support : Volige résineux ep 22 mm -	13.5 daN/m <sup>2</sup>
Autres : film, gaines électriques, etc. -	5 daN/m <sup>2</sup>
Exploitation : Toitures inaccessibles sauf entretien normal, réparations, peintures, etc. -	80 daN/m <sup>2</sup>

Matériaux	Caractéristiques
Bois Lamellé Collé	GL24h
Poids volumique LC	420 daN/m <sup>3</sup>

Autres données	
Classe de service	2

**Q27.** Déterminer les charges appliquées sur la panne centrale en négligeant la pente.

**Q28.** Expliquer en quoi le fait de faire cette hypothèse conditionne le fonctionnement en flexion.

**Q29.** Déterminer la combinaison la plus défavorable à l'ELU en situation durable et/ou transitoire.

**Q30.** Déterminer la combinaison la plus défavorable à l'ELS.

**Q31.** Calculer alors les sollicitations maximales de flexion et de cisaillement.



On considérera pour les vérifications aux ELU  $M_{Ed} = 48,56. \text{mkN}$  et  $V_{Ed} = 21,2. \text{kN}$

**Q32.** Vérifier la section en flexion conformément à l'EC5.

**Q33.** Vérifier la section courante au cisaillement conformément à l'EC5.

**Q34.** Donner l'expression littérale de la flèche maxi à mi-portée de la travée centrale. Interprétez ce résultat en le comparant à celui obtenu pour une poutre isostatique sans encorbellement et soumise au même chargement.

**Q35.** Vérifier les conditions de flèches conformément à l'EC5

**Q36.** Sachant que la section des encorbellements est de  $140 \times 360$ , que faudrait-il contrôler également vis-à-vis de la résistance au cisaillement ?

### 3.4 Etude de la poutre LC à inertie variable n° 10

#### Ressources :

Annexe 20 : Plans de charpente et vue 3D

Annexe 22 : Extrait plan DOE PH RDJ

Annexe 5 : Extraits NF EN 1990

Annexe 6 : Extraits NF EN 1995 - Formulaire RDM

**Q37.** Expliquer quel est l'intérêt d'utiliser des poutres LC à inertie variable.

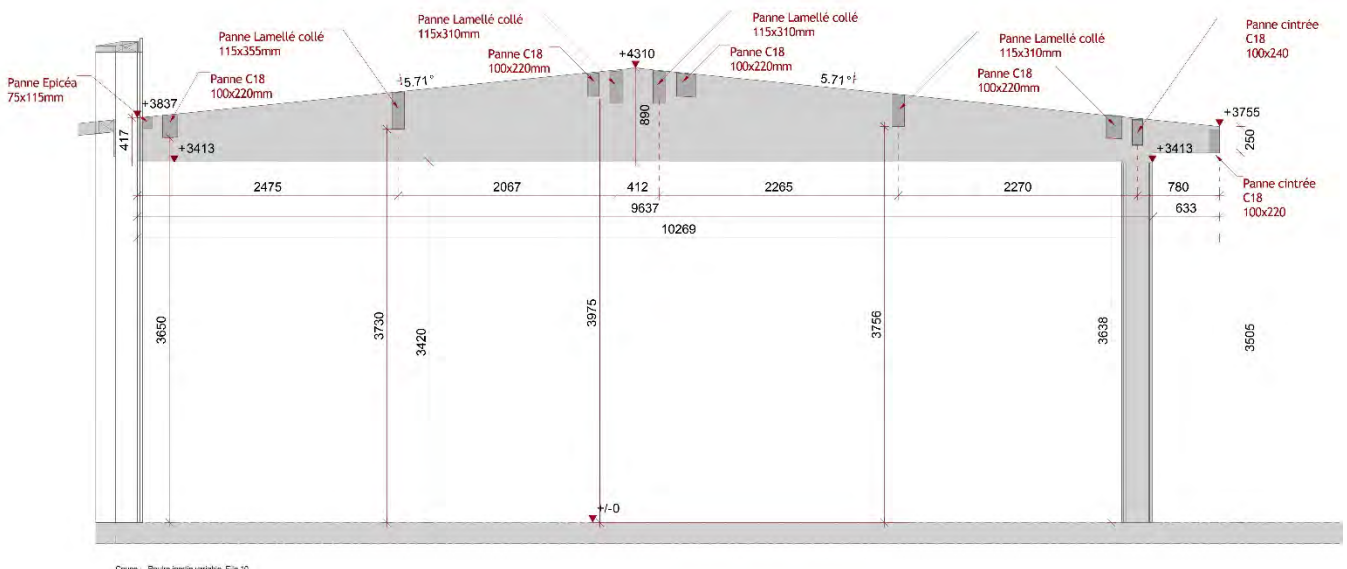


Source : <http://hopfner.fr/>



<http://charpentes-emg.com>

A partir de la vue sur la poutre de la file 10 ci-dessous :



