

SESSION 2020

AGREGATION CONCOURS EXTERNE
--

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

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

CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME, D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE ORGANISATION

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

Sujet	3
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
ANNEXES	25
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
Documents réponse	102
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

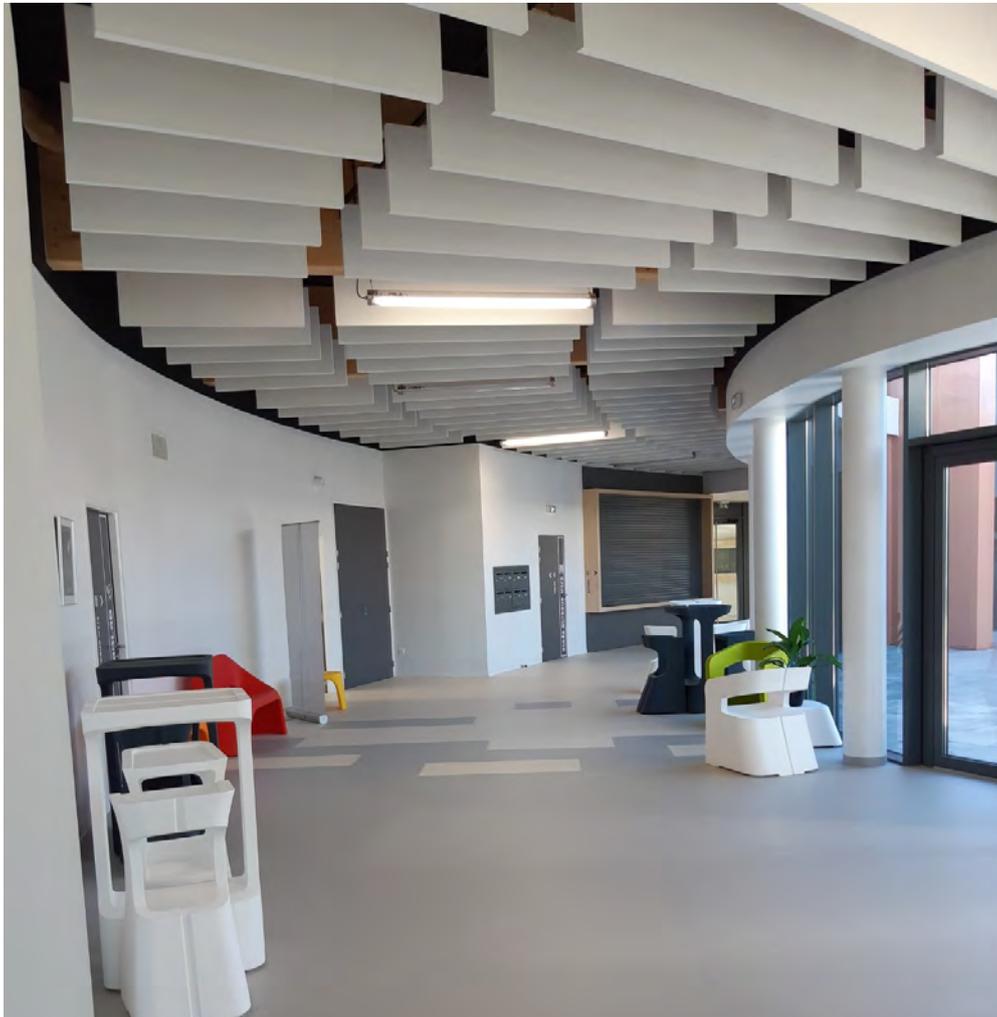


Figure 2 : Vue intérieure du bâtiment

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)

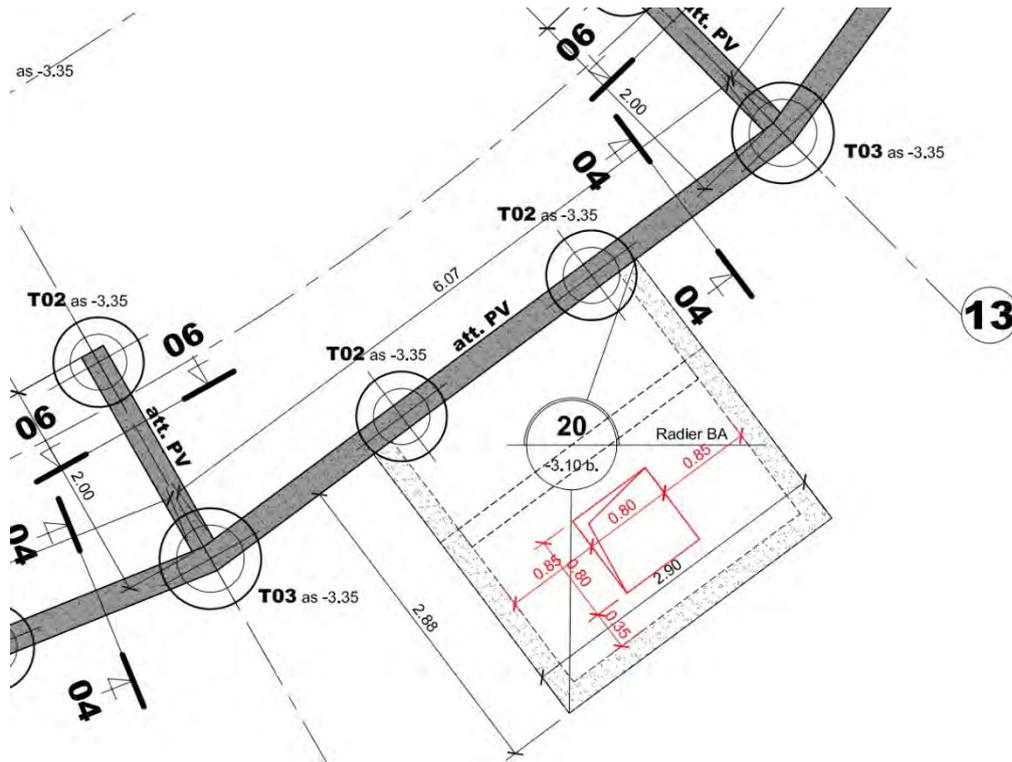
Q3. A partir des différents plans de charpente on voit que la structure est doublée sur les files 1-11. Quel est l'intérêt ?

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

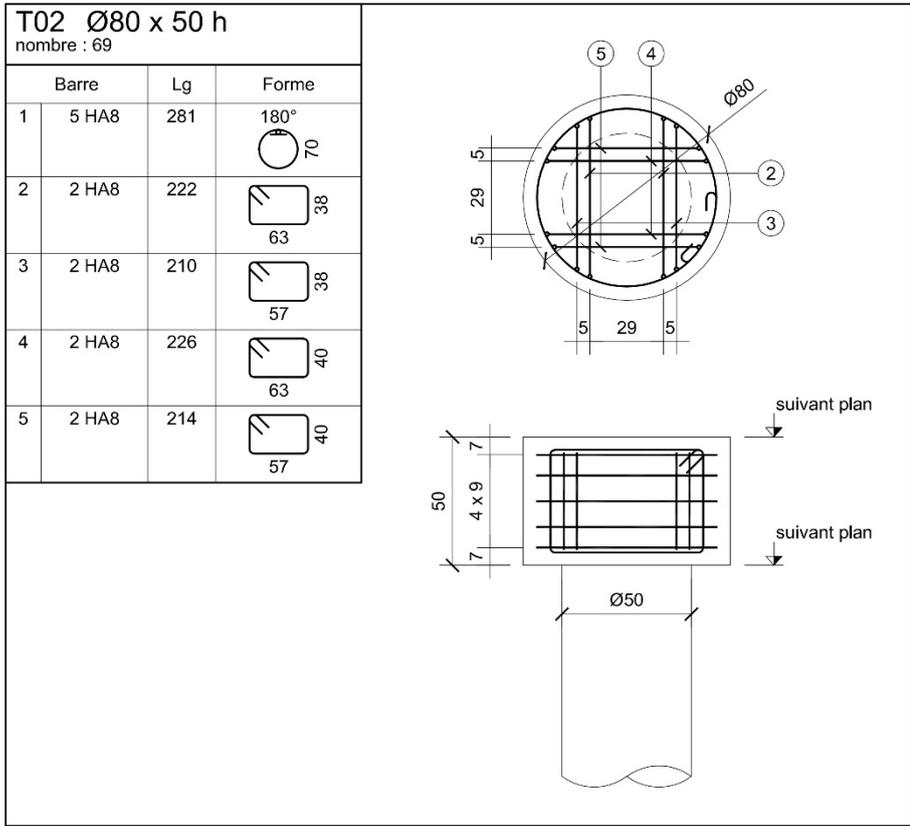
Q5. Les éléments de charpente sont réalisés en lamellé-collé. Quel est l'intérêt de cette technique ? Expliquer succinctement le mode de fabrication de ce type de produit en usine ?

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.

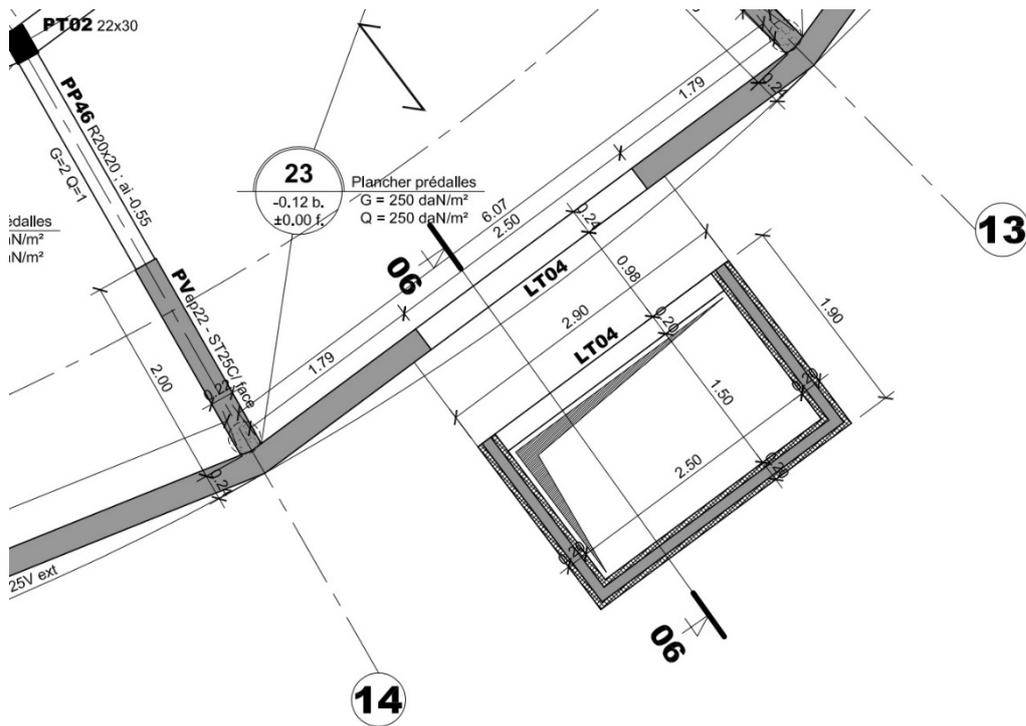
Q7. En considérant le niveau $\pm 0.00 f$ du PH RDJ qui correspond à **180 NGF**, et à partir des éléments ci-après, il vous est demandé de réaliser la coupe 06-06 de cette cour anglaise telle que représentée dans la vue du PH RDJ. On précise que l'arase inférieure du LT 04 est à la cote $-1.40 b$ et 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.

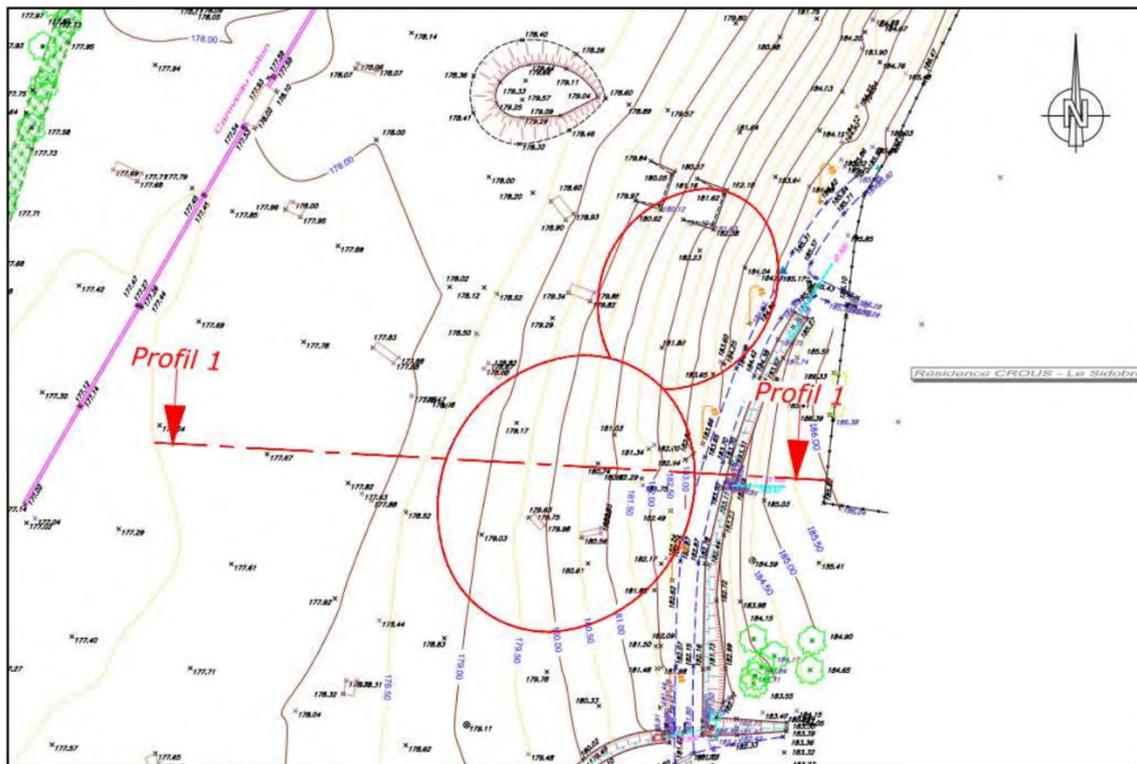


fig. 1 : Implantation du profil 1 sur fond de plan topographique



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

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

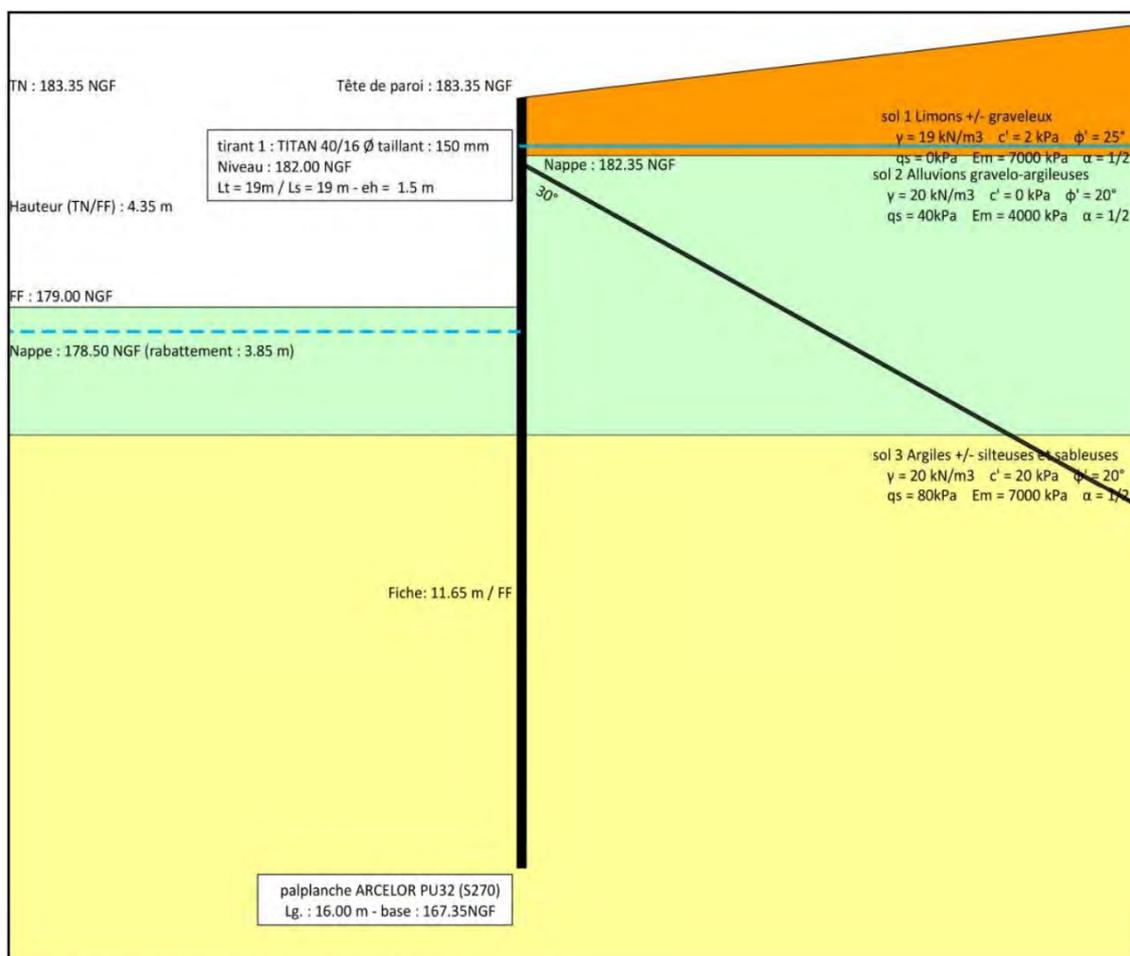


Fig 6 : Schéma de principe de l'ouvrage de soutènement

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

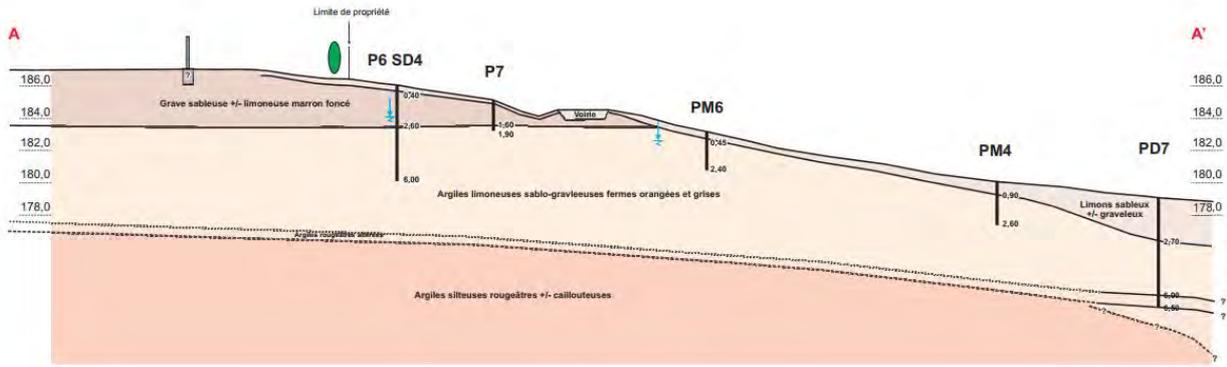
Ressources :