**Q38.** Proposer un schéma mécanique de la structure.

Estimer les charges permanentes, de neige et de vent en  $\text{kN/m}$  réparties sur cette poutre sachant que  $g = 63 \text{ daN/m}^2$ ,  $s = 36 \text{ daN/m}^2$ ,  $w_p = 14,73 \text{ daN/m}^2$  et  $w_s = 42,76 \text{ daN/m}^2$

On considérera, pour la suite des calculs et l'approche pré-dimensionnement retenue, une poutre iso de  $9,49\text{ m}$  de portée, sans console avec une section doublement symétrique. La hauteur de la poutre au faitage est  $h_{ap} = 890\text{ mm}$  ; la hauteur des sections aux appuis sera prise égale à  $h_s = 418\text{ mm}$ . La largeur de poutre est  $b = 200\text{ mm}$

On supposera une charge uniformément répartie aux ELU comme définie par le BE structure de  $9,06\text{ kN/m}$  due à la combinaison  $1,35g + 1,5s + 0,9w_p$

**Q39.** Ecrire l'équation de variation du moment fléchissant le long de la poutre et tracer le diagramme du moment fléchissant.

**Q40.** Ecrire l'expression du module de flexion  $I/v$  en fonction de  $x$ . Tracer la courbe de cette évolution du module élastique.

**Q41.** Que dire de l'évolution des contraintes normales de flexion ?

En fait, pour ce type de poutre, on montre que la contrainte de flexion est maximum dans les sections situées à la distance  $x = 0,5 \cdot L \cdot \frac{h_s}{h_{ap}}$ .

**Q42.** Quelle est la hauteur  $H_m$  de la poutre dans cette section ? En déduire la valeur du module de flexion  $I/v$ .

**Q43.** Vérifier alors la résistance en flexion au niveau de cette section.

**Q44.** Les résultats donnés par le BE, dans la zone de faitage, sont précisés dans le tableau ci-après. Que conclure à partir de ces valeurs et des vérifications demandées réglementairement.

$\sigma_{m,d} = 4,61\text{ MPa}$	$k_r = 1$	
$\sigma_{t,90,d} = 0,07\text{ MPa}$	$k_{dis} = 1$	$k_{vol} = 0,58$