Annexe 19 : Extraits plans DCE

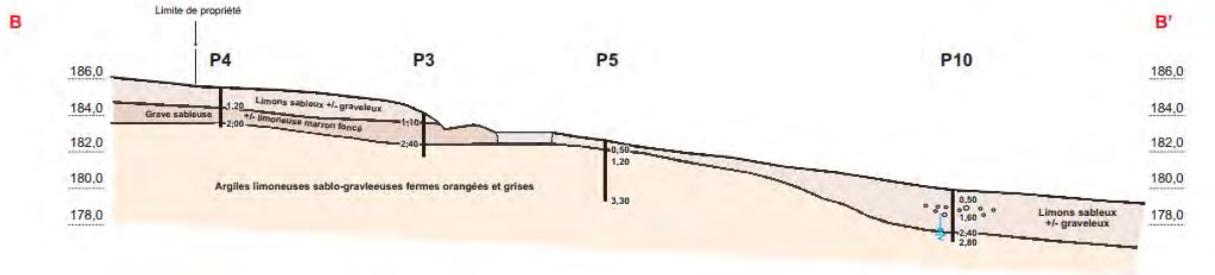
Annexe 1 : Données géotechniques

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

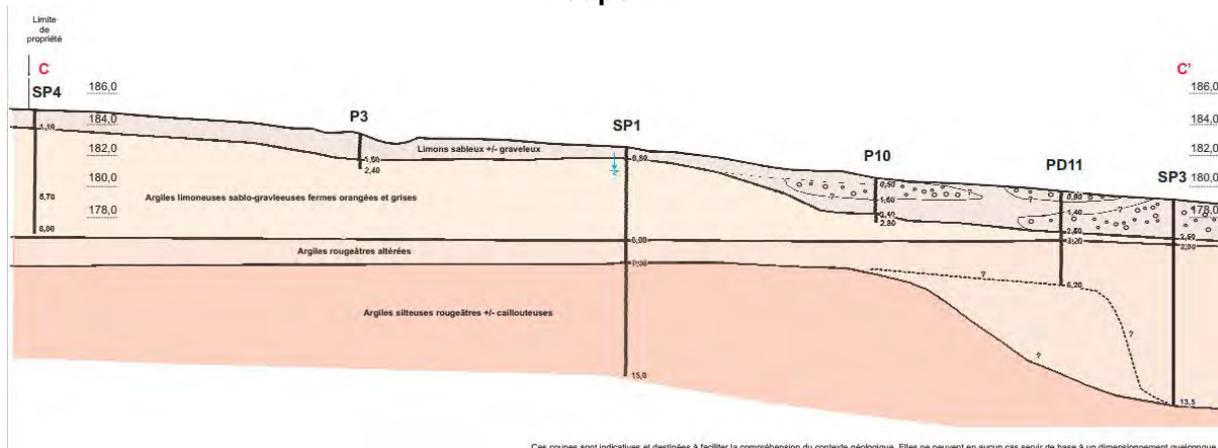
Cette construction se fait sur un terrain assez hétérogène comme on peut le voir sur les trois coupes géologiques ci-dessous, repérées sur le plan d'implantation de sondages joint en annexes, avec des graves sableuses perméables au Nord-Est et des limons sableux plus ou moins graveleux au Sud-Ouest qui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



Coupe AA'



Coupe BB'

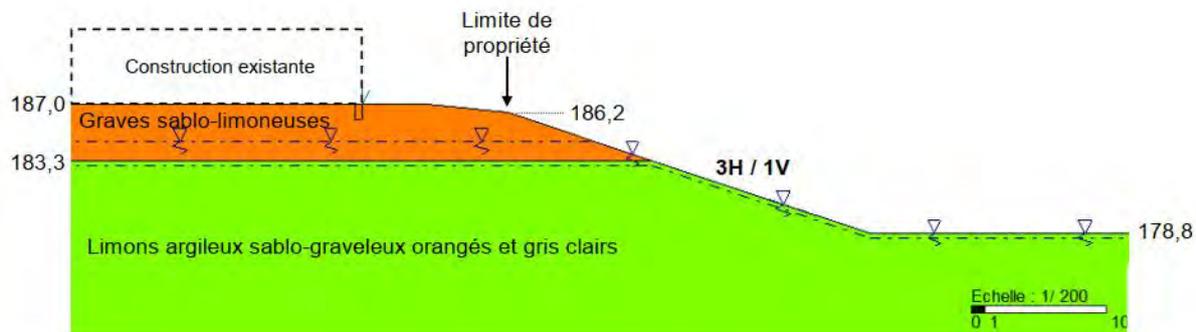


Coupe CC'

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.

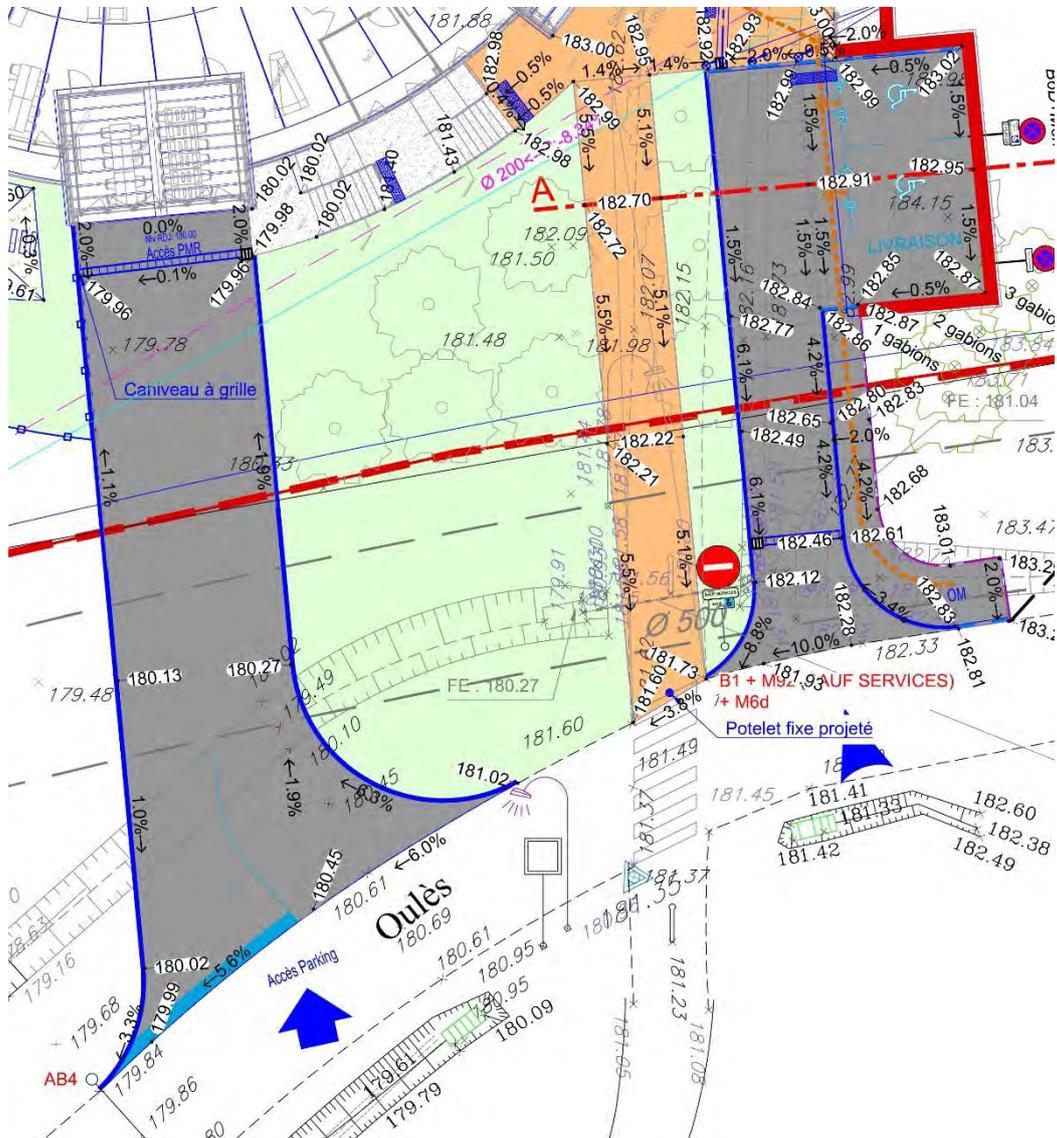
2.3 Réseau EP : étude du tronçon EPG01 à EPR10

Ressources :

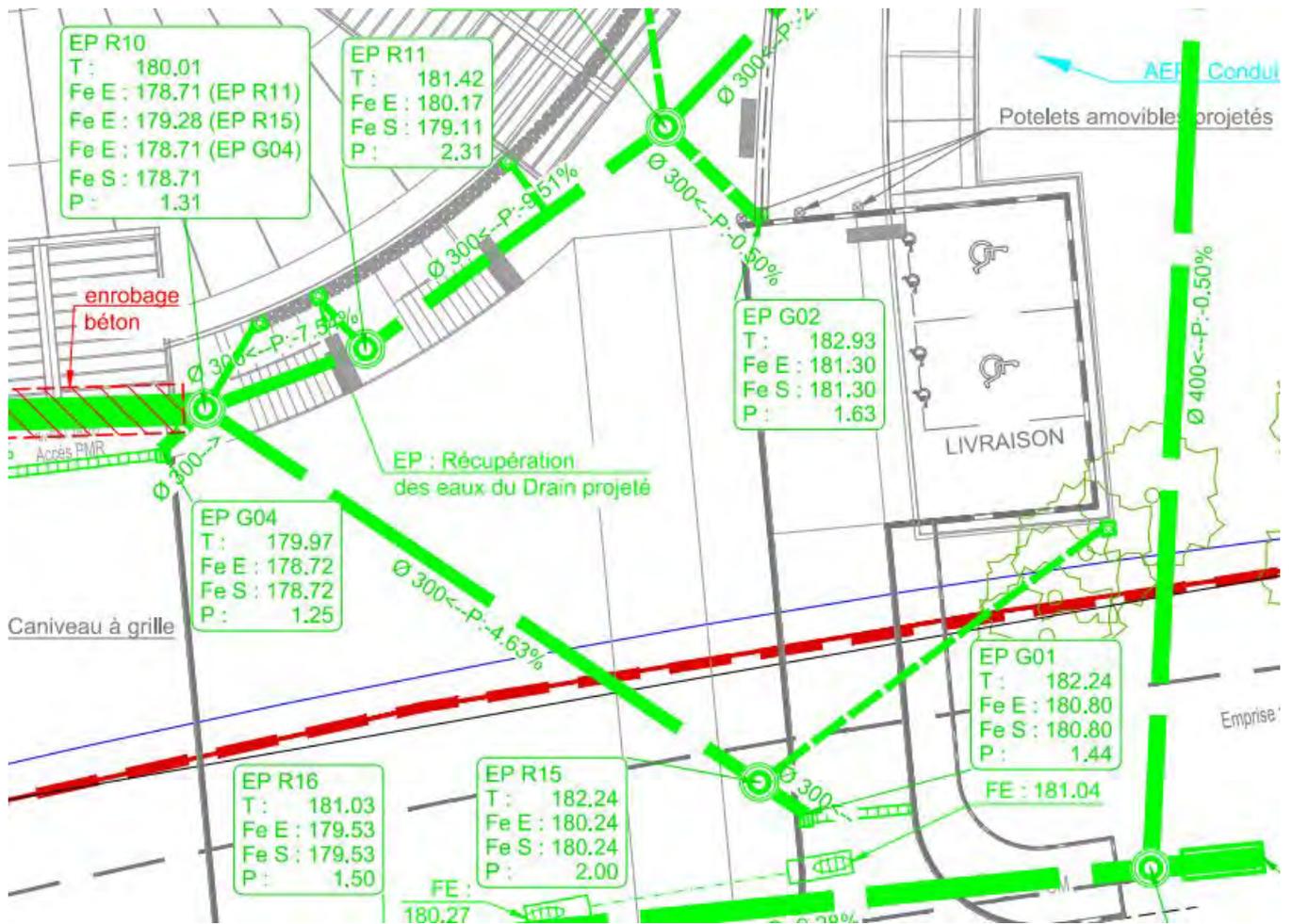
Annexe 2 : Extrait méthode rationnelle

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 ²
Support : Volige résineux ep 22 mm -	13.5 daN/m ²
Autres : film, gaines électriques, etc. -	5 daN/m ²
Exploitation : Toitures inaccessibles sauf entretien normal, réparations, peintures, etc. -	80 daN/m ²

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

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 140×360 , 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.

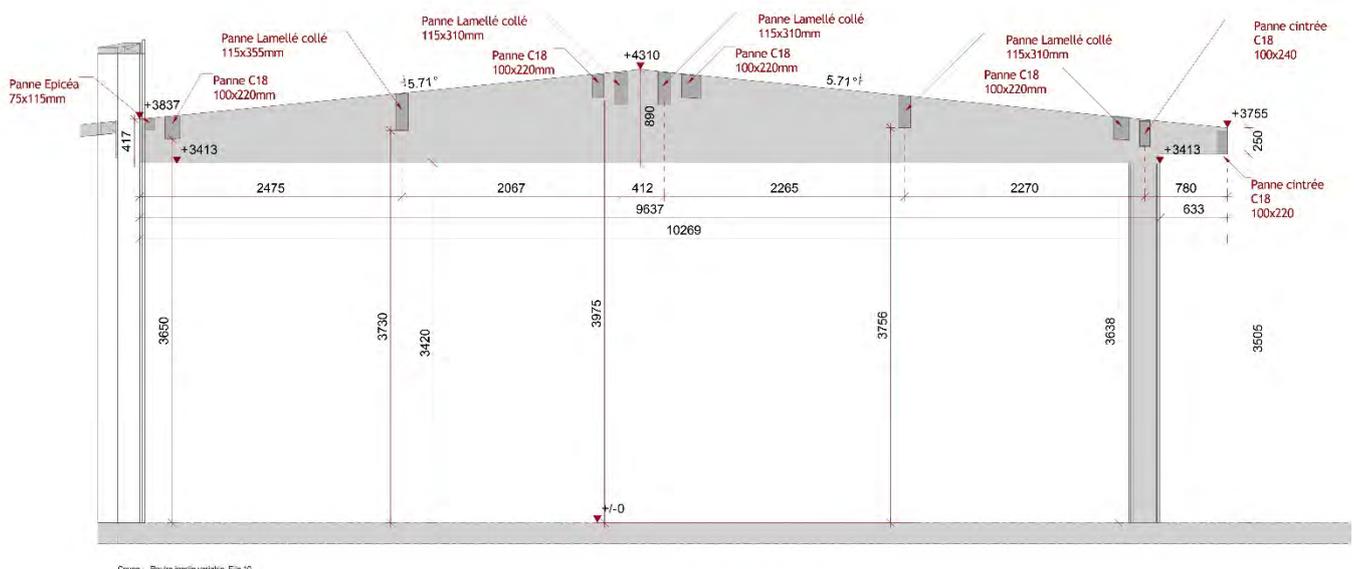


Source : <http://hopfner.fr/>



<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 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.

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

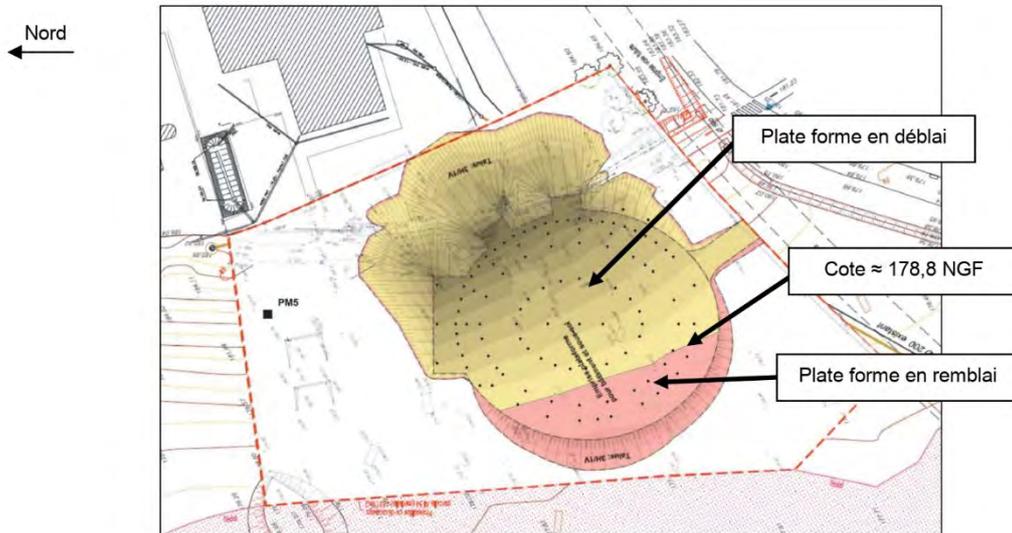
3.5 Etude des fondations profondes

Ressources :

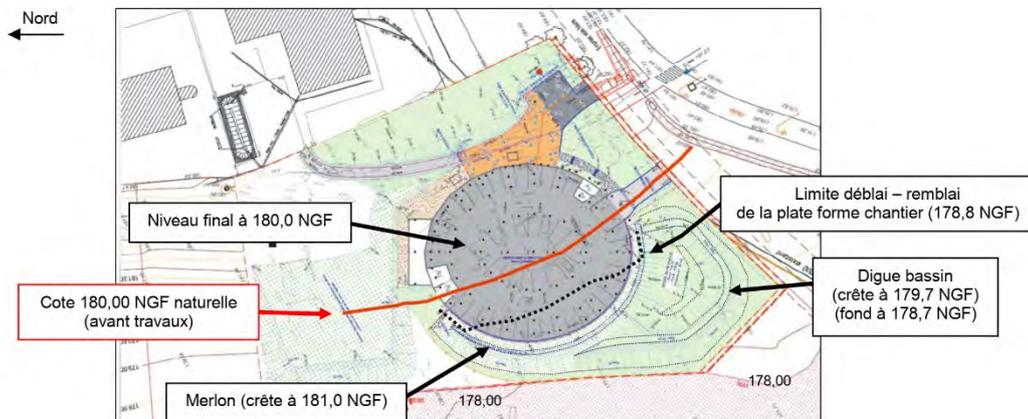
Annexe 7 : Données pressiométriques

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.

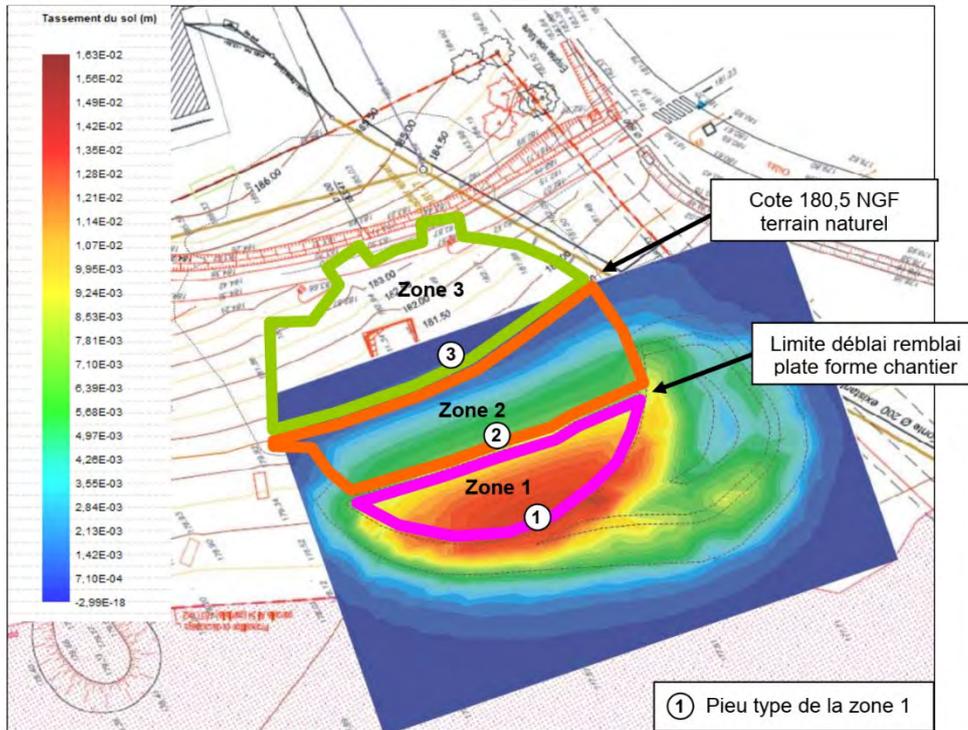


Etape 1 : plate forme chantier, calée à 178,8 NGF selon plan des terrassements (report des fondations prévisionnelles indicatif)



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 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 cm de diamètre, situé en **zone 1**. La descente de charge nous donne une charge aux ELS caractéristiques de 604 kN . Le tassement négatif pris en compte apporte une charge supplémentaire de 271 kN . L'ancrage du pieu dans le substratum sain est de 1.60 m ; la hauteur de remblai à ce niveau-là est prise égale à 1.50 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 _{si} [m ² .K/W]	R _{se} [m ² .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_{bio} et C_{ep}

Ressources :

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

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

Le B_{bio} (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.