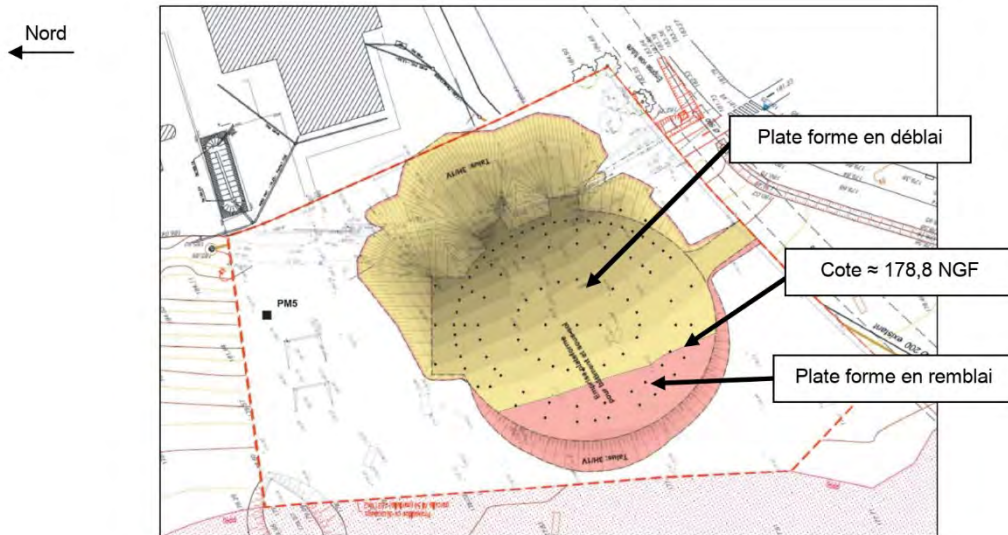
### 3.5 Etude des fondations profondes

#### Ressources :

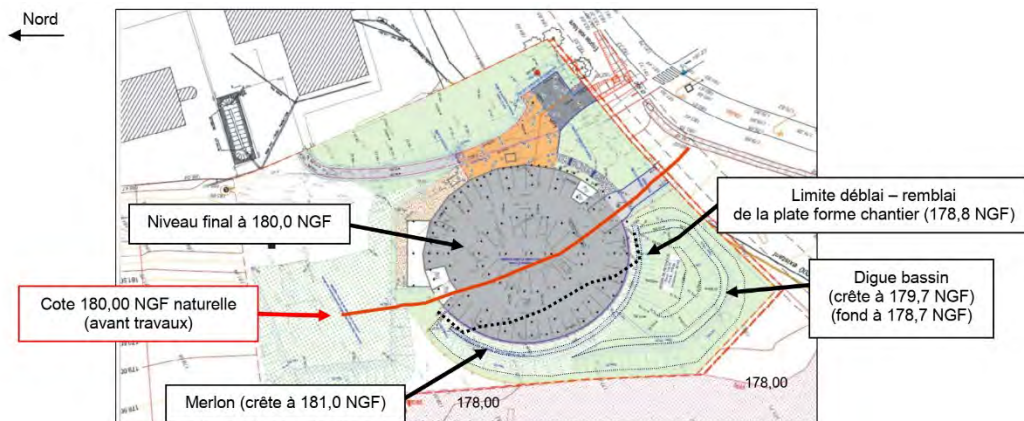
Annexe 7 : Données pressiométriques

Annexe 8 : Extrait NF P 94-282

Le terrassement général de la plateforme est calé à 178.8 NGF. La plateforme définitive est calée à 180 NGF comme on peut le voir sur les deux vues ci-après.



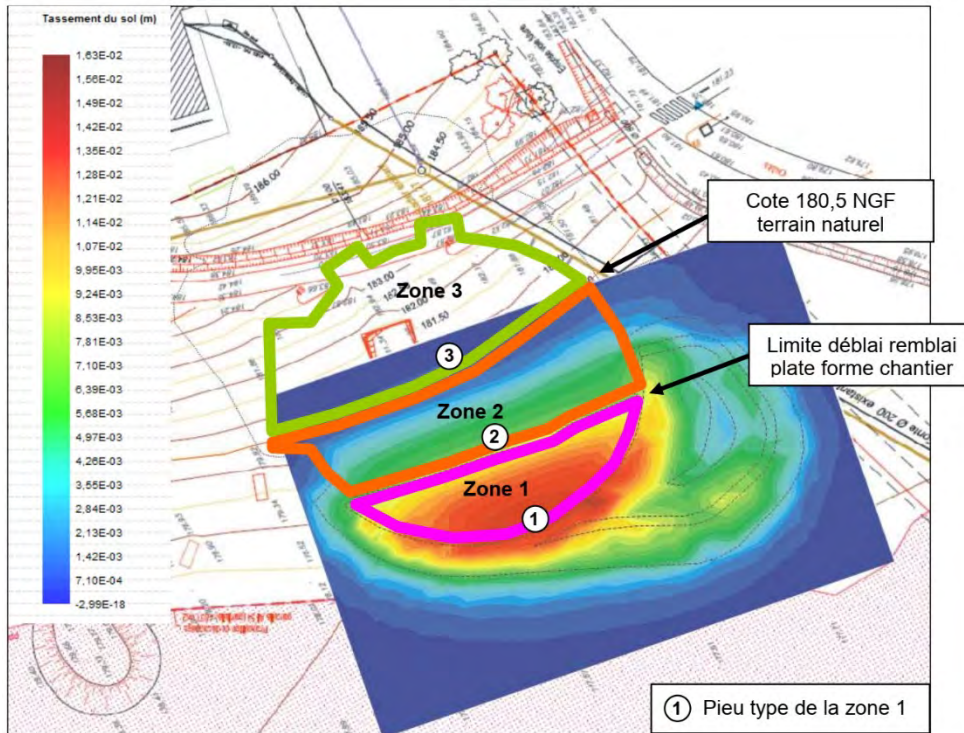
Etape 1 : plate forme chantier, calée à 178,8 NGF selon plan des terrassements (report des fondations prévisionnelles indicatif)



Etape 2 : plate forme définitive calée à 180,0 NGF (rajout du remblai "voirie") (report des fondations prévisionnelles indicatif)

Le calcul des fondations profondes se fera en considérant 3 zones différentes prenant en compte l'hétérogénéité de ce remblai de chargement et du niveau des couches géologiques du sol ; cette répartition est précisée sur l'image ci-après.





**Q45.** Vous justifierez, en considérant une charge d'exploitation prise à  $4 \text{ kPa}$  sur l'ensemble du projet le fait de négliger le frottement négatif en zone 3.

**Q46.** Quel serait le moyen de s'affranchir du frottement négatif ; est-ce réaliste pour ce projet ?

Nous allons nous intéresser au pieu n° 77, de  $52 \text{ cm}$  de diamètre, situé en **zone 1**. La descente de charge nous donne une charge aux ELS caractéristiques de  $604 \text{ kN}$ . Le tassement négatif pris en compte apporte une charge supplémentaire de  $271 \text{ kN}$ . L'ancrage du pieu dans le substratum sain est de  $1.60 \text{ m}$  ; la hauteur de remblai à ce niveau-là est prise égale à  $1.50 \text{ m}$ .

**Q47.** Vous vérifierez la stabilité mécanique de ce pieu aux ELS Caractéristiques.à partir de la méthode appelée "modèle du terrain". (*Classe des pieux forés tarière creuse : n°6*).

**Q48.** Quelle autre vérification serait nécessaire pour valider la section des pieux ?

## Partie 4 : Confort thermique, hygrothermique et acoustique du bâtiment

### Positionnement et objectif de la partie

En tant qu'ingénieur dans un bureau d'études thermiques, dimensionner les équipements techniques assurant le confort thermique et hygrothermique du bâtiment. Justifier auprès du maître d'ouvrage les choix technologiques retenus (ou proposés).

### 4.1 Partie réglementaire

Le récapitulatif standardisé d'étude thermique RT2012 est la synthèse des résultats de l'étude thermique, c'est un document indispensable à l'obtention du permis de construire. L'objectif de cette partie est d'analyser certains points particuliers issus de ce document.

#### 4.1.1 Parois

**Q49.** A partir des informations ci-dessous, déterminer le coefficient d'échange surfacique U (en  $W.m^{-2}.K^{-1}$ ) du plancher sur local non chauffé (parking).

Dans ce cas précis, justifier l'utilisation des valeurs suivantes pour les coefficients d'échanges thermiques superficiels :  $R_{se} = R_{si} = 0,17 m^2.K.W^{-1}$ .

Orientation de la paroi	Orientation du flux	Schéma	R <sub>si</sub> [ m <sup>2</sup> .K/W ]	R <sub>se</sub> [ m <sup>2</sup> .K/W ]
Verticale (Inclinaison ≥ 60°)	Horizontal		0,13	0,04
Horizontale (Inclinaison < 60°)	Ascendant		0,1	0,04
Horizontale (Inclinaison < 60°)	Descendant		0,17	0,04

Nature	Désignation	Certif.	Ep. m	Lambd. W/m.K
Plastique	Linoléum		0.005	0.190
Béton	Chape liquide de finition		0.050	1.650
Isolant	Dalle PCBT collée sur TMS		0.100	0.042
Béton	Prédalle		0.050	1.650
Isolant	Isotherm d'Eurisol		0.110	0.039

**Q50.** Pourquoi le coefficient d'échange surfacique d'un plancher sur terre-plein est plus compliqué à déterminer que celui d'une paroi horizontale sur local non chauffé ? Quels sont les paramètres qui peuvent avoir un impact sur la valeur de ce coefficient ?

#### 4.1.2 B<sub>bio</sub> et C<sub>ep</sub>

##### Ressources :

Annexe 10 : Méthode de calcul  $B_{bio_{max}}$  et  $C_{ep_{max}}$

Annexe 11 : Extrait CCTP, Lot Chauffage - Plomberie - Ventilation

Le B<sub>bio</sub> (Besoin bioclimatique conventionnel en énergie) est un des indicateurs sur lesquels s'appuie la réglementation thermique. Il est représentatif de l'efficacité énergétique du bâti.

Il est caractérisé par la valorisation des éléments suivants :

- La conception architecturale du bâti (implantation, forme, aires et orientation des baies, accès à l'éclairage naturel des locaux, masques proches,...)
- Les caractéristiques de l'enveloppe en termes d'isolation, de transmission solaire, de transmission lumineuse, d'ouverture des baies et d'étanchéité à l'air,

- Les caractéristiques d'inertie du bâti.