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

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 :

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

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 : $SCOP = 4,52$

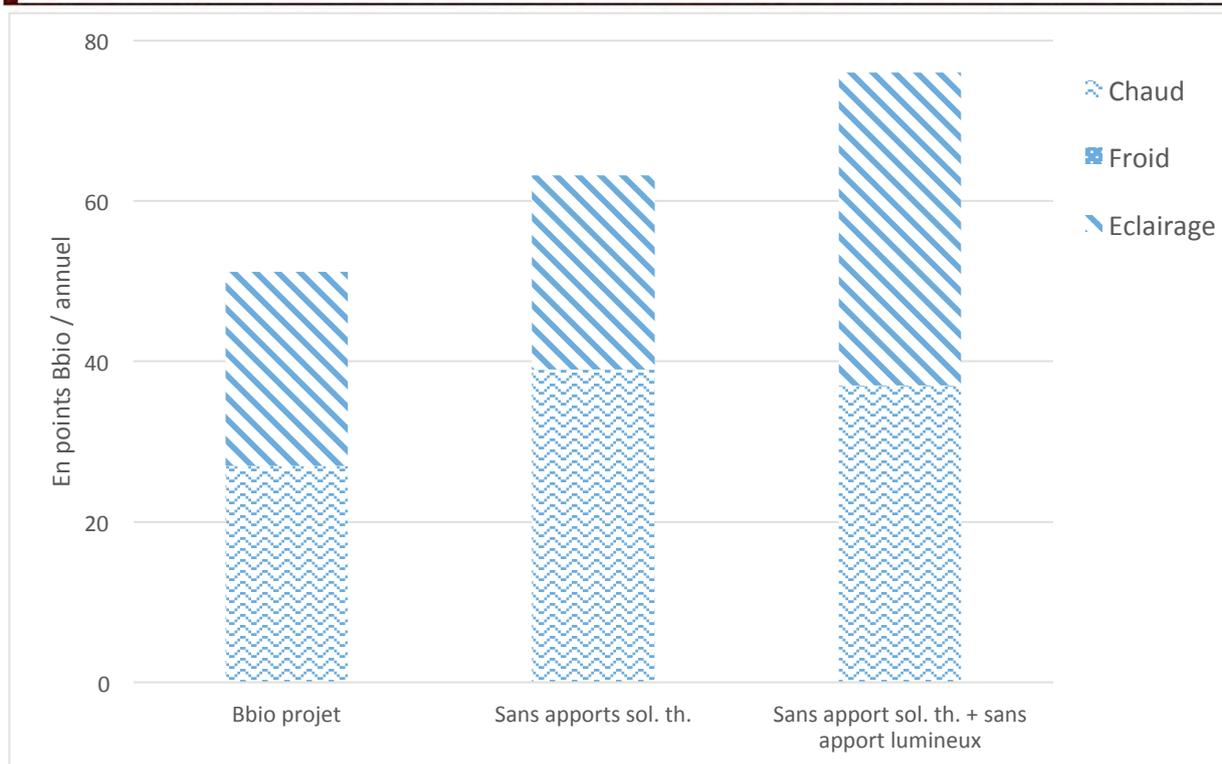
Q53. Quelle est la différence entre le SCOP et le COP ? Comparez et analysez leur valeur. Pourquoi utiliser SCOP plutôt que le COP pour estimer la consommation électrique de la pompe à chaleur ?

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 CO_2 ajustent le débit dans les salles de formation alors que ce sont des capteurs de présence dans les bureaux.

Les ventilateurs à vitesse variable sont commandés par des sondes de pression statique dans le but de maintenir la pression constante en un point du réseau.

Le calcul des pertes de charge du réseau de ventilation a permis de déterminer le travail aérodynamique des ventilateurs dans les conditions nominales : $P_{stat} = 900Pa$.

D'autre part, l'étude acoustique fait des préconisations sur les caractéristiques des bouches de ventilation. Les bouches de soufflage et de reprise seront sélectionnées de manière à avoir un niveau de puissance acoustique du bruit régénéré inférieur aux valeurs suivantes :

- Courbe de référence NR23 dans la salle de lecture,
- Courbe de référence NR28 dans les bureaux, l'accueil, les salles de travail, la salle de formation, la salle multimédia, les locaux archives et traitement de document,
- Courbe de référence NR33 dans le hall, le learning café et les dégagements.

Q57. Comment justifier l'utilisation des différents modes de régulation dans les locaux ? Que se passe-t-il lorsque la salle de formation, initialement entièrement occupée, se vide ? Comment évoluent alors les pressions et les débits dans les réseaux ainsi que les vitesses de rotation des ventilateurs ?

Q58. A partir des contraintes (débit, niveau acoustique, portée,...) sélectionner :

- Les bouches de soufflage et reprise de la salle de multimédia dans le catalogue
- La VMC de la bibliothèque dans la gamme Rotatech

Q59. Déterminer la puissance de la batterie chaude à installer sur la gaine de soufflage en aval de la VMC.

4.3 Chauffage

La pompe à chaleur produit de l'eau à 50°C qui est stockée dans le ballon tampon. Celui-ci alimente, à travers un collecteur principal, trois réseaux secondaires :

- Les batteries chaudes des 4 zones de ventilation (Circuit Batteries CTA),
- Les planchers chauffants basse température de la bibliothèque,
- Les planchers chauffants basse température des autres locaux.

L'étude portera sur l'alimentation en eau des batteries chaudes : Circuit Batteries CTA. Dans un premier temps c'est le réseau terminal et notamment les vannes trois voies qui seront étudiées, puis dans un second temps ce sera le circulateur.

4.3.1 Vannes trois voies

Ressources :

- Annexe 24 : Schéma de principe du chauffage
- Annexe 15 : Note de calcul des pertes de charges hydrauliques
- Annexe 14 : Fiche technique des V3V

L'alimentation des batteries en eau chaude se fait à travers une vanne d'isolement, une vanne 3 voies (V3V) et une vanne d'équilibrage.

Le régime de température 50/45 °C permet d'assurer le réchauffage de l'air insufflé.

Les V3V seront choisies de manière à obtenir une autorité $a \sim 0,5$.

On rappelle que l'autorité d'une vanne est définie par l'expression suivante :

$$a = \frac{\Delta P_{V100}}{\Delta P_{V100} + \Delta P_{R100}}$$

- ΔP_{V100} est la perte de charge de la V3V ouverte à 100%
- ΔP_{R100} est la perte de charge du réseau à débit variable lorsque la V3V est ouverte à 100%

Les puissances et les pertes de charges des batteries chaudes ont été déterminées et regroupées dans la note de calcul.

Q60. Expliquer comment est régulée la température de soufflage de l'air. Préciser si les V3V sont montées en mélange ou en répartition, si la régulation de température de l'air se fait par variation de débit ou de température d'eau.

Q61. A partir des puissances des batteries, calculer les débits nominaux. Pourquoi une autorité proche de 0,5 est généralement préconisée pour les vannes de régulation ? Sélectionner les quatre V3V adaptées dans le catalogue. Quelle sera l'autorité réelle des V3V ?

4.3.2 Circulateur

Ressources :

Annexe 15 : Note de calcul des pertes de charges hydrauliques

Annexe 16 : Table des pertes de charges linéiques

Annexe 17 : Catalogue des circulateurs Salmson

Annexe 18 : Abaques de vannes d'équilibrage

Annexe 24 : Schéma de principe du chauffage

Le circulateur double alimentant le « Circuit Batterie CTA » pourra être sélectionné dans le catalogue en Annexe. Pour choisir le circulateur adapté il faudra connaître son débit nominal ainsi que la hauteur manométrique à fournir.

Le circuit alimentant la batterie Salle de Travail est le plus défavorable en termes de pertes de charge.

Q62. En vous aidant des documents ressources, compléter les cases grisées du **DR6**. En déduire la hauteur manométrique du circulateur.

Q63. Sélectionner le circulateur alimentant le circuit de batterie CTA.

Q64. Faire l'équilibrage hydraulique du réseau de batteries CTA. Sélectionner les vannes et préciser leur position de réglage.

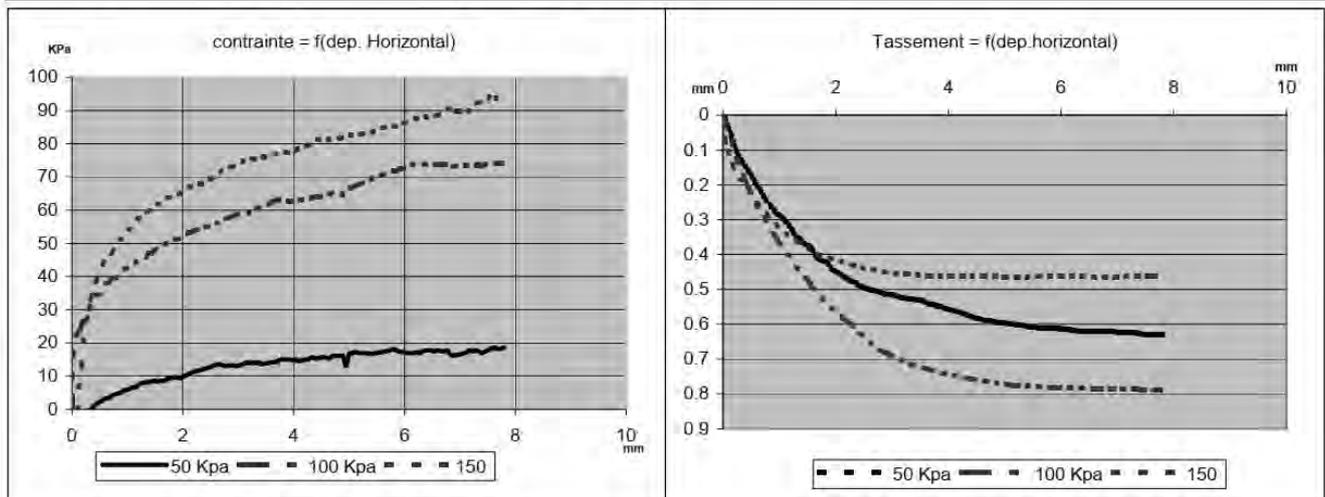
4.4 Synthèse

Q65. Au vu du travail que vous avez effectué, indiquer quels sont les points forts de ce projet concernant son bilan énergétique et environnemental ?

Annexe 1 : Données géotechniques

 "En Gélis" - LACROISILLE 81470 CUQ TOULZA Tél : 05.63.75.02.82	THEMELIA Projet de Maison Campus 81100 CASTRES A 17 EA 104175 Ind C	Date : Juin-Juillet 2017
		Sondage: P2 Profondeur : 1,00 m Nature :
Essai de cisaillement rectiligne à la boîte - cisaillement direct <i>Consolidé Drainé</i> NF P 94 071 -1 (08/94)		

Conditions d'essais		Essais				
Boite :	6 x 6 cm	σ (kPa)	50	100	150	Moyenne
T ₁₀₀ :	0.012 mm/mn	τ (kPa)	19	74	94	
V cisail. :	0.005 mm/mn	W _{initiale} (%)	7.6%	7.9%	7.4%	7.7%
Caractéristiques Géotechniques		W _{finale} (%)	18.6%	18.0%	17.4%	18.0%
WL :	non spécifié	γ_h moulage (T/m ³)	1.570	1.625	1.612	1.602
IP :	non spécifié	γ_h consolidé (T/m ³)				
V _{bs} :	non spécifié	γ_d consolidé (T/m ³)				
Classification GTR :		observations :				





" En Gélis" - LACROISILLE
81470 CUQ TOULZA
Tél :05.63.75.02.82.

THEMELIA
Projet de Maison Campus
81100 CASTRES
A 17 EA 104175 Ind C

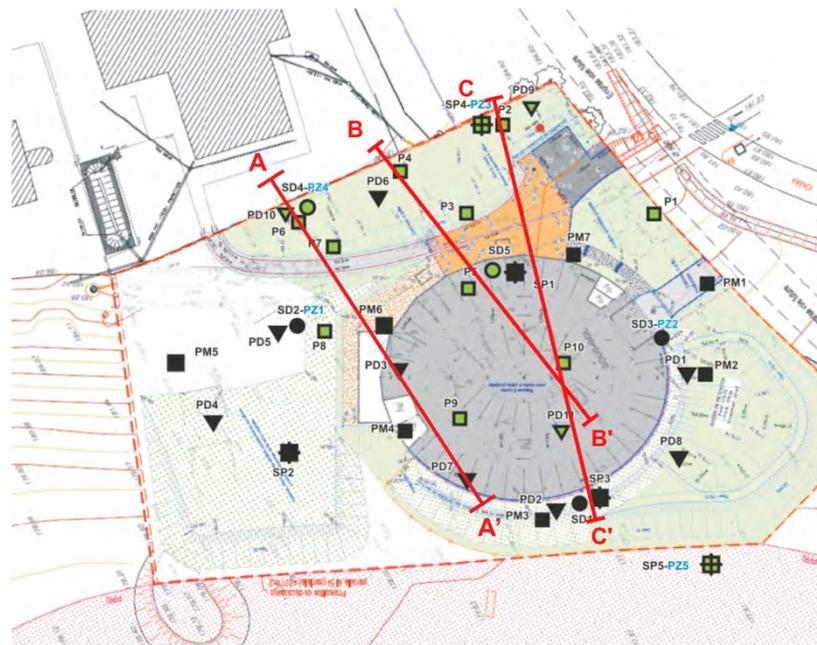
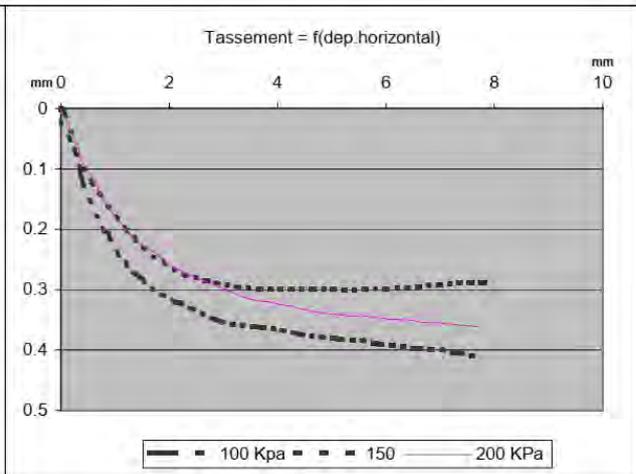
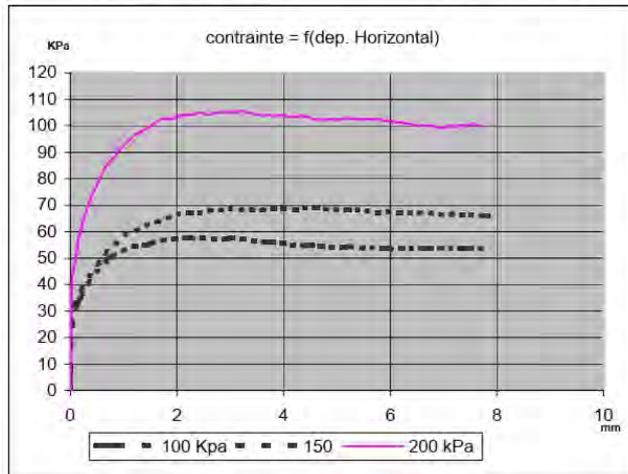
Date : Juin-juillet 2017
Sondage: **P3**
Profondeur : 2,00 m
Nature :

Essai de cisaillement rectiligne à la boîte - cisaillement direct

Consolidé Drainé

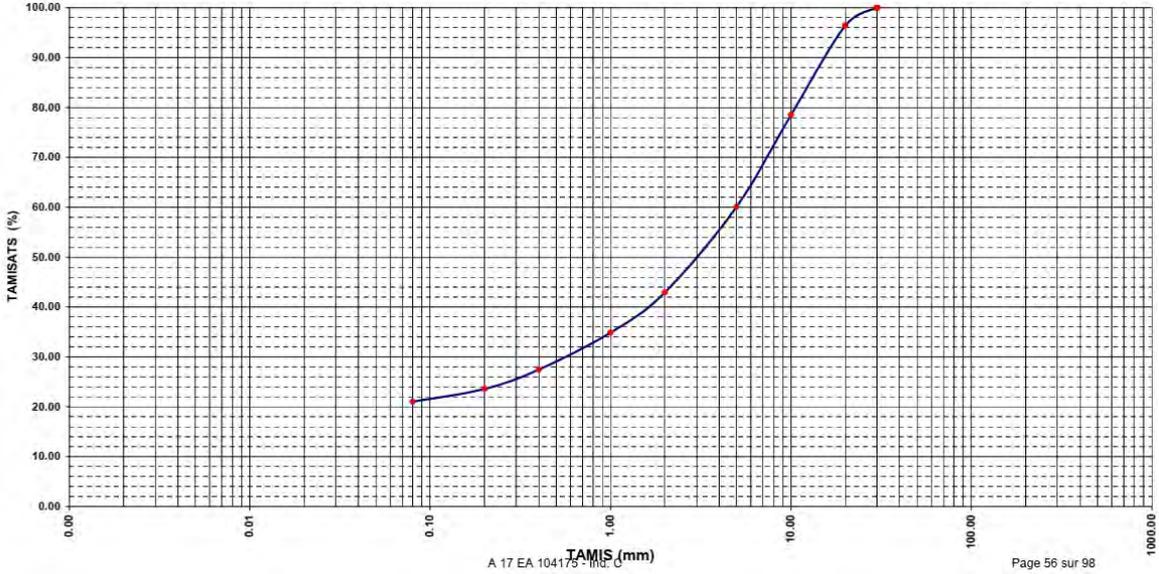
NF P 94 071 -1 (08/94)

Conditions d'essais		Essais				
Boite :	6 x 6 cm	σ (kPa)	100	150	200	Moyenne
T ₁₀₀ :	0.012 mm/mn	τ (kPa)	58	69	106	
V cisail. :	0.005 mm/mn	W _{initiale} (%)	12.4%	14.7%	13.1%	13.4%
Caractéristiques Géotechniques		W _{finale} (%)	18.5%		17.2%	17.9%
WL :	non spécifié	γ_h moulage (T/m ³)	2.008	2.055	2.080	2.048
IP :	non spécifié	γ_h consolidé (T/m ³)				
V _{bs} :	non spécifié	γ_d consolidé(T/m ³)				
Classification GTR :		observations :				

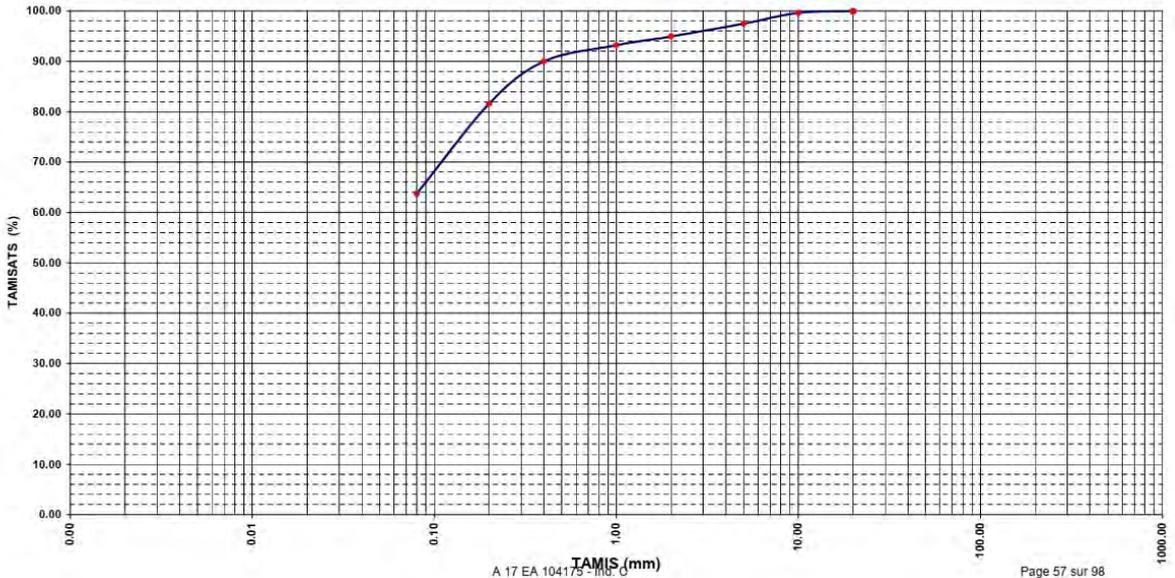


Implantation des sondages

	Affaire : THEMELIA Projet de Maison Campus - 81100 CASTRES A 17 EA 104175			Date : 26/06/2017 Sondage : P2 Profondeur : 1,00 m Nature : Gravier et sables très limoneux					
	ANALYSE GRANULOMETRIQUE								
Facteurs correcteurs :		Densimètre :		Eprouvette :	Passant à 50mm:	Passant à 2mm:	Passant à 80µ :	Passant à 2µ:	GTR
Ct : 0.00030 Cm : -0.00010 Cd : -0.00010		H0 : 0.1350 H1 : 0.00312		h1 : 0.1359 Vd : 0.00004	Vs : 0.0020 A : 0.0050	100 T °C	42.9% VBS= 1.39	21.0% W NAT	B5
					19.0	D Max (mm) = 20		5.5%	
ARGILES	LIMONS	SABLE FIN	GROS SABLE	GRAVIERS	CAILLOUX				



	Affaire : THEMELIA Projet de Maison Campus - 81100 CASTRES A 17 EA 104175			Date : 26/06/2017 Sondage : P3 Profondeur : 2,00 m Nature : Argile Sableuse					
	ANALYSE GRANULOMETRIQUE								
Facteurs correcteurs :		Densimètre :		Eprouvette :	Passant à 50mm:	Passant à 2mm:	Passant à 80µ :	Passant à 2µ:	GTR
Ct : 0.00030 Cm : -0.00010 Cd : -0.00010		H0 : 0.1350 H1 : 0.00312		h1 : 0.1359 Vd : 0.00004	Vs : 0.0020 A : 0.0050	100 T °C	94.9% IP= 18	63.7% W NAT	A2s
					19.0	D Max (mm) = 10		14.5%	
ARGILES	LIMONS	SABLE FIN	GROS SABLE	GRAVIERS	CAILLOUX				



Annexe 2 : Eléments pour le dimensionnement d'un réseau à partir de la méthode rationnelle.

Méthode rationnelle

Elle permet tout au long du calcul de rationaliser les résultats et de dégager les meilleures caractéristiques du projet à retenir. Le principe est la détermination d'un temps de concentration en surface sur le bassin élémentaire, puis d'un temps de concentration dans le réseau et d'additionner les deux pour la définition du débit global. Cette méthode est due à Thomas J. Mulvaney, ingénieur irlandais, en 1851.

Calcul du débit de pointe Q_p en m^3/s

Le débit de pointe est calculé, en fonction d'une période de retour T , au niveau de l'exutoire du bassin versant : $Q_p = K \cdot C \cdot i \cdot A$

avec

- K un facteur de conversion des unités ; $K = 0.167$ pour les unités précisées ci-après
- C le coefficient de ruissellement du bassin $0 < C < 1$ qui intègre la perméabilité du sol, l'influence de la topo, l'urbanisation du versant, etc.
- i l'intensité moyenne de la pluie sur une période de retour T en fonction du temps de concentration le plus élevé du bassin t_c . $t_c = t_s + t_r$ respectivement les temps de surface t_s et dans le réseau t_r .
- A la surface du bassin exprimée en hectare (ha)

Coefficient de ruissellement		
Nature de la surface	Valeur mini	Valeur maxi
Pavage, chaussée revêtues, pistes ciment	0.70	0.95
Toitures et terrasses	0.75	0.95
Sols imperméables avec végétation	0.13	0.35
Sols perméables avec végétations	0.05	0.20

Intensité moyenne de la pluie en mm/min

On la calculera à partir des coefficients de Montana a et b : $i = a \cdot t_c^b$

avec

Intensité de la pluie					
Ville	Période de retour en année	Intervalles des durées d'averses			
		6 mn à 30 mn		30 mn à 3 h	
		a	b	a	b
Castre	5	3.896	-0.459	9.325	-0.714
	10	4.793	-0.467	11.962	-0.728
	20	5.809	-0.475	15.033	-0.74
	30	6.387	-0.476	17.214	-0.748

Temps de concentration en surface en minutes

Calculé à partir de la formule de Kirpich $t_s = 0.0195 \cdot F \cdot L^{0.77} \cdot I^{-0.385}$

avec :

- F un facteur de variation suivant la nature des sols
- L la longueur du plus long cheminement de l'eau en surface en m
- I la pente moyenne de l'écoulement de l'eau

Facteur de variation	
Nature du Sol	F
Bâtiment	0.2
Voirie	0.4

Temps de concentration dans le réseau en minutes

Le temps de concentration dans le réseau est défini par $t_r = L / (60 \cdot r_v \cdot V_{PS})$

avec

- r_v le rapport de la vitesse effective à la vitesse pleine section $r_v = V_p / V_{PS}$ qui est défini à partir de r_Q
- V_p et V_{PS} les vitesses effectives et pleine section dans la canalisation en m/s
- r_Q le rapport du débit effectif au débit pleine section $r_Q = Q_p / Q_{PS}$
- Q_p et Q_{PS} les débits effectif et pleine section dans la canalisation en m^3/s
- L la longueur du parcours dans le réseau en m

Dimensionnement de la canalisation

Diamètre du tuyau en m

Sachant que l'on utilise en EP des tuyaux d'un diamètre mini $D_{min} = 300 \text{ mm}$ le choix de ce tuyau est

établi à partir du calcul de son rayon $r = \left(\left(\frac{Q_p}{K \cdot \pi \cdot I^2} \right) \cdot 2^{\frac{2}{3}} \right)^{3/8}$

avec

- K le coefficient de rugosité de la canalisation ($K = 120$ pour du PVC et $K = 90$ pour des canalisations en béton)
- I la pente de la canalisation

Débit pleine section en m^3/s

Le débit pleine section se calcule avec $Q_{PS} = K \cdot S \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$

avec

- K le coefficient de rugosité de la canalisation
- I la pente de la canalisation
- S la section mouillée en m^2
- R_h le rayon hydraulique en m : $R_h = \frac{\text{Surface}}{\text{Périmètre mouillé}}$

Vérification de la canalisation

En vue de la réalisation de réseaux « autocureurs », la pente des ouvrages devrait permettre pour des débits pluviaux atteints assez fréquemment, l'entraînement des sables.

On tend vers la satisfaction de ces conditions dans les ouvrages calculés pour l'évacuation du ruissellement de fréquence décennale en y réalisant :

- des vitesses de l'ordre de $v = 0,6 \text{ m/s}$ pour $Q_p = \frac{Q_{PS}}{10}$
- et $v = 0,3 \text{ m/s}$ pour $Q_p = \frac{Q_{PS}}{100}$.

Ces limites sont respectées toutes deux avec des vitesses à pleine section de l'ordre de 1 mètre par seconde dans des canalisations circulaires.

On rappelle que la vitesse d'écoulement est limitée à : $0,6 \text{ m/s} < v < 3 \text{ m/s}$

Diamètre extérieur (mm)	Épaisseur mini ⁽¹⁾ (mm)	Longueur* (m)	Nombre de tubes par palette	Nombre de mètres par palette	Conditionnement
110	3,7	3	51	153	Palette
125	3,9	3	53	159	Palette
160	5,0	3	44	132	Palette
200	6,3	3	32	96	Palette
250	7,8	3	18	54	Palette
315	9,8	3	10	30	Palette
400	12,3	3	5	15	Palette
500	15,0	3	4	12	Palette

*Longueur hors tout, emboîture comprise.

(1) A titre indicatif

Annexe 3 : Extrait Fascicule 70 et doc blindage de fouille

V.6.3 Dimensions des tranchées

La largeur retenue est telle qu'il soit aisé d'y placer les tuyaux et autres éléments, d'y réaliser les assemblages, et d'y effectuer convenablement les remblais autour de la canalisation. La largeur de tranchée minimale, au fond de fouille, y compris les blindages est déterminée en fonction de :

- de la profondeur de la tranchée ;
- du type de blindage employé ;
- du diamètre nominal du tuyau ;
- du diamètre extérieur.

Profondeur de tranchée (m)	Type de blindage	Largeur de tranchée (m) De+2l	Largeur de tranchée (m) De+2l
		DN ≤ 600	DN > 600
de 0,00 à 1,30	S	De + 2 x 0,30 (mini 0,90)	De + 2 x 0,40 (mini 1,70)
de 0,00 à 1,30	C	De + 2 x 0,35 (mini 1,10)	De + 2 x 0,45 (mini 1,80)
de 1,30 à 2,50	C	De + 2 x 0,55 (mini 1,40)	De + 2 x 0,60 (mini 1,90)
de 1,30 à 2,50	CSG	De + 2 x 0,60 (mini 1,70)	De + 2 x 0,65 (mini 2,00)
de 2,50 à 3,50	CR	De + 2 x 0,55 (mini 1,70)	De + 2 x 0,60 (mini 2,10)
de 2,50 à 3,50	CSG	De + 2 x 0,60 (mini 1,80)	De + 2 x 0,65 (mini 2,10)
de 2,50 à 3,50	CDG	De + 2 x 0,65 (mini 1,90)	De + 2 x 0,70 (mini 2,20)
De 3,5 à 5,50	CDG	De + 2 x 0,65 (mini 2,00)	De + 2 x 0,70 (mini 2,30)
≥ 5,50	CDG	De + 2 x 0,70 (mini 2,10)	De + 2 x 0,80 (mini 260)

Ces valeurs vont au-delà des minimums prescrits par l'EN 1610 principalement pour l'amélioration des conditions de travail et de la qualité du compactage. Les largeurs de tranchée données par ce tableau respectent les minimums prescrits par la norme EN 1610.

Légende :

De = diamètre extérieur de la canalisation.

DN = diamètre nominal ou intérieur.

S = sans blindage.

C = caisson : constitué d'une cellule comprenant 2 panneaux métalliques à structure légère et 4 vérins. Il sera utile de vérifier la cohérence entre l'objectif de compactage défini au CCTP et le module de calcul équivalent retenu pour le dimensionnement.

CR = caisson avec rehausse : constitué d'une cellule de base avec rehausse, comprenant chacune deux panneaux métalliques à structure renforcée ; 4 vérins pour la cellule de base ; 2 vérins pour la rehausse clavetée dans la cellule de base.

CSG = couissant simple glissière : constitué d'une cellule comprenant 2 panneaux métalliques couissant dans les portiques d'extrémité. Chaque portique est constitué de 2 poteaux métalliques à simple glissière boutonnés par des vérins.

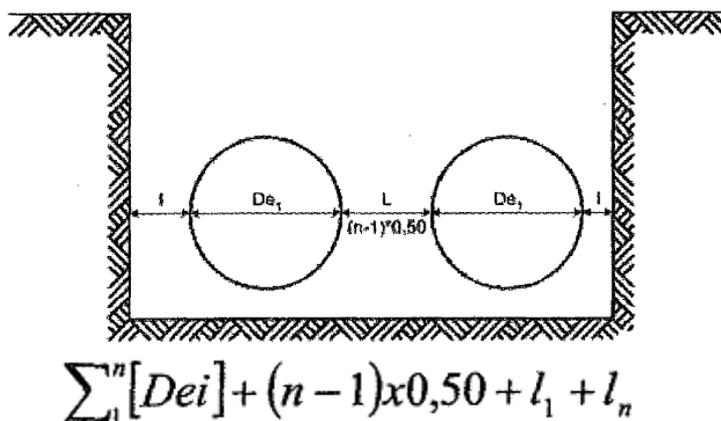
CDG = couissant double glissière : constitué d'une cellule comprenant 2 ou 4 panneaux métalliques et une ou 2 rehausse couissant dans les portiques d'extrémité. Chaque portique est constitué de 2 poteaux métalliques à double glissière boutonnés par des vérins. Si la largeur minimale de tranchée au fond de fouille ne peut pas être respectée et que le CCTP définit un objectif de compactage une solution consiste à utiliser un matériau auto-compactant lié, une gravette ou à réaliser un serrage hydraulique. Il en va de même si un espace de 0,50 m ne peut être respecté de part et d'autre des regards. Si, pour des raisons d'encombrement, les largeurs minimales ne peuvent être respectées, il conviendra de procéder à une étude particulière de faisabilité (pose, compactage, calcul, profil en

long,...). Si la tranchée est prévue pour recevoir plusieurs canalisations, la largeur au fond entre blindages, s'ils existent, est la largeur précisée dans la formule ci-après. Néanmoins une distance minimale de 0,10 m sera nécessaire entre les diamètres extérieurs des tuyaux et les parois extérieures des éléments de regards.

Le profil des tranchées à ouvrir est en principe laissé au choix des entrepreneurs, dans les limites fixées par les autorisations de voirie, les autorisations de passage sur les propriétés privées, ainsi que par le décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 relatif à l'hygiène et la sécurité des travailleurs.

V.6.5 Conditions particulières d'exécution

Si la tranchée est prévue **pour recevoir n canalisations**, la largeur au fond entre blindages, s'ils existent, est au moins égale à la somme des valeurs ci-après :



La longueur maximale des fouilles qui peuvent rester ouvertes doit être précisée dans le CCTP. Les types de blindage non évoqués demanderont une étude particulière.

V.6.4 Dimension des fouilles pour regards

La dimension des fouilles pour regards et boîtes de branchement est égale à la dimension extérieure de l'ouvrage augmentée de 0,50 m de part et d'autre.

V.11 Remblaiement et compactage

Après pose des tuyaux et autres éléments ou réalisation des ouvrages coulés en place, le remblaiement est entrepris suivant les modalités indiquées ci-après. On distingue dans le remblaiement : La zone de remblai proprement dit 1, composée des parties inférieure et supérieure du remblai. La zone d'enrobage 2 constituée par :

- le lit de pose
- l'assise,
- le remblai latéral,
- le remblai initial d'une hauteur minimale de 0.10 m au-dessus du collet et de 0.15 m au-dessus de la génératrice supérieure.

et le sol en place 3.

V.11.1 Réalisation du lit de pose

Sauf dispositions contraires du CCTP, le fond des tranchées est arasé à **0,10 m au moins au-dessous de la cote prévue pour la génératrice inférieure** extérieure de la canalisation. Sur cette épaisseur, sous réserve des stipulations de l'article V.2.1, un lit de pose est constitué de matériaux ne contenant pas d'élément de diamètre supérieur à ceux indiqués dans le tableau 1 du chapitre II. Un lit de pose sera réalisé sous l'ensemble des éléments préfabriqués. En cas de risque d'entraînement de fines issues du sol environnant, il est nécessaire d'envelopper le lit de pose par un filtre géosynthétique. La classification des matériaux est à consulter en annexe B. Le lit de pose est dressé suivant la pente prévue au projet. La surface est dressée et tassée pour que le tuyau ne repose sur

aucun point dur ou faible ; si le profil des assemblages les rend nécessaires, des niches sont aménagées dans le lit de pose.

V.11.2 Exécution de la zone d'enrobage 2

Les précautions prises pour l'exécution de l'assise et du remblai de protection correspondent aux hypothèses retenues pour le choix des tuyaux dans le chapitre IV du présent fascicule. Ces précautions sont justifiées pour la bonne conservation des ouvrages. Afin d'assurer à la canalisation une assise qui ne sera pas décomprimée par la suite, il convient de réaliser l'assise, après relevage partiel des blindages, s'ils existent.

L'exécution de l'assise et des remblais de protection est effectuée avec tous matériaux (sable, gravier, tout venant, etc.) agréés par le maître d'œuvre, compatibles avec les caractéristiques des tuyaux. L'étude géotechnique précisera si les matériaux extraits peuvent être réutilisés. L'entrepreneur applique les conditions de retrait du blindage fixées dans le CCTP. Cette situation peut se produire, par exemple, en cas de mauvaise tenue du terrain et/ou lorsque les blindages ne peuvent être relevés partiellement.

V.11.2.1 Exécution de l'assise

Sauf cas particuliers indiqués dans le CCTP, au-dessus du lit de pose et jusqu'à la hauteur de l'axe de la canalisation, le matériau de remblai est tassé sous les flancs de la canalisation et compacté de façon à éviter tout mouvement de celle-ci et à lui constituer l'assise prévue. Si l'assise peut être amenée à une décompression, le maître d'œuvre apprécie l'importance de cette décompression et en tient compte en fonction de la résistance des tuyaux pour adapter éventuellement le choix des matériaux constitutifs de l'assise.

V.11.2.2 Exécution du remblai de protection (latéral et initial)

Au-dessus de l'assise, le remblai et son compactage sont poursuivis, par couches successives, symétriquement puis uniformément, jusqu'à une hauteur d'au moins 0,10 m au-dessus du collet et 0,15 m au-dessus de la génératrice supérieure de l'assemblage (manchon, collerette,...), de façon à parfaire l'enrobage. Pour la réalisation du remblai initial et du remblai proprement dit, l'entrepreneur prévoit une hauteur de protection tenant compte de la puissance des engins de compactage afin de préserver l'intégrité de la canalisation.

Blindage de tranchée E+S / Caissons de blindage à étaieement latéral

Blindage léger LBR



Blindage léger

Longueur de la travée	2,00 m - 3,50 m
Hauteur élément de base	1,60 m / 1,95 m / 2,25 m / 2,40 m
Hauteur élément rehausse	0,96 m / 1,32 m
Hauteur libre sous étré sillons	0,81 m / 1,16 m / 1,19 m / 1,34 m
Poids	745 kg - 1540 kg

De petits modèles aux grandes performances :

Deux hauteurs de panneaux de base - 1,60 m et 1,95 m - permettent de couvrir l'ensemble des utilisations dans le domaine des travaux de pose de canalisations et câbles en centre ville, qu'il s'agisse d'électricité, de gaz ou d'eau.

Le plus petit système de caissons :

L'argument important en faveur de ces petits caissons est la compatibilité avec l'ensemble des matériels. Les blindages légers 160 et 195 sont les plus petits et les plus légers du programme de blindage E+S qui puissent être équipés du système performant d'étaieement.

Blindage léger 240 - le plus grand des petits :

Avec un panneau de base de hauteur 2,40 m pour une profondeur de fouille maximale de 4,00 m, ce caisson de blindage constitue la limite supérieure de la catégorie blindages légers de E+S.

Mise en place en fonction des exigences :

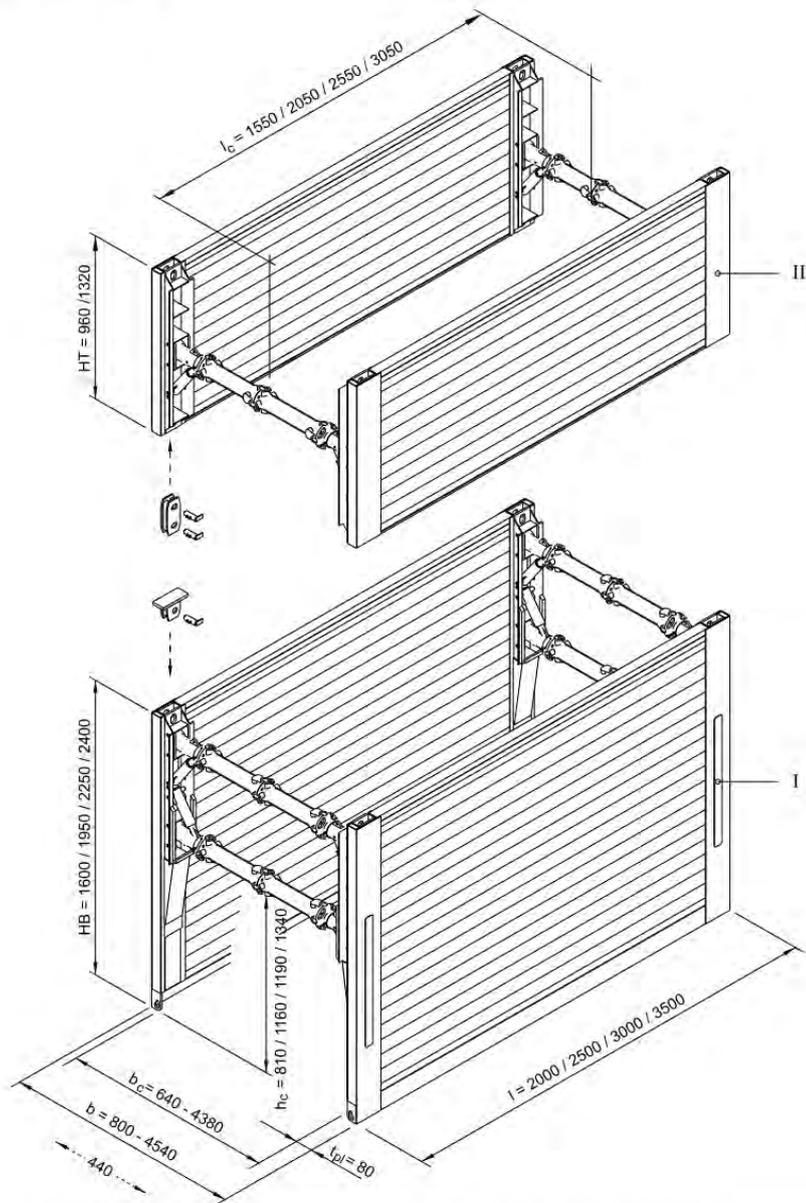
Selon les exigences statiques et en fonction des particularités du chantier, le blindage léger 240 est mis en place après excavation de la fouille ou par havage.

Le plus haut de sa catégorie :

Le panneau de base de H 2,40 m est proposé en quatre longueurs: 2,00 m, 2,50 m, 3,00 m et 3,50 m. La hauteur libre sous étais est de 1,34 m pour toutes les longueurs. Le système d'étaieement des blindages E+S, dont le réglage s'effectue en continu de 0,81 à 4,55 m, avec les rallonges de longueur 0,55 m mises bout à bout.