Le  $B_{bio}$  du bâtiment dépend directement des besoins en chauffage, en climatisation et en éclairage par la relation suivante.

$$B_{bio} = 2. B_{chauffage} + 2. B_{refroidissement} + 5. B_{éclairage}$$

Tout bâtiment doit avoir un besoin conventionnel en énergie inférieur à un besoin maximal appelé  $B_{bio_{max}}$  :  $B_{bio} \leq B_{bio_{max}}$

**Q51.** Pourquoi les besoins en éclairage sont affectés d'un coefficient 5 alors que le chauffage et le refroidissement d'un coefficient 2 ?

Le coefficient  $C_{ep}$  caractérise la consommation en énergie primaire du bâtiment en kWh d'Énergie Primaire par  $m^2$  de Surface Thermique ( $S_{RT}$  au sens de la Réglementation Thermique) et par an ( $kWh_{ep}/m^2(S_{RT})/an$ ).

Il correspond à une consommation d'énergie conventionnelle, calculée avec certaines hypothèses fixées, notamment de température intérieure, de présence des occupants et d'historique de données météorologiques.

Le coefficient  $C_{ep}$  ajoute au coefficient  $B_{bio}$  l'impact des 5 postes énergétiques de consommation habituels suivants :

$$C_{ep} = C_{ep_{ch}} + C_{ep_{fr}} + C_{ep_{écl}} + C_{ep_{ECS}} + C_{ep_{aux}} - PV_{12kWh_{ep}/m^2/an}$$

Il faut soustraire à ces 5 usages  $12 kWh_{ep}/m^2(S_{RT})/an$  en présence de production électrique à domicile (énergie photovoltaïque, éolienne, etc.)

On rappelle la relation permettant la conversion de l'énergie consommée en énergie primaire pour chacun des postes de consommation :

$$C_{ep} = 2,58. C_{élec} + 0,6. C_{bois} + 1. C_{autre}$$

La comparaison se fait alors avec un coefficient  $C_{ep_{max}}$  tel que :

$$C_{ep} \leq C_{ep_{max}}$$

**Q52.** Déterminer le  $B_{bio_{max}}$  et le  $C_{ep_{max}}$  du bâtiment à partir de la méthode de calcul. Pour le  $C_{ep_{max}}$  expliquer quel est l'objectif des différents coefficients de modulation.

Le coefficient de performance saisonnier de la pompe à chaleur sera pris égal à :  $SCOP = 4,52$

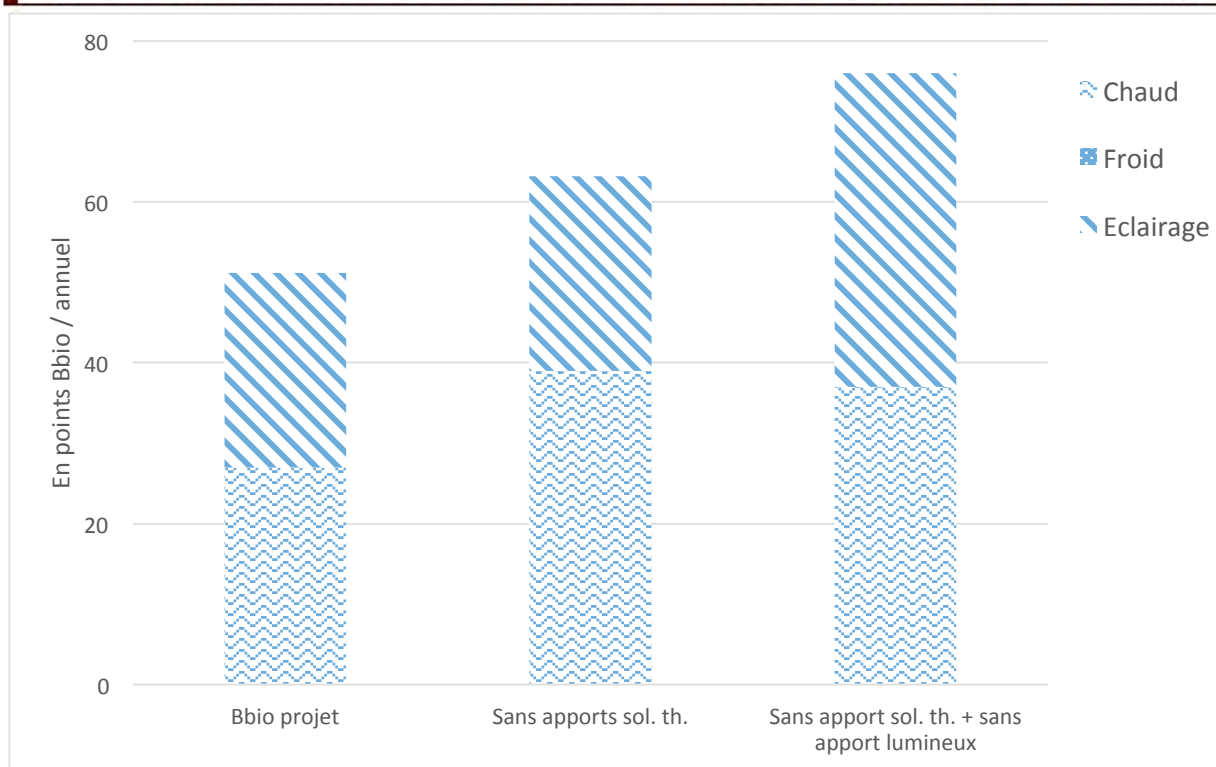
**Q53.** Quelle est la différence entre le SCOP et le COP ? Comparez et analysez leur valeur. Pourquoi utiliser SCOP plutôt que le COP pour estimer la consommation électrique de la pompe à chaleur ?