Blindage de tranchée E+S / Caissons de blindage à étaieement latéral

Blindage léger LBR



- I Élément de base
- II Élément rehausse
- HB Hauteur élément de base
- HT Hauteur élément rehausse
- l Longueur

- l_c Longueur libre entre étrépillons
- b Largeur du blindage / tranchée
- b_c Largeur utile
- h_c Hauteur libre sous étrépillons
- t_{pl} Epaisseur du panneau

Blindage léger

(Toutes les cotes en mm)

Blindage de tranchée E+S / Caissons de blindage à étaieement latéral

Blindage léger LBR

Eléments de base (Hauteur 1,60 m)

No. Art.	l [m]	t _{pl} [m]	h _c [m]	l _c [m]	G / VP [kg]	G / Box [kg]	A [m ²]	eh [kN/m ²]
801 455	2,00	0,08	0,81	1,55	372,5	745,0	3,20	70,5
801 505	2,50	0,08	0,81	2,05	420,0	840,0	4,00	50,9
801 568	3,00	0,08	0,81	2,55	502,3	1.004,5	4,80	34,0
801 578	3,50	0,08	0,81	3,05	538,0	1.076,0	5,60	24,3

Eléments de base (Hauteur 1,95 m)

No. Art.	l [m]	t _{pl} [m]	h _c [m]	l _c [m]	G / VP [kg]	G / Box [kg]	A [m ²]	eh [kN/m ²]
801 475	2,00	0,08	1,16	1,55	422,5	845,0	3,90	58,3
801 525	2,50	0,08	1,16	2,05	477,5	955,0	4,88	46,6
801 565	3,00	0,08	1,16	2,55	548,0	1.096,0	5,85	34,0
801 575	3,50	0,08	1,16	3,05	617,5	1.235,0	6,83	24,3

Eléments de base (Hauteur 2,25 m)

No. Art.	l [m]	t _{pl} [m]	h _c [m]	l _c [m]	G / VP [kg]	G / Box [kg]	A [m ²]	eh [kN/m ²]
801 015	2,00	0,08	1,19	1,55	515,0	1.030,0	4,50	61,1
801 055	2,50	0,08	1,19	2,05	593,5	1.187,0	5,63	48,9
801 105	3,00	0,08	1,19	2,55	627,5	1.255,0	6,75	34,0
801 108	3,50	0,08	1,19	3,05	730,0	1.460,0	7,88	24,3

Eléments de base (Hauteur 2,40 m)

No. Art.	l [m]	t _{pl} [m]	h _c [m]	l _c [m]	G / VP [kg]	G / Box [kg]	A [m ²]	eh [kN/m ²]
801 210	2,00	0,08	1,34	1,55	550,0	1.100,0	4,80	50,6
801 215	2,50	0,08	1,34	2,05	635,0	1.270,0	6,00	40,5
801 220	3,00	0,08	1,34	2,55	675,0	1.350,0	7,20	34,0
801 110	3,50	0,08	1,34	3,05	770,0	1.540,0	8,40	24,3

Eléments rehausses (Hauteur 0,96 m)

No. Art.	l [m]	t _{pl} [m]	h _c [m]	l _c [m]	G / VP [kg]	G / Box [kg]	A [m ²]	eh [kN/m ²]
801 595	2,00	0,08	-	1,55	278,3	556,5	1,92	70,5
801 625	2,50	0,08	-	2,05	316,7	633,3	2,40	50,9
801 665	3,00	0,08	-	2,55	356,5	712,9	2,88	34,0
801 675	3,50	0,08	-	3,05	395,2	790,3	3,36	24,3

Eléments rehausses (Hauteur 1,32 m)

No. Art.	l [m]	t _{pl} [m]	h _c [m]	l _c [m]	G / VP [kg]	G / Box [kg]	A [m ²]	eh [kN/m ²]
801 628	2,00	0,08	-	1,55	340,5	681,0	2,64	70,5
801 630	2,50	0,08	-	2,05	390,9	781,8	3,30	50,9
801 635	3,00	0,08	-	2,55	407,9	815,8	3,96	34,0
801 680	3,50	0,08	-	3,05	430,0	860,0	4,62	24,3

Entretoises

No. Art.	Description rapide	l [m]	G [kg]
850 112	Entretoise HEB 180	0,275	28,0
850 110	Entretoise HEB 180	0,550	43,0
850 124	Entretoise HEB 180	1,100	70,0
850 132	Entretoise HEB 180	1,650	100,0
850 135	Entretoise HEB 180	2,200	130,0
850 105	Entretoise HEB 220	0,275	40,0
850 115	Entretoise HEB 220	0,550	58,0

Blindage de tranchée E+S / Caissons de blindage à étalement latéral

Annexe 4 : Extrait NF EN 1991-1-3 : Partie 1-3 - Charges de neige

1.3 Hypothèses

Les indications et les hypothèses données dans l'EN 1990 :2002, 1.3 s'appliquent à la présente norme.

1.4 Distinction entre Principes et Règles d'Application

Les règles données dans l'EN 1990 :2002, 1.4 s'appliquent à la présente norme.

1.5 Dimensionnement assisté par l'expérimentation

Dans certaines circonstances, des essais et des méthodes numériques reconnues et/ou dûment validées peuvent être utilisés pour déterminer les charges de neige sur la construction.

NOTE

Les circonstances sont celles convenues, pour un projet individuel, avec le client et l'autorité responsable.

1.6 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme européenne, les définitions données dans l'EN 1990 :2002, 1.5 s'appliquent, ainsi que les suivantes.

1.6.1 valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol

valeur déterminée sur la base d'une probabilité qu'elle soit dépassée sur une période d'un an (hors cas de neige exceptionnelle) égale à 0,02

1.6.2 altitude du site

hauteur, au dessus du niveau moyen de la mer, du site où la construction est prévue ou existe déjà

1.6.3 charge de neige au sol exceptionnelle

poids de la couche de neige au sol résultant d'une chute de neige dont la survenance est considérée comme exceptionnellement rare

1.6.4 valeur caractéristique de la charge de neige sur la toiture

valeur caractéristique qui s'obtient en appliquant à la valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol des coefficients multiplicateurs appropriés

NOTE

Ces coefficients sont choisis de telle sorte que la probabilité de la valeur ainsi obtenue pour la charge de neige sur la toiture n'excède pas celle de la valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol.

1.6.5 charge de neige sur la toiture en l'absence d'accumulation

disposition de charge selon laquelle la charge de neige, parvenant uniformément répartie sur la toiture, dépend seulement de la forme de celle-ci, avant toute redistribution due à d'autres actions climatiques

1.6.6 charge de neige sur la toiture après accumulation

disposition de charge décrivant la répartition de la charge de neige sur la toiture après un déplacement provoqué par exemple par le vent

1.6.7 coefficient de forme pour la charge de neige sur la toiture

rapport de la charge de neige sur la toiture à la charge de neige sur le sol avant accumulation et sans tenir compte de l'influence de l'exposition ni des effets thermiques

1.6.8 coefficient thermique

coefficient tenant compte de la réduction du poids de la neige en fonction du flux de chaleur au travers de la toiture, lequel engendre une fonte de la neige

1.6.9 coefficient d'exposition

coefficient définissant la réduction ou l'augmentation de la charge sur la toiture d'un bâtiment non chauffé, comme une fraction de la charge caractéristique de neige sur le sol

1.6.10 charge due à une accumulation exceptionnelle de neige

disposition de charge qui décrit la charge de la couche de neige sur la toiture résultant d'une redistribution exceptionnellement rare de la neige déposée

NOTE

Voir 2(4).

1.7 Symboles

(1) Pour les besoins de la présente Norme européenne, les symboles suivants s'appliquent.

(2) Une liste des notations de base est donnée dans l'EN 1990 :2002, 1.6 ; les notations supplémentaires ci-après sont spécifiques à la présente norme.

Lettres latines majuscules

- C_e Coefficient d'exposition
- C_t Coefficient thermique
- C_{esl} Coefficient pour charges de neige exceptionnelles
- A Altitude du site au dessus du niveau de la mer [m]
- S_e Charge de la neige en surplomb, par mètre [kN/m]
- F_s Force exercée par une masse de neige qui glisse, par mètre [kN/m]

Lettres latines minuscules

- b Largeur de la construction [m]
- d Epaisseur de la couche de neige [m]
- h Hauteur de la construction [m]
- k Coefficient utilisé pour prendre en compte l'irrégularité de la forme de la neige suspendue en débord d'une toiture (voir aussi 6.3)
- l_s Longueur de la congère ou de la zone chargée de neige [m]
- s Charge de neige sur une toiture [kN/m²]
- s_k Charge caractéristique de neige sur le sol à l'emplacement considéré [kN/m²]
- s_{Ad} Valeur de calcul de la charge exceptionnelle de neige sur le sol [kN/m²]

Lettres majuscules grecques

- α Angle de la pente du toit sur l'horizontale [°]
- β Angle de la tangente à la courbure d'un toit cylindrique avec l'horizontale [°]
- γ Poids volumique de la neige [kN/m³]
- μ Coefficient de forme de la charge de neige
- ψ_0 Facteur pour la valeur de combinaison d'une action variable
- ψ_1 Facteur pour la valeur fréquente d'une action variable
- ψ_2 Facteur pour la valeur quasi-permanente d'une action variable

2 Classification des actions de la neige

(1) P Les charges de neige doivent être classées comme actions variables fixes (voir aussi 5.2), sauf lorsqu'il en est spécifié autrement dans la présente norme, voir l'EN 1990 :2002, 4.1.1 (1)P et 4.1.1 (4).

(2) Les charges de neige considérées dans la présente norme doivent être classées comme des actions statiques, voir l'EN 1990 :2002, 4.1.1 (4) .

(3) Conformément à l'EN 1990 :2002, 4.1.1 (2) , dans le cas particulier défini en 1.6.3 , les charges exceptionnelles de neige peuvent être traitées comme actions accidentelles.

NOTE

L'Annexe Nationale peut donner les conditions d'application de la présente clause (qui peuvent dépendre de la situation géographique).

(4) Conformément à l'EN 1990 :2002, 4.1.1 (2) , dans le cas particulier défini en 1.6.10 , les charges dues à des accumulations exceptionnelles de neige peuvent être traitées comme actions accidentelles.

NOTE

L'Annexe Nationale peut donner les conditions d'application de la présente clause (qui peuvent dépendre de la situation géographique).

3 Situations de projet

3.1 Généralités

- (1) P Les charges de neige doivent être déterminées pour chaque situation de projet identifiée, conformément à l'EN 1990 :2002, 3.5 .
- (2) Pour les effets locaux décrits dans la Section 6 il convient de considérer selon le cas la situation de projet comme durable ou comme transitoire.

3.2 Conditions normales

Pour les sites où des chutes exceptionnelles de neige (voir 2 (3)) et des accumulations exceptionnelles (voir 2 (4)) sont improbables, il convient de considérer selon le cas la situation de projet comme durable/transitoire, aussi bien pour les dispositions de charge de neige sans accumulation que pour les dispositions avec accumulation, déterminées selon 5.2 (3)P a) et 5.3 .

NOTE

Voir le cas A de l' Annexe A .

3.3 Conditions exceptionnelles

- (1) Pour les sites où peuvent se produire des chutes exceptionnelles de neige (voir 2 (3)), mais pas d'accumulations exceptionnelles (voir 2 (4)), on appliquera ce qui suit :
- a il convient de considérer la situation de projet comme durable/transitoire pour les cas de charge de neige sans et avec accumulation déterminés selon 5.2 (3)P a) et 5.3 ;
 - b il convient de considérer la situation de projet comme accidentelle pour les cas de charge de neige sans et avec accumulation déterminés selon 4.3 , 5.2 (3)P b) et 5.3 .

4 Charges de neige sur le sol

4.1 Valeurs caractéristiques

- (1) Il convient de déterminer la valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol (s_k) conformément à l'EN 1990 :2002, 4.1.2(7)P et à la définition de la charge de neige caractéristique sur le sol donnée en 1.6.1 .

NOTE 1

L'Annexe Nationale spécifie les valeurs caractéristiques à utiliser. Pour des conditions locales inhabituelles, l'Annexe Nationale peut de plus autoriser, pour un projet particulier, le client et l'autorité correspondante à s'entendre sur une valeur caractéristique différente.

NOTE 2 L' Annexe C donne la carte européenne de charge de neige au sol résultant d'études commandées par la DGIII/D 3 de Bruxelles. L'Annexe Nationale peut se référer à cette carte pour éliminer ou réduire les incompatibilités apparaissant aux frontières entre les pays.

- (2) Dans certains cas où des données plus précises sont nécessaires, la valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol s_k peut être affinée à l'aide d'une analyse statistique appropriée de relevés sur longue période effectués dans une zone bien protégée proche du site considéré.

NOTE 1

L'Annexe Nationale peut donner des recommandations complémentaires à ce sujet.

NOTE 2 En raison de la variabilité habituellement considérable du nombre des valeurs maximales d'hiver relevées, des relevés sur moins de 20 ans ne seront généralement pas appropriés.

- (3) Lorsque pour certains sites les relevés de charge de neige montrent des valeurs exceptionnelles isolées qui ne peuvent pas être traitées par les méthodes statistiques usuelles, il convient de déterminer les valeurs caractéristiques sans tenir compte de ces valeurs exceptionnelles. Les valeurs exceptionnelles peuvent être traitées, en dehors des méthodes statistiques usuelles, conformément au 4.3 ci-après.

4.2 Autres valeurs représentatives

(1) Conformément à l'EN 1990 :2002, 4.1.3, les autres valeurs représentatives pour la charge de neige sur la toiture sont les suivantes :

- valeur de combinaison ψ_0
- valeur fréquente ψ_1
- valeur quasi-permanente ψ_2

NOTE

Les valeurs de ψ peuvent être établies par l'Annexe Nationale de l'EN 1990 :2002. Les valeurs recommandées pour les coefficients ψ_0 , ψ_1 et ψ_2 pour les bâtiments dépendent du site et sont celles du Tableau A1.1 de l'EN 1990 :2002 ou du tableau ci-dessous, où l'information donnée en ce qui concerne les charges de neige est identique :

Régions	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Finlande, Islande, Norvège, Suède	0,70	0,50	0,20
Autres pays membres du CEN, pour les sites dont l'altitude est supérieure à 1 000 m au-dessus du niveau de la mer	0,70	0,50	0,20
Autres pays membres du CEN, pour les sites dont l'altitude est inférieure ou égale à 1 000 mètres au-dessus du niveau de la mer	0,50	0,20	0,00

Tableau 4.1 Valeurs recommandées des coefficients ψ_0 , ψ_1 et ψ_2 pour les bâtiments

4.3 Traitement des charges exceptionnelles de neige sur le sol

Pour les sites où des charges exceptionnelles de neige sur le sol peuvent survenir, ces charges peuvent être déterminées par :

$$s_{Ad} = C_{esl} s_k$$

où :

s_{Ad} est la valeur de calcul de la charge exceptionnelle de neige sur le sol pour le site considéré ;

C_{esl} est le coefficient pour les charges exceptionnelles de neige ;

s_k est la valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol pour le site considéré.

NOTE

(Amendement A1) « Le coefficient C_{esl} et les lieux de son application peuvent être fixés par l'Annexe Nationale. La valeur recommandée pour C_{esl} est de 2,0 (voir aussi 2(3)). »

5 Charges de neige sur les toitures

5.1 Nature de la charge

(1) P Le calcul doit tenir compte du fait que la neige peut être distribuée de nombreuses manières différentes sur une toiture.

(2) Parmi les facteurs qui influencent ces différentes distributions, il y a :

- a la forme de la toiture ;
- b ses propriétés thermiques ;
- c la rugosité de la surface ;
- d la quantité de chaleur générée en dessous ;
- e la proximité d'autres bâtiments ;
- f le terrain environnant ;
- g les conditions météorologiques locales, en particulier l'importance des vents, les variations de température et la fréquence des précipitations (de pluie ou de neige).

5.2 Dispositions de charge

(1) P On doit prendre en compte les deux dispositions de charge fondamentales suivantes :

- la charge de neige sur la toiture sans accumulation (voir 1.6.5) ;
- la charge de neige accumulée sur la toiture (voir 1.6.6).

(2) (*Amendement A1*) « Les dispositions de charges doivent être déterminées en utilisant 5.3, et les dispositions appropriées lorsqu'elles sont spécifiées conformément à 3.3 quand des accumulations de neige exceptionnelles sont susceptibles de se produire.

NOTE

L'Annexe Nationale peut préciser les dispositions de charge pour les accumulations de neige exceptionnelles ou d'utiliser l'annexe B pour les formes de toit décrites dans 5.3.4, 5.3.6 et 6.2, qui normalement s'appliquent aux sites où la neige fond et disparaît habituellement entre les épisodes neigeux successifs et où un vent modéré à fort souffle pendant chaque épisode neigeux. »

(3) P Les charges de neige sur les toitures doivent être déterminées comme suit :

- a pour les situations de projet durables/transitoires :

$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

- b pour les situations de projet accidentelles dans lesquelles l'action accidentelle est la charge de neige exceptionnelle (sauf pour les cas définis en c) ci-dessous) :

$$s = \mu_i C_e C_f s_{Ad}$$

NOTE

Voir 2(3).

- c (*Amendement A1*) « pour les situations de projet accidentelles où une accumulation de neige exceptionnelle est l'action accidentelle » :

$$s = \mu_i s_k$$

NOTE

Voir 2(4).

où :

- (*Amendement A1*) « μ_i est le coefficient de forme pour la charge de neige (voir 5.3) » ;
- s_k est la valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol ;
- s_{Ad} est la valeur de calcul de la charge exceptionnelle de neige sur le sol pour un site donné (voir 4.3) ;
- C_e est le coefficient d'exposition ;
- C_t est le coefficient thermique.

- (4) Il convient de considérer la charge comme s'exerçant verticalement, et de la rapporter à une projection horizontale de la surface de la toiture.
- (5) Si l'enlèvement (ou une redistribution artificielle) de la neige est prévu, la toiture devra être calculée pour des dispositions de charge adaptées.

NOTE 1

Les dispositions de charge définies dans cette Section correspondent seulement à des dépôts naturels.

NOTE 2 Des précisions supplémentaires peuvent être données dans l'Annexe Nationale.

- (6) Dans les régions où des pluies sur la neige peuvent provoquer des fontes suivies de gel, il convient d'augmenter les charges de neige sur les toitures, en particulier si la neige et la glace peuvent bloquer le système de drainage de la toiture.

NOTE

Des précisions supplémentaires peuvent être données dans l'Annexe Nationale.

- (7) Il convient de tenir compte, dans le choix de la valeur de C_e , des développements futurs relatifs au site considéré.

NOTE

Les valeurs de C_e recommandées sont données dans le tableau ci-dessous. Des valeurs différentes peuvent être spécifiées dans l'Annexe Nationale en fonction de la topographie.

Topographie	C_e
<u>Site balayé par les vents</u> : zone plate, sans obstacles et exposée de tous côtés, pas ou peu protégée par le terrain, par des constructions plus élevées ou par des arbres	0,8
<u>Site normal</u> : zone où il n'y a pas de balayage important de la neige par le vent, à cause de la configuration du terrain, de la présence d'autres constructions ou d'arbres	1,0
<u>Site protégé</u> : zone où la construction considérée est beaucoup plus basse que le terrain environnant, ou entourée de grands arbres ou encore de constructions plus élevées	1,2

Tableau 5.1 Valeurs recommandées de C_e en fonction de la topographie

- (8) Il convient d'utiliser une valeur inférieure à 1 pour le coefficient thermique C_t lorsqu'il y a réduction des charges de neige sur les toitures - notamment certaines toitures vitrées - dotées d'une transmittance thermique élevée ($K > 1 \text{ W/m}^2$) en raison de la fonte de la neige sous l'effet de la chaleur. Pour tous les autres cas : $C_t = 1,0$.

NOTE 1

Une valeur réduite de C_t , basée sur les caractéristiques de transmission thermique du matériau de la toiture et sur la forme de la construction, pourra être autorisée par l'Annexe Nationale.

NOTE 2 D'autres indications peuvent être tirées de l'ISO 4355.

5.3 Coefficients de forme des toitures

5.3.1 Généralités

- (1) (*Amendement A1*) « L'article 5.3 donne les coefficients de forme des toitures pour les dispositions de charge de neige sans accumulation et avec accumulation pour tous les types de toiture considérés dans la présente norme, à l'exception des cas d'accumulation exceptionnelle de neige.

NOTE

là où les cas d'accumulation exceptionnelle de neige sont susceptibles de se produire (voir 3.3 et 5.2) l'Annexe Nationale peut préciser les dispositions de charge pour les accumulations de neige exceptionnelles ou l'utilisation de l'annexe B. »

- (2) Il convient de porter une attention particulière aux coefficients de forme à utiliser lorsque la toiture a une géométrie extérieure qui peut provoquer des augmentations significatives de la charge de neige par rapport à une toiture à profil linéaire.
- (3) Les coefficients pour les toitures de forme données en 5.3.2, 5.3.3 et 5.3.4 sont indiqués (*Amendement A1*) « dans le Tableau 5.2 ».

α (Angle du toit avec l'horizontale)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1(\alpha)$	$\mu_1(0^\circ) \geq 0,8$	$\mu_1(0^\circ) \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_2(\alpha)$	0,8	$0,8 \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_3(\alpha)$	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	—

Tableau 5.2 Coefficients de forme de la charge de neige

NOTE

L'Annexe Nationale peut spécifier la valeur de $\mu_1(0^\circ)$. La valeur recommandée est $\mu_1(0^\circ) = 0,8$.

5.3.2 Toitures à un seul versant

(1) (Amendement A1) « Le coefficient de forme $\mu_1(\alpha)$ qu'il convient d'utiliser pour les toitures à un seul versant est donné dans le Tableau 5.2 et la disposition de charge correspondante est représentée à la Figure 5.1. »

(2) Les valeurs données dans le Tableau 5.2 s'appliquent lorsque la neige n'est pas empêchée de glisser de la toiture. Toutefois lorsqu'il y a des barres à neige ou d'autres obstacles au déplacement de la neige ou encore lorsqu'il y a un acrotère en rive basse de la toiture, il convient de ne pas prendre pour le coefficient de forme μ_1 de valeur inférieure à 0,8.

(3) (Amendement A1) « Sauf spécification contraire pour le cas de charge avec accumulation pour des conditions locales/spécifiques, il convient d'utiliser la disposition de charge de la Figure 5.1 aussi bien pour les cas de charge sans accumulation qu'avec accumulation. »

NOTE

En se fondant sur les conditions locales ou spécifiques, l'Annexe Nationale peut spécifier une autre disposition de charge avec accumulation. »

(Amendement A1)

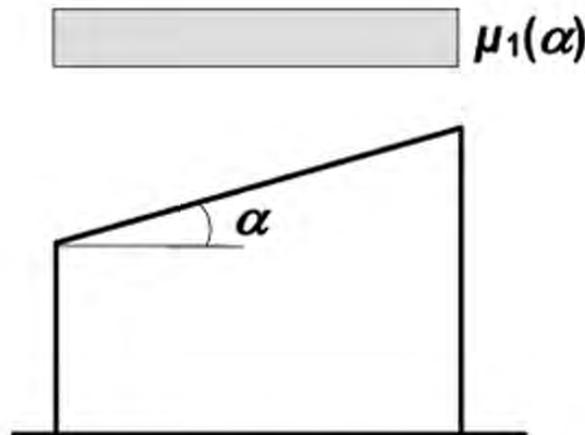


Figure 5.1 Coefficient de forme pour une toiture à versant unique

NF EN 1991-1-3/NA (mai 2007) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-3 + Amendement A1 (juillet 2011) (Indice de classement : P06-113-1/NA)

Clause 2(3)

Les charges exceptionnelles de neige sont traitées comme des actions accidentelles.

Clause 2(4)

Lorsque les spécifications particulières du projet individuel prescrivent de considérer le cas B3 des conditions exceptionnelles, les charges dues aux accumulations exceptionnelles sont traitées comme des actions accidentelles.

Clause 3.3(1) NOTE 2

Sauf indication contraire des spécifications particulières du projet individuel, il n'y a pas lieu, conformément au 6.1(2) de la norme, de considérer des charges exceptionnelles dans le cadre de l'application de la section 6.

Clause 4.1(1) NOTES 1 et 2

L'annexe à la présente norme donne la carte des valeurs caractéristiques à utiliser pour les diverses régions du territoire national. Cette carte, établie à partir de la carte européenne de l'Annexe C de la norme NF EN 1991-1-3 :2004, est complétée par la liste des circonscriptions administratives concernées. L'annexe donne également les formules permettant de calculer le supplément Δ_s de charge caractéristique au sol à considérer pour tenir compte des effets de l'altitude.

Lorsque des conditions locales particulières le justifient, les spécifications particulières du projet individuel peuvent fixer une valeur caractéristique différente.

Clause 4.1(2) NOTE 1

Il n'est pas permis d'utiliser une analyse statistique particulière pour fixer une valeur caractéristique de la charge de neige au sol inférieure à celle définie par la carte annexée à la présente norme.

Clause 4.2(1)

Le Tableau 4.1 est remplacé par le tableau suivant :

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Pour tous les sites dont l'altitude est supérieure à 1 000 mètres au dessus du niveau de la mer	0,70	0,50	0,20
Pour tous les sites dont l'altitude est inférieure à 1 000 mètres au dessus du niveau de la mer	0,50	0,20	0

Clause 4.3

Les valeurs de s_{Ad} sont données directement par la carte annexée à la présente norme. Il est rappelé que ces valeurs sont indépendantes de l'altitude.

Clause 5.2(5) NOTE 2

Les spécifications particulières du projet individuel peuvent fixer, le cas échéant, des dispositions de charge adaptées.

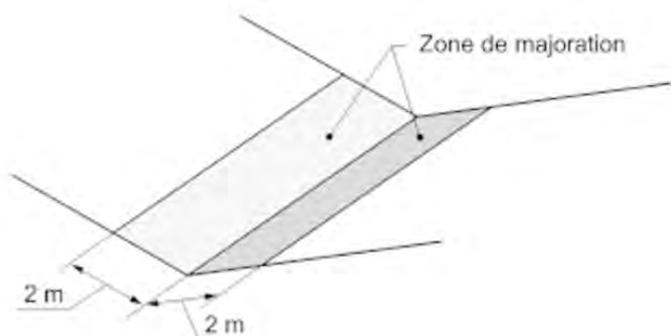
Clause 5.2(6)

Lorsque la toiture comporte des zones dont la pente vis-à-vis de l'écoulement de l'eau est inférieure à 3 %, il y a lieu, pour tenir compte de l'augmentation en cas de pluie de la densité de la neige résultant des difficultés d'évacuation de l'eau, de majorer la charge de neige sur ces zones de 0,2 kN/m².

La majoration doit être appliquée non seulement à la zone à faible pente considérée mais également sur une distance de 2 mètres dans toutes les directions au-delà de ses limites.

La figure ci-dessous montre les surfaces où appliquer la majoration dans le cas particulier d'une noue, lorsque la pente du fil d'eau à l'intersection est faible (inférieure à 3 %) et celle de chacun des deux versants supérieure ou égale à 3 %.

La zone à pente faible d'écoulement est en effet dans ce cas réduite à la ligne d'intersection, et les surfaces où appliquer la majoration sont uniquement celles correspondant à la distance des 2 mètres indiquée plus haut.



The diagram illustrates a roof ridge where the slope of the water flow line at the intersection is low (less than 3%), while the slopes of the two adjacent roof sections are high (3% or more). A shaded area, labeled 'Zone de majoration', is shown extending 2 meters from the ridge line on both sides, indicating the area where the snow load must be increased.

Clause 5.2(7)

Le Tableau 5.1 de la norme NF EN 1991-1-3 est remplacé par le tableau suivant :

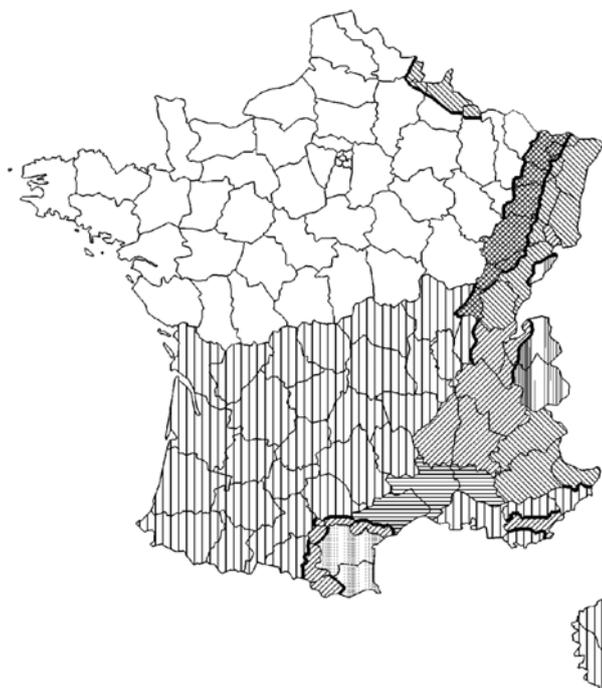
	C_e
Lorsque les conditions d'abri quasi permanentes des toitures dues aux bâtiments voisins conduisent à empêcher pratiquement le déplacement de la neige par le vent	1,25
Dans tous les autres cas	1,0

Clause 5.2(8) NOTE 1

Les bâtiments normalement chauffés étant systématiquement isolés, il convient de prendre C_t = 1,0 sauf spécifications particulières dûment justifiées du projet individuel.

Annexe (normative)

Carte des valeurs des charges de neige à prendre en compte sur le territoire national



Régions :	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Valeur caractéristique (S_k) de la charge de neige sur le sol à une altitude inférieure à 200 m :	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,90	1,40
Valeur de calcul (S_{Ad}) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol :	—	1,00	1,00	1,35	—	1,35	1,80	—
Loi de variation de la charge caractéristique pour une altitude supérieure à 200 :	Δs_1						Δs_2	

(charges en KN/m²)

Altitude A	Δs_1	Δs_2
de 200 à 500 m	$A/1000 - 0,20$	$1,5 A/1000 - 0,30$
de 500 à 1000 m	$1,5 A/1000 - 0,45$	$3,5 A/1000 - 1,30$
de 1000 à 2000 m	$3,5 A/1000 - 2,45$	$7 A/1000 - 4,80$

Annexe 5 : Extraits NF EN 1990

3 Actions

3.1 classification des actions

Les actions F agissant sur une structure donnée peuvent être partitionnées sous la forme :

- * d'actions **permanentes** notées G dont la variation d'intensité dans le temps est négligeable (poids propre, revêtements de chaussée, équipements fixes) ;
- * d'actions **variables** notées Q dont l'amplitude et la fréquence varient de façon importante dans le temps (charges d'exploitation sur plancher, actions du vent, charges de la neige) ;
- * d'actions **accidentelles** notées A dont la durée d'application reste courte par rapport à la durée de vie de l'ouvrage et dont la probabilité d'occurrence avec une amplitude significative est très faible (explosions, séismes, chocs de véhicules).

Remarque :

- * il existe d'autres manières de classer les actions mais elles ne seront pas détaillées dans le cadre de ce cours.

3.1.1 valeur caractéristique d'une action permanente

La valeur caractéristique d'une action permanente notée G_k est déterminée de la façon suivante :

- * si G a une faible variabilité, une valeur unique de G_k peut être retenue. C'est le cas par exemple des actions dues au poids propre d'un matériau (coefficient de variation $< 0,10$) : elles sont généralement représentées par une valeur nominale unique calculée à partir des dessins du projet et des poids volumiques moyens des matériaux : cette valeur n'est rien d'autre que la valeur moyenne ;
- * si G a une variabilité trop importante et en supposant que l'on dispose de valeurs statistiques (ex : densité de probabilité de G), deux valeurs caractéristiques doivent être considérées : une valeur maximale $G_{k,sup}$ et une minimale $G_{k,inf}$.

3.1.2 valeur caractéristique d'une action variable

La valeur caractéristique d'une action variable notée Q_k est déterminée de la façon suivante :

- * soit par une valeur provenant de données statistiques : cela peut par exemple être la valeur correspondant à une probabilité donnée d'être atteinte ou dépassée, pendant une certaine durée de référence. Pour la plupart des actions, la valeur caractéristique correspond ainsi à une probabilité de 2 % par an, soit une période de retour de 50 ans ;
- * soit par une valeur nominale spécifiée reposant sur une expérience acquise ou sur des considérations physiques s'il n'y a pas de distributions statistiques connues (ex : charges d'exploitation sur les planchers, balcons et escaliers (NF EN 1991-1-1)).

Par ailleurs, en plus de la valeur caractéristique Q_k , il faut distinguer trois autres valeurs appelées valeurs **représentatives** :

- * la valeur de **combinaison** notée $\Psi_0 Q_k$. Elle s'exprime comme le produit entre le coefficient de combinaison Ψ_0 et la valeur caractéristique d'une action variable non dominante Q_k . Ce produit représente ainsi une action "réduite" à combiner à une autre action variable dominante prise à sa valeur caractéristique ;
- * la valeur **fréquente** représentée par le produit $\Psi_1 Q_k$ et déterminée de manière que le temps total pendant lequel elle est dépassée représente une petite fraction de la durée de référence. Par exemple pour les bâtiments la valeur fréquente est choisie telle que le temps de dépassement corresponde à 1 % de la durée de référence (NF EN 1990/A1/NA) ;
- * la valeur **quasi-permanente** représentée par le produit $\Psi_2 Q_k$ et déterminée de manière que le temps total pendant lequel elle est dépassée représente une fraction considérable de la durée de référence. Par exemple pour les charges appliquées sur les planchers de bâtiments, la valeur quasi-permanente est choisie pour que le temps de dépassement représente 50 % de la durée de référence (NF EN 1990/A1/NA).

Remarques :

- * pour les termes "dominant" et "non dominant", voir section 3.3 ;
- * les valeurs de Ψ_0 , Ψ_1 et Ψ_2 sont données dans le tableau 2 ;
- * le temps de référence est un intervalle de temps choisi, utilisé comme base d'évaluation d'actions variables sur le plan statistiques ;
- * le coefficient de variation V est défini comme le rapport de l'écart type sur la moyenne.

Table 2: Valeurs recommandées des coefficients Ψ pour les bâtiments

Actions	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Charges d'exploitation des bâtiments, catégorie (voir EN 1991-1.1) :			
Catégorie A : habitation, zones résidentielles	0,7	0,5	0,3
Catégorie B : bureaux	0,7	0,5	0,3
Catégorie C : lieux de réunion	0,7	0,7	0,6
Catégorie D : commerces	0,7	0,7	0,6
Catégorie E : stockage	1,0	0,9	0,8
Catégorie F : zone de trafic, véhicules de poids ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Catégorie G : zone de trafic, véhicules de poids compris entre 30 kN et 160 kN	0,7	0,5	0,3
Catégorie H : toits	0	0	0
Charges dues à la neige sur les bâtiments (voir EN 1991-1-3) :			
Finlande, Islande, Norvège, Suède	0,7	0,5	0,2
Autres états membres CEN, pour lieux situés à une altitude $H > 1000$ m a.n.m.	0,7	0,5	0,2
Autres états membres CEN, pour lieux situés à une altitude $H \leq 1000$ m a.n.m.	0,5	0,2	0
Charges dues au vent sur les bâtiments (voir EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Température (hors incendie) dans les bâtiments (voir EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

3.1.3 valeur caractéristique d'une action accidentelle

La valeur caractéristique d'une action accidentelle est en général déterminée à partir de données nominales correspondant à une certaine expérience acquise dans la mesure où l'on ne dispose pas en général de données statistiques suffisantes. Elle est en général définie au niveau de chaque projet.

4.3 combinaisons d'actions

Une combinaison d'actions est définie généralement comme la somme :

- ★ des n actions permanentes G_{kj} (ex : le poids propre) ;
- ★ d'une action de précontrainte P ;
- ★ d'une action variable de base (ou **dominante**) Q_{k1} (ex : une charge d'exploitation) ;
- ★ des $(p - 1)$ autres variables **d'accompagnement** (ex : le vent) prises à leurs valeurs de combinaison $\Psi_0 Q_{ki}$, fréquentes $\Psi_1 Q_{ki}$ ou quasi-permanentes $\Psi_2 Q_{ki}$.

Remarque :

- ★ les actions accidentelles notées A_d et sismiques notées A_{Ed} peuvent aussi intervenir dans la combinaison d'actions comme cela sera vu par la suite.

Une fois la combinaison d'actions définie, il est alors possible de calculer E_d c'est à dire la valeur des sollicitations s'appliquant sur la structure considérée et ainsi de vérifier l'inégalité (1). Par ailleurs, il est important de noter qu'il existe plusieurs types de combinaisons d'actions pour chaque état-limite comme nous allons le voir par la suite.

4.3.1 aux ELU

Pour les états-limites ultimes, il existe trois types de combinaison d'action qui dépendent de **la situation** dans laquelle le projet étudié est placé :

1. *combinaisons d'actions pour situations de projet durables ou transitoires ;*

Dans ce cas là, E_d s'écrit :

$$E_d = E\{\gamma_{G,j}G_{k,j}; \gamma_P P; \gamma_{Q,1}Q_{k,1}; \gamma_{Q,i}\Psi_{0,i}Q_{k,i}\} \quad (2)$$

ce qui donne en explicitant les sommes

$$E_d = \sum_{j=1}^n \gamma_{G,j}G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1}Q_{k,1} + \sum_{i=2}^p \gamma_{Q,i}\Psi_{0,i}Q_{k,i} \quad (3)$$

L'utilisation pratique de cette formule est détaillée dans le tableau 4.

2. *combinaisons d'actions pour situations de projet accidentelles ;*

Dans ce cas là, E_d s'écrit :

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_d; (\Psi_{1,1} \text{ ou } \Psi_{2,1})Q_{k,1}; \Psi_{2,i}Q_{k,i}\} \quad (4)$$

ce qui donne en explicitant les sommes

$$E_d = \sum_{j=1}^n G_{k,j} + P + A_d + (\Psi_{1,1} \text{ ou } \Psi_{2,1})Q_{k,1} + \sum_{i=2}^p \Psi_{2,i}Q_{k,i} \quad (5)$$

3. *combinaisons d'actions pour situations de projet sismiques.*

Dans ce cas là, E_d s'écrit :

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_{Ed}; \Psi_{2,i}Q_{k,i}\} \quad (6)$$

ce qui donne en explicitant les sommes

$$E_d = \sum_{j=1}^n G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i=2}^p \Psi_{2,i}Q_{k,i} \quad (7)$$

Situations de projet durables et transitoires	Actions permanentes		Action variable dominante *)	Actions variables d'accompagnement	
	Défavorables	Favorables		Principale (le cas échéant)	Autres
(Eq 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$
*) Les actions variables sont celles considérées au Tableau A1.1.					
NOTE 1 Les valeurs des coefficients γ peuvent être données dans l'Annexe Nationale. L'ensemble de valeurs recommandé pour γ est :					
$\gamma_{Gj,sup} = 1,10$					
$\gamma_{Gj,inf} = 0,90$					
$\gamma_{Q,1} = 1,50$ si défavorable (0 si favorable)					
$\gamma_{Q,i} = 1,50$ si défavorable (0 si favorable)					
NOTE 2 Dans les cas où la vérification de l'équilibre statique inclut également la résistance d'éléments structuraux, il est possible d'adopter une vérification combinée, si cela est autorisé par l'Annexe Nationale, fondée sur le Tableau A1.2(A), en remplacement de deux vérifications séparées fondées sur les Tableaux A1.2(A) et A1.2(B), avec l'ensemble de valeurs recommandé suivant. Les valeurs recommandées peuvent être modifiées dans l'Annexe Nationale.					
$\gamma_{Gj,sup} = 1,35$					
$\gamma_{Gj,inf} = 1,15$					
$\gamma_{Q,1} = 1,50$ si défavorable (0 si favorable)					
$\gamma_{Q,i} = 1,50$ si défavorable (0 si favorable)					
à condition que l'application de $\gamma_{Gj,inf} = 1,00$, à la fois, à la partie favorable et à la partie défavorable des actions permanentes, n'entraîne pas un effet plus défavorable.					

Table 4: Combinaisons d'actions pour un projet durable et transitoire

4.3.2 aux ELS

Pour les états-limites de service, on ne parle plus de situations de projet mais tout simplement de combinaisons, il en existe aussi trois (caractéristique, fréquente et quasi-permanente). Les valeurs des coefficients partiels γ_G , γ_Q et γ_P sont pris égaux à un.

1. combinaison caractéristique ;

Dans ce cas là, E_d s'écrit :

$$E_d = E\{G_{k,j} ; P ; Q_{k,1} ; \Psi_{0,i} Q_{k,i}\} \quad (8)$$

ce qui donne en explicitant les sommes

$$E_d = \sum_{j=1}^n G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i=2}^p \Psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (9)$$

Cette combinaison, "pilotee" par la valeur caractéristique $Q_{k,1}$ (représentant l'action variable dominante), est utilisée en général pour des effets à court terme ayant des conséquences irréversibles sur une partie de la structure (formation d'une fissure qui ne se refermera pas, rupture d'une cloison par déformation instantanée excessive). On parle alors souvent d'états-limites de service irréversibles.