**Q54.** A partir des valeurs de consommation en énergie finale ci-dessous, déterminer la consommation en énergie primaire du bâtiment ( $C_{ep}$  en  $kWh_{ep}/m^2(S_{RT})/an$ ) et vérifier que celui-ci est réglementaire.

Postes	Energie finale (MWh)
Chauffage	82,87
Refroidissement	0,00
ECS	1,26
Eclairage	4,24
Auxil. Ventilation	3,84
Auxil. distribution	0,00

#### 4.1.3 Apport solaire et lumineux

L'illustration ci-dessous, issue du récapitulatif standardisé d'étude thermique RT2012, représente l'impact des apports solaires thermiques et lumineux sur le  $B_{bio}$  du bâtiment.



**Bbio projet** : représente le besoin bioclimatique réglementaire de votre projet

**Sans apports thermiques** : représente le besoin bioclimatique sans prise en compte des apports solaires thermiques des baies (facteurs solaires  $Sw$  des baies = 0)

**Sans apports thermiques et lumineux** : représente le besoin bioclimatique sans prise en compte des apports solaires thermiques et lumineux des baies (facteurs solaires  $Sw_{sp}$  et  $Sw_{ap}$  des baies égal à 0, Transmission lumineuses  $T_{li} = 0$ ).

**Q55.** Quels sont les éléments qui ont une influence sur l'accès à l'éclairage naturel ? Quelle est la différence entre les apports solaires thermiques et les apports lumineux ? Analyser et commenter l'illustration.

## 4.2 Ventilation

### 4.2.1 Généralités

Le bâtiment étudié est équipé de 4 systèmes de VMC double flux avec récupération de chaleur sur l'air extrait. Une batterie chaude placée en aval de la VMC sur l'air soufflé permet de maintenir une température de soufflage égale à la température intérieure ( $T_s = T_i = 20^\circ\text{C}$ ).

**Q56.** Pourquoi est-il obligatoire de ventiler un bâtiment ? Expliquer en quoi la ventilation joue un rôle dans le confort thermique et dans le comportement thermique du bâtiment ? Quel est l'intérêt de souffler de l'air à la température intérieure ?

### 4.2.2 Etude de la zone bibliothèque

#### Ressources :

- Annexe 23 : Plan de ventilation de la bibliothèque
- Annexe 11 : Extrait CCTP, Lot Chauffage - Plomberie - Ventilation
- Annexe 12 : Catalogue de bouches de soufflage et de reprise
- Annexe 13 : Catalogue VMC Atlantic

Les débits nominaux sont imposés par l'usage du bâtiment et son occupation. Pour la zone bibliothèque le nombre d'occupants peut être déterminé par le nombre de places assises du local. Le débit de ventilation au niveau des bouches est régulé par différents moyens. Des capteurs de  $\text{CO}_2$  ajustent le débit dans les salles de formation alors que ce sont des capteurs de présence dans les bureaux.