2. combinaison fréquente ;

Dans ce cas là, E_d s'écrit :

$$E_d = E\{G_{k,j} ; P ; \Psi_{1,1} Q_{k,1} ; \Psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad (10)$$

ce qui donne en explicitant les sommes

$$E_d = \sum_{j=1}^n G_{k,j} + P + \Psi_{1,1}Q_{k,1} + \sum_{i=2}^p \Psi_{2,i}Q_{k,i} \quad (11)$$

Cette combinaison, “pilotee” par la valeur caractéristique $\Psi_{1,1}Q_{k,1}$ (représentant l’action variable dominante), est utilisée pour étudier les effets dont l’apparition sur la structure dépendent d’interventions répétées d’une action (oscillations par exemple). Les conséquences sur la structure (ou une partie de la structure) sont réversibles. On parle alors souvent **d’états-limites de service réversibles**. Etant donné que le coefficient Ψ_1 est inférieur à 1, la charge $\Psi_{1,1}Q_{k,1}$ sera inférieure à la charge $Q_{k,1}$, ce qui permet de justifier le caractère réversible de la combinaison fréquente.

3. combinaison quasi-permanente.

Dans ce cas là, E_d s’écrit :

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; \Psi_{2,i}Q_{k,i}\} \quad (12)$$

ce qui donne en explicitant les sommes

$$E_d = \sum_{j=1}^n G_{k,j} + P + \sum_{i=1}^p \Psi_{2,i}Q_{k,i} \quad (13)$$

Cette combinaison, “pilotee” par la valeur caractéristique $\Psi_{2,1}Q_{k,1}$ (représentant l’action variable dominante), est utilisée en général pour des effets à long terme correspondant à l’application d’une valeur de charge (inférieure à $\Psi_{1,1}Q_{k,1}$ car Ψ_2 est inférieur à Ψ_1) pendant une longue durée (étude du fluage d’une structure en béton par exemple). Les conséquences sur la structure (ou une partie de la structure) sont réversibles. On parle là encore **d’états-limites de service réversibles**.

Remarque :

- ★ la précontrainte P est en général prise égale à sa valeur moyenne.

Annexes 6 : Extraits NF EN 1995 - Formulaire RDM

Section 2 : Bases de conception et calcul

2.2.3 Etats limites de service

(1)P La déformation de la structure qui résulte des effets des actions (telles que les efforts normaux et tranchants, les moments de flexion et le glissement des assemblages) et de l'humidité doit rester au sein de limites appropriées, considérant d'une part la possibilité d'endommagement des matériaux de revêtement, des plafonds, des planchers, des partitions intérieures et des finitions, et d'autre part le besoin fonctionnel ainsi que les exigences d'apparence.

(2) Il convient de calculer la déformation instantanée, u_{inst} , voir figure 7.1, à partir de la combinaison caractéristique d'actions, voir EN 1990, article 6.5.3(2) a), en utilisant les valeurs moyennes adéquates des modules d'élasticité, modules de cisaillement et modules de glissement.

(3) (Amendement A2) « Il convient de calculer la déformation finale, u_{fin} , voir par exemple w_{fin} sur la Figure 7.1, en additionnant la déformation de fluage u_{creep} , calculée à l'aide de la combinaison quasi-permanente d'actions, voir le 6.5.3(2)(c) de l'EN 1990:2002, à la déformation instantanée u_{inst} , calculée selon 2.2.3(2). Il convient de calculer la déformation de fluage en utilisant les valeurs moyennes adéquates des modules d'élasticité, modules de cisaillement et modules de glissement, ainsi que les valeurs de k_{def} correspondantes données dans le Tableau 3.2 »

(4) (Amendement A2) « Si la structure est constituée d'éléments ou composants dont les propriétés de fluage diffèrent, il convient de calculer la déformation à long terme due à la combinaison quasi-permanente d'actions en utilisant les valeurs moyennes finales des modules adéquats d'élasticité, de cisaillement et de glissement, selon 2.3.2.2 (1). La déformation finale u_{fin} est ensuite calculée en additionnant la déformation instantanée due à la différence entre la combinaison caractéristique d'actions et la combinaison quasi-permanente d'actions à la déformation à long terme. »

(5) Pour les structures constituées d'éléments, composants et assemblages dont le comportement au fluage est identique, et sous l'hypothèse d'une relation linéaire entre les actions et les déformations correspondantes, par simplification de 2.2.3(3), la déformation finale, u_{fin} , peut être prise égale à :

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q,1} + \sum_n u_{fin,Q,i} \quad \dots (2.2)$$

avec

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} (1 + k_{def}) \quad \text{pour une action permanente, G} \quad \dots (2.3)$$

$$u_{fin,Q,1} = u_{inst,Q,1} (1 + \psi_{2,1} k_{def}) \quad \text{pour l'action variable de base, Q}_1 \quad \dots (2.4)$$

$$u_{fin,Q,i} = u_{inst,Q,i} (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def}) \quad \text{pour les actions variables d'accompagnement, Q}_i (i > 1) \quad \dots (2.5)$$

$u_{inst,G}$, $u_{inst,Q,1}$, $u_{inst,Q,i}$ sont les déformations instantanées des actions G, Q₁, Q_i respectivement ;

$\psi_{2,1}$, $\psi_{2,i}$ sont les facteurs pour les valeurs quasi-permanentes des actions variables ;

$\psi_{0,i}$ sont les facteurs pour les valeurs de combinaison des actions variables ;

k_{def} est donné dans le tableau 3.2 pour le bois massif et les matériaux à base de bois, et dans 2.3.2.2 (3) et 2.3.2.2 (4) pour les assemblages.

Lorsque les équations (2.3) à (2.5) sont utilisées, il convient de ne pas prendre en compte les facteurs ψ_2 dans les équations (6.16a) et (6.16b) de EN-1990 : 2002.

2.3 Variables de base

2.3.1 Actions et influences de l'environnement

2.3.1.1 Généralités

(1) Les actions à utiliser dans le calcul peuvent être obtenues selon les parties adéquates de EN 1991.

NOTE

Les parties adéquates de EN 1991 pour une utilisation en calcul comprennent :

- EN 1991-1-1 Densités, poids propre et charges imposées
- EN 1991-1-3 Charges de neige
- EN 1991-1-4 Charges de vent
- EN 1991-1-5 Actions thermiques
- EN 1991-1-6 Actions en cours d'exécution
- EN 1991-1-7 Actions accidentelles.

(2)P La durée de chargement et l'humidité affectent les propriétés de résistance et de rigidité des éléments en bois et à base de bois et doivent donc être prises en compte dans le calcul relatif à la résistance mécanique et l'aptitude au service.

(3)P Les actions causées par les effets d'un changement d'humidité dans le bois doivent être considérées.

2.3.1.2 Classes de durée de chargement

(1)P Les classes de durée de chargement sont caractérisées par l'effet d'une charge constante agissant pendant une certaine période de temps au cours de la vie de la structure. Pour une action variable, la classe appropriée doit être déterminée sur la base d'une estimation de la variation typique de la charge avec le temps.

(2)P Les actions doivent être affectées à l'une des classes de durée de chargement données dans le Tableau 2.1 pour les calculs de résistance et de rigidité.

Classe de durée de chargement cumulée	Ordre de grandeur de la durée de la charge caractéristique
Permanent	plus de 10 ans
Long terme	6 mois — 10 ans
Moyen terme	1 semaine — 6 mois
Court terme	moins d'une semaine
Instantané	

Tableau 2.1 - Classes de durée de chargement

NOTE
Des exemples d'affectation de classes de durée de chargement sont donnés dans le Tableau 2.2. Dans la mesure où les charges climatiques (neige, vent) varient entre les pays, des informations sur l'affectation de leur durée de chargement peuvent être spécifiées dans une Annexe Nationale

Classe de durée de chargement	Exemples de chargement
Permanent	poids propre
Long terme	stockage
Moyen terme	charge d'occupation, neige
Court terme	neige, vent
Instantané	vent, action accidentelle

Tableau 2.2 - Exemples d'affectations de classes de durée de chargement

2.3.1.3 Classes de service

(1)P Les structures doivent être affectées à l'une des classes de service données ci-dessous :

NOTE 1
Le système de classes de service a pour objectif principal d'affecter les valeurs de résistance et de calculer les déformations sous des conditions d'environnement définies.

NOTE 2
Des informations sur l'affectation des structures aux classes de service données dans (2)P, (3)P et (4)P peuvent être données dans l'Annexe Nationale.

(2)P Classe de service 1 : est caractérisée par une humidité dans les matériaux correspondant à une température de 20 °C et une humidité relative de l'air environnant ne dépassant 65 % que quelques semaines par an.

NOTE Dans la classe de service 1, l'humidité moyenne dans la plupart des bois résineux n'excède pas 12 %.

(3)P Classe de service 2 : est caractérisée par une humidité dans les matériaux correspondant à une température de 20 °C et une humidité relative de l'air ne dépassant 85 % que quelques semaines par an.

NOTE
Dans la classe de service 2, l'humidité moyenne dans la plupart des bois résineux n'excède pas 20 %.

(4)P Classe de service 3 : Conditions climatiques amenant des humidités supérieures à celles de la classe de service 2.

2.3.2 Propriétés pour les matériaux et les produits

2.3.2.1 Influences de l'humidité et de la durée de chargement sur la résistance

(1) Les facteurs de modification relatifs à l'influence de la durée de chargement et l'humidité sur la résistance, voir 2.4.1, sont donnés dans 3.1.3.

2.4 Vérification par la méthode des coefficients partiels

2.4.1 Valeur de calcul d'une propriété matérielle

(1)P La valeur de calcul X_d d'une propriété de résistance doit être calculée selon :

$$X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} \quad \dots (2.14)$$

où :

- X_k est la valeur caractéristique d'une propriété de résistance ;
- γ_M est le coefficient partiel pour une propriété matérielle, spécifiée dans les Annexes Nationales ;
- k_{mod} est un facteur de modification qui tient compte de l'effet de la durée de chargement et de l'humidité.

NOTE 1

Les valeurs de k_{mod} sont données dans 3.1.3 .

NOTE 2 Les coefficients partiels recommandés pour les propriétés des matériaux (γ_M) sont donnés dans le Tableau 2.3. Des informations relatives aux choix nationaux peuvent être trouvées dans une Annexe Nationale.

États limites ultimes	γ_M
— combinaisons fondamentales :	
bois massif	1,3
bois lamellé collé	1,25
LVL, contreplaqué, OSB	1,2

Tableau 2.3 - Coefficients partiels recommandés pour les propriétés des matériaux (γ_M)

2.4.3 Valeur de calcul des résistances

(1)P La valeur de calcul R_d d'une capacité résistante doit être calculée selon :

$$R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} \quad \dots (2.17)$$

où :

- R_k est la valeur caractéristique d'une capacité résistante,
- γ_M est le coefficient partiel pour une propriété matérielle,
- k_{mod} est un facteur de modification qui tient compte de l'effet de la durée de chargement et de l'humidité.

NOTE 1

Les valeurs de k_{mod} sont données dans 3.1.3

NOTE 2 Pour les coefficients partiels, voir 2.4.1

Section 3 Propriétés des matériaux

3.1 Généralités

3.1.1 Paramètres de résistance et de rigidité

(1)P Les paramètres de résistance et de rigidité doivent être déterminés sur la base d'essais pour les types d'effet d'action auxquels le matériau est soumis dans la structure, ou sur la base de comparaison avec des essences et classes de bois similaires ou de matériaux à base de bois, ou de relations bien connues entre les différentes propriétés.

3.1.2 Relations contrainte-déformation

(1)P Dans la mesure où les valeurs caractéristiques sont déterminées selon l'hypothèse d'une relation linéaire entre contrainte et déformation jusqu'à la rupture, la vérification en résistance des éléments individuels doit être également basée sur une telle relation.

(2) Pour les éléments ou une partie des éléments soumis à une compression, il est possible d'utiliser une relation non linéaire (élastoplastique).

3.1.3 Facteurs de modification de résistance pour les classes de service et classes de durée de chargement

(1) Il convient d'utiliser les valeurs données dans le Tableau 3.1 pour le facteur de modification k_{mod} .

Matériau	Norme	Classe de service	Classe de durée de chargement				
			Action permanente	Action long terme	Action moyen terme	Action court terme	Action instantanée
Bois massif	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Bois lamellé collé	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Tableau 3.1 - Valeurs de k_{mod}

(2) Si une combinaison de chargement consiste en des actions appartenant à différentes classes de durée de chargement, il convient d'utiliser pour k_{mod} une valeur qui correspond à l'action ayant la plus courte durée d'application, par exemple pour une combinaison de poids propre et de court terme, il convient d'utiliser pour k_{mod} une valeur correspondant à la charge à court terme.

3.1.4 Facteurs de modification de la déformation pour les classes de service

(1) Il convient d'utiliser les valeurs données dans le Tableau 3.2 pour le facteur de déformation k_{def}

Matériau	Norme	Classe de service		
		1	2	3
Bois massif	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Bois lamellé collé	EN 14080	0,60	0,80	2,00
LVL	EN 14374, EN 14279	0,60	0,80	2,00

Tableau 3.2 - Valeurs de k_{def} pour le bois

3.3 Bois lamellé-collé

(1)P Les éléments en bois lamellé collé doivent être conformes à EN 14080 .

NOTE

Dans EN 1194 , des valeurs de résistance et de rigidité sont données pour du bois lamellé-collé affecté à des classes de résistance, voir Annexe D (Informative)

(2) L'effet de la dimension des éléments sur la résistance peut être considéré.

(3) Pour les éléments lamellé collé de section rectangulaire, la hauteur de référence en flexion ou la largeur en traction est 600 mm. Pour des hauteurs en flexion ou largeurs en traction de lamellé collé inférieures à 600 mm, les valeurs caractéristiques pour $f_{m,k}$ et $f_{t,0,k}$ peuvent être augmentées du facteur k_h , où

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \right. \quad \dots \quad (3.2)$$

où :

- h est la hauteur pour les éléments fléchis ou la largeur pour les éléments en traction, en mm.

(4)P Les aboutages de grandes dimensions conformes aux exigences de EN 387 ne doivent pas être utilisés pour des produits qui sont installés en classe de service 3, lorsque la direction du fil change au niveau de l'assemblage.

(5)P L'effet de la dimension des éléments sur la résistance en traction perpendiculaire au fil doit être considéré.

Section 5 Bases de l'analyse de structure

5.1 Généralités

(1)P Les calculs doivent être menés en utilisant des modèles de calcul appropriés (complétés si nécessaire par des essais) prenant en compte toutes les variables influentes. Les modèles doivent être suffisamment précis pour prédire le comportement d'ensemble de la structure, homogène au niveau d'exécution susceptible d'être atteint, et à la fiabilité de l'information sur laquelle le calcul est basé.

(2)P Il convient de vérifier le comportement global de la structure en calculant les effets des actions avec un modèle de comportement linéaire pour les matériaux (comportement élastique).

(3) Pour les structures qui sont capables de redistribuer les efforts internes via des assemblages d'une ductilité suffisante, des méthodes élastoplastiques peuvent être utilisées pour le calcul des efforts internes dans les éléments.

(4)P Le modèle servant au calcul des efforts internes dans la structure ou dans une partie de celle-ci doit prendre en compte les effets des déformations des assemblages.

(5) En général, il convient de considérer l'influence des déformations dans les assemblages au travers de leur rigidité (en rotation ou en translation par exemple) ou via des valeurs de glissement prescrites comme une fonction du niveau de chargement dans l'assemblage.

Section 6 : Etats limites ultimes

6.1.6 Flexion

(1)P Les équations suivantes doivent être satisfaites :

$$\frac{\sigma_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad \dots (6.11)$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \dots (6.12)$$

où :

- $\sigma_{m,y,d}$ et $\sigma_{m,z,d}$ sont les valeurs de calcul des contraintes de flexion selon les axes principaux tels qu'illustrés en Figure 6.1 ;
- $f_{m,y,d}$ et $f_{m,z,d}$ sont les valeurs de calcul correspondantes pour les résistances en flexion.

NOTE

Le facteur k_m traduit la possibilité de redistribution des contraintes ainsi que l'effet des inhomogénéités du matériau dans une section.

(2) Il convient de prendre pour le facteur k_m la valeur suivante :

Pour le bois massif, le bois lamellé collé et le LVL :

- pour les sections rectangulaires : $k_m = 0,7$
- pour les autres sections : $k_m = 1$

Pour les autres produits structuraux à base de bois :

- pour toutes les sections : $k_m = 1$

(3)P Une vérification de la condition d'instabilité (voir 6.3) doit être également effectuée.

6.1.7 Cisaillement

(1)P Pour un cisaillement avec une composante de contrainte parallèle au fil, voir la Figure 6.5(a), ainsi que pour un cisaillement avec deux composantes de contrainte perpendiculaires au fil, voir Figure 6.5(b), l'équation suivante doit être respectée :

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad \dots (6.13)$$

où :

- τ_d est la valeur de calcul de la contrainte de cisaillement ;
- $f_{v,d}$ est la valeur de calcul de la résistance au cisaillement pour la condition envisagée.

NOTE

La résistance au cisaillement pour le cisaillement roulant est approximativement égale à deux fois la résistance en traction perpendiculaire au fil.

(2) Pour la vérification de la résistance au cisaillement des éléments en flexion, il convient de tenir compte de l'influence des fissures en utilisant la largeur efficace de l'élément donnée par l'équation suivante :

$$b_{ef} \leq k_{cr} \cdot b \quad \dots (6.13a)$$

où

- b est la largeur de la section concernée de l'élément.

NOTE

Valeur recommandée pour k_{cr} :

- $k_{cr} = 0,67$ pour le bois massif ;
- $k_{cr} = 0,67$ pour le bois lamellé collé ;
- $k_{cr} = 1,0$ pour les autres produits à base de bois, selon l'EN 13986 et l'EN 14374.

Il est possible de trouver des informations sur le choix national dans l'Annexe nationale.



Figure 6.5 (a) Elément ayant une composante de contrainte en cisaillement parallèle au fil (b) Elément ayant deux composantes de contrainte perpendiculaires au fil (cisaillement roulant)

6.4 Calcul des sections dans les éléments à section variable ou à forme courbe

6.4.1 Généralités

- (1) P L'effet d'une combinaison d'effort normal et de moment de flexion doit être considéré.
- (2) Les parties appropriées de 6.2 et 6.3 doivent être vérifiées.
- (3) La contrainte en une section résultant d'un effort normal peut être calculée selon :

$$\sigma_N = \frac{N}{A} \quad \dots (6.36)$$

où :

- σ_N est la contrainte normale ;
- N est l'effort normal ;
- A est l'aire de section.

6.4.2 Poutre à simple décroissance

- (1) P L'influence de la décroissance sur les contraintes de flexion parallèles à la surface doit être considérée.

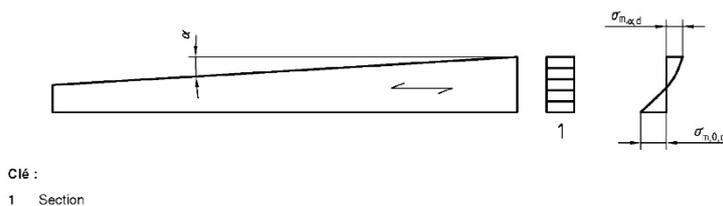


Figure 6.8 - Poutre à simple décroissance

- (2) Les valeurs de calcul des contraintes de flexion, $\sigma_{m,\alpha,d}$ et $\sigma_{m,0,d}$ (voir Figure 6.8) peuvent être prises selon :

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \sigma_{m,0,d} = \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} \quad \dots (6.37)$$

Pour la fibre extrême de la face inclinée, il convient que les contraintes satisfassent l'équation suivante :

$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{m,\alpha} \cdot f_{m,d} \quad \dots (6.38)$$

où :

- $\sigma_{m,\alpha,d}$ est la valeur de calcul de la contrainte de flexion à un angle du fil ;
- $f_{m,d}$ est la valeur de calcul de la résistance en flexion.

Il convient que $k_{m,\alpha}$ soit calculé comme suit :

Pour les contraintes de traction parallèles à la face inclinée :

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{0,75 \cdot f_{v,d}} \cdot \tan \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \cdot \tan^2 \alpha\right)^2}} \quad \dots (6.39)$$

Pour les contraintes de compression parallèles à la face inclinée :

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \tan \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \tan^2 \alpha\right)^2}} \quad \dots (6.40)$$

6.4.3 Poutres à double décroissance, courbes et à inertie variable

(1) Cet article s'applique seulement pour le bois lamellé collé et le LVL.

(2) Les exigences de 6.4.2 s'appliquent aux parties de la poutre qui ont une simple décroissance.

(3) Dans la zone de faîtage (voir Figure 6.9), il convient que les contraintes de flexion satisfassent l'équation suivante :

$$\sigma_{m,d} \leq k_r \cdot f_{m,d} \quad \dots (6.41)$$

où :

- k_r tient compte de la réduction de résistance due à la flexion des lamelles au cours de la production

NOTE

Dans les poutres courbes et à inertie variable, la zone de faîtage s'étend au-delà de la zone courbe de la poutre.

(4) Il convient de calculer la contrainte de flexion dans la zone de faîtage selon :

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad \dots (6.42)$$

avec :

$$k_l = k_1 + k_2 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 \quad \dots (6.43)$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \tan \alpha_{ap} + 5,4 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} \quad \dots (6.44)$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \cdot \tan \alpha_{ap} \quad \dots (6.45)$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot \tan \alpha_{ap} - 7,8 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} \quad \dots (6.46)$$

$$k_4 = 6 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} \quad \dots (6.47)$$

$$r = r_{in} + 0,5 \cdot h_{ap} \quad \dots (6.48)$$

où :

- $M_{ap,d}$ est la valeur de calcul du moment au faîtage ;
- h_{ap} est la hauteur de la poutre au faîtage, définie dans la Figure 6.9 ;
- b est la largeur de la poutre ;
- r_{in} est le rayon intérieur, voir Figure 6.9 ;
- α_{ap} est l'angle de l'inclinaison au milieu de la zone de faîtage, voir Figure 6.9
- $\frac{h_{ap}}{r} = 0$ pour les poutres à double décroissance, ($r = \infty$)

(5) Pour les poutres à double décroissance $k_r = 1,0$. Pour les poutres courbes et à inertie variable, il convient de prendre k_r selon :

$$k_r = \begin{cases} 1 & \text{pour } \frac{r_{in}}{t} \geq 240 \\ 0,76 + 0,001 \cdot \frac{r_{in}}{t} & \text{pour } \frac{r_{in}}{t} \leq 240 \end{cases} \quad \dots (6.49)$$

où :

- r_{in} est le rayon intérieur, voir Figure 6.9 ;
- t est l'épaisseur des lamelles.

(6) Dans la zone de faîtage, il convient que la valeur maximale de la contrainte en traction perpendiculaire au fil, $\sigma_{t,90,d}$, satisfasse l'équation suivante :

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d} \quad \dots (6.50)$$

avec :

$$k_{vol} = \begin{cases} 1 & \text{pour le bois massif} \\ \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} & \text{pour le LC et le LVL avec placages parallèles à la poutre} \end{cases} \quad \dots (6.51)$$

$$k_{dis} = \begin{cases} 1,4 & \text{pour les poutres à doubles décroissances et courbes} \\ 1,7 & \text{pour les poutres à inertie variable} \end{cases} \quad \dots (6.52)$$

où :

- k_{dis} est un facteur qui tient compte de l'effet de la distribution des contraintes dans la zone de faîtage ;
- k_{vol} est un facteur de volume ;

- $f_{t,90,d}$ est la valeur de calcul de la résistance en traction perpendiculaire au fil ;
- V_0 est le volume de référence de $0,01m^3$;
- V est le volume contraint en m^3 de la zone de faîtage (voir Figure 6.9). Il convient de prendre comme valeur maximale, $V = 2 \cdot V_b/3$ où V_b est le volume total de la poutre.

(7) Pour une combinaison de traction perpendiculaire au fil et de cisaillement, Il convient que l'équation suivante soit satisfaite :

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad \dots (6.53)$$

où :

- τ_d est la valeur de calcul de la contrainte de cisaillement ;
- $f_{v,d}$ est la valeur de calcul de la résistance en cisaillement ;
- $\sigma_{t,90,d}$ est la valeur de calcul de la contrainte de traction perpendiculaire au fil ;
- k_{dis} et k_{vol} sont donnés dans (6).

(8) Il convient de calculer la valeur maximale de la contrainte de traction perpendiculaire au fil due à un moment de flexion selon :

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \quad \dots (6.54)$$

ou bien, en alternative à l'équation (6.54), selon :

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} - 0,6 \cdot \frac{p_d}{b} \quad \dots (6.55)$$

où :

- p_d est la charge répartie uniforme agissant sur la face supérieure de la poutre sur la zone de faîtage ;
- b est la largeur de la poutre ;
- $M_{ap,d}$ est la valeur de calcul du moment au faîtage provenant des contraintes de traction parallèles au côté courbé intérieur.

avec :

$$k_p = k_5 + k_6 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_7 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 \quad \dots (6.56)$$

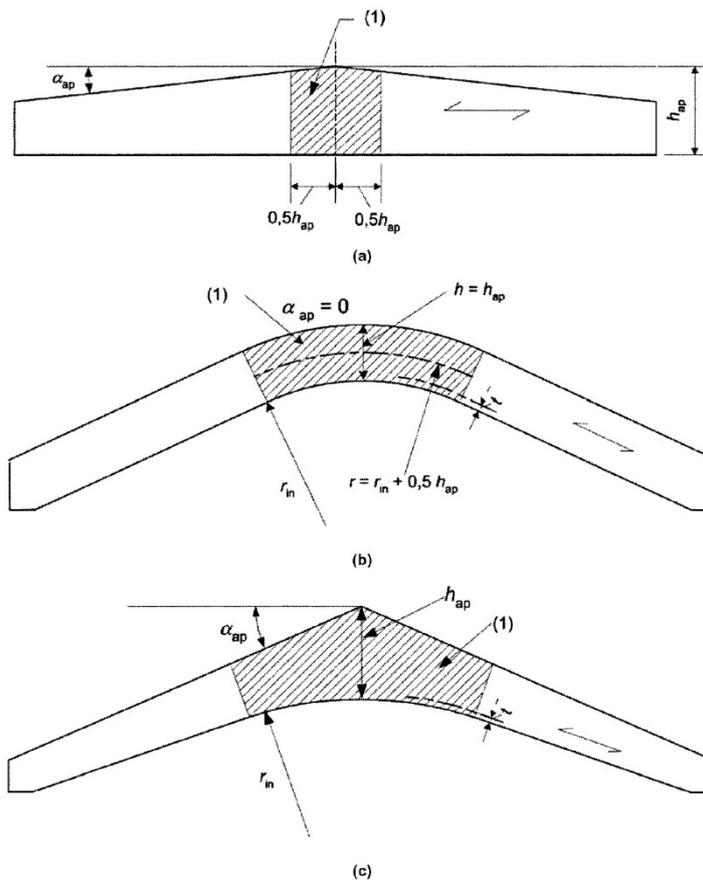
$$k_5 = 0,2 \cdot \tan \alpha_{ap} \quad \dots (6.57)$$

$$k_7 = 0,25 - 1,5 \cdot \tan \alpha_{ap} + 2,6 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} \quad \dots (6.58)$$

$$k_7 = 2,1 \cdot \tan \alpha_{ap} - 4 \cdot \tan^2 \alpha_{ap} \quad \dots (6.59)$$

NOTE

L'équation recommandée est (6.54). Une information sur le choix national entre l'équation (6.54) et (6.55) peut être trouvée dans l'Annexe Nationale



Clé :

(1) Zone de faïtage

NOTE Dans les poutres courbes et à inertie variable, la zone de faïtage dépasse les parties courbes des poutres.

Figure 6.9 - Poutres à double décroissance (a), courbes (b) et à inertie variable (c) avec la direction du fil parallèle à la face inférieure de la poutre

6.5 Éléments entaillés

6.5.1 Généralités

(1) P L'effet des concentrations de contrainte dans l'entaille doit être considéré dans vérification de la résistance des éléments.

(2) L'effet des concentrations de contrainte peut être ignoré dans les cas suivants :

- traction ou compression parallèles au fil ;
- flexion avec des contraintes de traction du côté de l'entaille si l'inclinaison n'est pas supérieure à 1 : $i = 1/10$, c'est-à-dire $i \geq 10$, voir Figure 6.10a ;
- flexion avec des contraintes de compression du côté de l'entaille, voir Figure 6.10b .



Figure 6.10 - Flexion au niveau d'une entaille. A gauche, contrainte de traction du côté de l'entaille, à droite contrainte de compression du côté de l'entaille

6.5.2 Poutres avec une entaille au niveau d'un appui

(1) Pour les poutres de section rectangulaire et dont le fil est essentiellement parallèle à la longueur de l'élément, il convient de calculer la contrainte de cisaillement au niveau de l'appui entaillé en utilisant la hauteur efficace (réduite) h_{ef} (voir Figure 6.11).

(2) Il convient de vérifier que :
(Amendement A2)

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V_d}{b_{ef} \cdot h_{ef}} \leq k_v \cdot f_{v,d} \quad \dots (6.60)$$

« (Amendement A2) b_{ef} est défini dans la formule (6.13a). »

où :

- k_v est un facteur de réduction défini comme suit :
- Pour les poutres entaillées sur la face opposée à l'appui (voir Figure 6.11b)
- $k_v = 1$... (6.61)
- Pour les poutres entaillées sur la face de l'appui de la poutre (voir Figure 6.11a)

$$k_v = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \frac{k_n \left(1 + \frac{1,1 \cdot i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right)}{\sqrt{h} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1-\alpha)} + 0,8 \frac{x}{h} \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} \end{array} \right. \quad (6.62)$$

où :

- i est l'inclinaison de l'entaille (voir Figure 6.11a) ;
- h est la hauteur de la poutre en mm ;
- x est la distance entre la ligne d'action de la réaction de l'effort et le coin de l'entaille, en mm.
- $\alpha = \frac{h_{ef}}{h}$ (6.63)
- $k_n = 4,5$ pour le LVL, $k_n = 5$ pour le bois massif, $k_n = 4,5$ pour le bois LC

Section 7 Etats limites de service

7.2 Valeurs limites pour les flèches de poutres

(1) Les composantes de la flèche qui résultent d'une combinaison d'actions (voir 2.2.3 (6)) sont illustrées dans la Figure 7.1 , où les symboles sont définis comme suit, voir 2.2.3 :

- w_c est la contreflèche (si elle existe) ;
- w_{inst} est la flèche instantanée ;
- w_{creep} est la flèche de fluage ;
- w_{fin} est la flèche finale ;
- $w_{net,fin}$ est la flèche résultante finale.

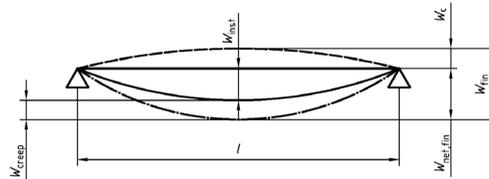


Figure 7.1 - Composantes de la flèche

(2) Il convient de prendre la flèche résultante en-dessous d'une ligne droite entre les appuis, $w_{net,fin}$, selon :

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c \quad \dots (7.2)$$

NOTE

Les niveaux recommandés de valeurs limites de flèche pour les poutres ayant une portée # sont donnés dans le Tableau 7.2 en fonction du niveau de déformation acceptable. Des informations sur les paramètres définis au niveau national peuvent être trouvées dans une Annexe Nationale.

	w_{inst}	$w_{net,fin}$	w_{fin}
Poutre sur deux appuis	$l/300$ à $l/500$	$l/250$ à $l/350$	$l/150$ à $l/300$
Poutre en porte-à-faux	$l/150$ à $l/250$	$l/125$ à $l/175$	$l/75$ à $l/150$

Tableau 7.2 : Exemples de valeurs limites pour les flèches de poutres

EXTRAITS NF EN 1995-1-1 / NA (Mai 2010)

Clause 2.2.3 Etats Limites de Service

$$u_{fin} = u_{inst} + u_{creep}$$

- u_{inst} est calculée à partir des combinaisons caractéristiques
- u_{creep} est calculée à partir de la combinaison quasi permanente et des coefficients k_{def}

Cette remarque s'applique à toutes les déformations u et w .

Clause 6.1.7

NOTE

Classe de service 1 : $k_{cr} = 0,67$ pour le bois massif dont une des dimensions de la section > 150 mm.

$k_{cr} = 1$ pour tous les autres cas.

Classe de service 2 : $k_{cr} = 0,67$ pour le bois massif dont une des dimensions de la section > 150 mm.

$k_{cr} = 0,67$ pour le bois lamellé collé lorsque le rapport des chargements est tel que :

$$\frac{G_k}{G_k + \sum_i Q_{k,i}} \geq 0,7$$

$k_{cr} = 1$ pour tous les autres cas.

Classe de service 3 : $k_{cr} = 0,67$ pour tous les cas.

Clause 6.4.3 (2)

Pour vérifier cette clause, il faut prendre en compte l'angle α tel qu'exprimé sur la figure 6.8 c'est-à-dire angle de tranchage et non α_{ap} .

Clause 6.4.3 (8) Poutres à double décroissance, courbes et à inertie variable

La formule (6.54) de la norme NF EN 1995-1-1 est applicable.

Clause 7.2 (2) valeurs limites pour les flèches

Le tableau 7.2 de la norme NF EN 1995-1-1/A1:2008 est remplacé par le tableau suivant :

	Bâtiments courants			Bâtiments agricoles et similaires		
	Valeurs limites $w_{inst}(Q)$	Valeurs limites $w_{net,fin}$	Valeurs limites w_{fin}	Valeurs limites $w_{inst}(Q)$	Valeurs limites $w_{net,fin}$	Valeurs limites w_{fin}
Chevrans	—	B/ 150	B/ 125	—	B/ 150	B/ 100
Éléments structuraux	B/ 300	B/ 200	B/ 125	B/ 200	B/ 150	B/ 100

Tableau 7.2 Valeurs limites pour les flèches

Pour les panneaux de planchers ou supports de toiture, $w_{net,fin}$ sera inférieure à B/250 sous charge répartie. Les exigences à respecter sous charge concentrée sont définies dans la NF EN 12871. Les trois valeurs doivent être vérifiées.

Avec $w_c = w_{fin} - w_{net,fin}$

$w_{inst}(Q)$ part de la flèche instantanée due aux actions variables.

Pour les éléments en console et les porte à faux les valeurs peuvent être doublées sans pour autant être inférieures à 5 mm.

Vis-à-vis des points durs environnants, les déplacements seront vérifiés de la même manière que pour les consoles.

Le tableau suivant permet la relation avec les limites indiquées dans la NF EN 1990 (2002) :

Valeurs de calcul	Référence de la valeur limite
$w_{inst}(Q)$ ou $w_{net,fin}$ ou w_{fin}	w_1
$w_{fin} - w_{G,inst}$	w_2 est imposé par les référentiels concernés. ** (DTU, avis techniques, etc.)
Selon spécifications	w_3 valeur imposée (conditions particulières, réglementaires ou contractuelles, liées au projet)

** $w_{G,inst}$ est calculée avec la valeur des charges permanentes (G) antérieures à la mise en œuvre des éléments de second œuvre à protéger.

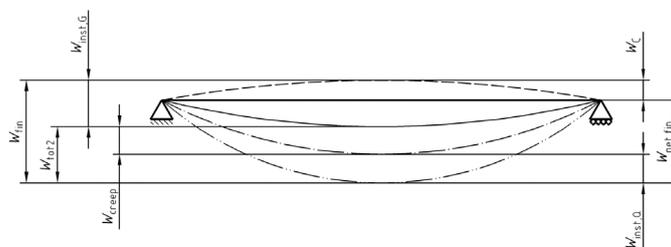


Figure 1 Définition des flèches

5.1 Résistance mécanique des produits lamellé-collé

Propriété	Symbole	Classe de résistance du bois lamellé-collé						
		GL 20h	GL 22h	GL 24h	GL 26h	GL 28h	GL 30h	GL 32h
Résistance à la flexion	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Résistance à la traction	$f_{t,0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,4	24	25,6
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Résistance à la compression	$f_{c,0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Résistance au cisaillement (cisaillement et torsion)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Résistance au cisaillement roulant	$f_{r,g,k}$	1,2						
Module d'élasticité	$E_{0,g,moyen}$	8 400	10 500	11 500	12 100	12 600	13 600	14 200
	$E_{0,g,05}$	7 000	8 800	9 600	10 100	10 500	11 300	11 800
	$E_{90,g,moyen}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Module de cisaillement	$G_{g,moyen}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Module de cisaillement roulant	$G_{r,g,moyen}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Masse volumique	$\rho_{g,k}$	340	370	385	405	425	430	440
	$\rho_{g,moyen}$	370	410	420	445	460	480	490

Tableau 5 : Propriétés caractéristiques de résistance et de rigidité en N/mm^2 et masses volumiques en kg/m^3 pour le bois lamellé-collé homogène

Note du rédacteur : l'indice *g* signifiant simplement Lamellé Collé... On peut donc lire $f_{m,g,k}$ comme $f_{m,k}$

Tableau des intégrales de MOHR

7.6 Tableau des intégrales de MOHR : $\int_0^L m_i(x) \times m_j(x) \times dx$

$m_j(x)$								
$m_i(x)$								
M_i	LM_iM_j	$\frac{1}{2}LM_iM_j$	$\frac{1}{2}LM_i(M_j + M'_j)$	$\frac{2}{3}LM_iM_j$	$\frac{2}{3}LM_iM_j$	$\frac{2}{3}LM_iM_j$	$\frac{1}{3}LM_iM_j$	$\frac{1}{3}LM_iM_j$
M_i	$\frac{1}{2}LM_iM_j$	$\frac{1}{3}LM_iM_j$	$\frac{1}{6}LM_i(2M_j + M'_j)$	$\frac{1}{3}LM_iM_j$	$\frac{5}{12}LM_iM_j$	$\frac{1}{4}LM_iM_j$	$\frac{1}{4}LM_iM_j$	$\frac{1}{12}LM_iM_j$
M_i	$\frac{1}{2}LM_iM_j$	$\frac{1}{6}LM_iM_j$	$\frac{1}{6}LM_i(M_j + 2M'_j)$	$\frac{1}{3}LM_iM_j$	$\frac{1}{4}LM_iM_j$	$\frac{5}{12}LM_iM_j$	$\frac{1}{12}LM_iM_j$	$\frac{1}{4}LM_iM_j$
M_i	$\frac{1}{2}LM_j(M_i + M'_i)$	$\frac{1}{6}LM_j(2M_i + M'_i)$	$\frac{1}{6}LM_j \left(\frac{2M_iM_j + M_iM'_j + M'_iM_j + 2M'_iM'_j}{M'_iM_j + 2M'_iM'_j} \right)$	$\frac{1}{3}LM_j(M_i + M'_i)$	$\frac{1}{12}LM_j \times (5M_i + 3M'_i)$	$\frac{1}{12}LM_j \times (3M_i + 5M'_i)$	$\frac{1}{12}LM_j \times (3M_i + M'_i)$	$\frac{1}{12}LM_j \times (M_i + 3M'_i)$
M_i	$\frac{1}{2}LM_iM_j$	$\frac{1}{6}LM_iM_j \left(1 + \frac{x'}{L} \right)$	$\frac{1}{6}LM_i \left[M_i \left(1 + \frac{x'}{L} \right) + M'_j \left(1 + \frac{x}{L} \right) \right]$	$\frac{1}{3}LM_iM_j \left(1 + \frac{xx'}{L^2} \right)$	$\frac{1}{12}LM_iM_j \times \left(3 + \frac{3x'}{L} - \frac{x'^2}{L^2} \right)$	$\frac{1}{12}LM_iM_j \times \left(3 + \frac{3x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right)$	$\frac{1}{12}LM_iM_j \times \left(\frac{3x'}{L} + \frac{x'^2}{L^2} \right)$	$\frac{1}{12}LM_iM_j \times \left(\frac{3x}{L} + \frac{x^2}{L^2} \right)$
M_i	$\frac{1}{2}LM_iM_j$	$\frac{1}{4}LM_iM_j$	$\frac{1}{4}LM_i(M_j + M'_j)$	$\frac{5}{12}LM_iM_j$	$\frac{17}{48}LM_iM_j$	$\frac{17}{48}LM_iM_j$	$\frac{7}{48}LM_iM_j$	$\frac{7}{48}LM_iM_j$

Dans le tableau, M_i, M_j, M'_i, M'_j , sont les extremums des fonctions $m_i(x)$ et $m_j(x)$. Ils sont à prendre en valeurs algébriques.

Tableau des intégrales de MOHR : $\int_0^L m_i(x) \times m_j(x) \times dx = LM_iM_jX$ avec X = valeur lue dans le tableau

$m_j(x)$								
$m_i(x)$								
M_i	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1+\varphi}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
M_i	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2+\varphi}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{(2-\beta)}{6}$	$\frac{1}{4}$
M_i	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1+2\varphi}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{(1+\beta)}{6}$	$\frac{1}{4}$
M_i	$\frac{1+\psi}{2}$	$\frac{2+\psi}{6}$	$\frac{2+\varphi+\psi+2\varphi\psi}{6}$	$\frac{1+\psi}{3}$	$\frac{(3+5\psi)}{12}$	$\frac{(1+3\psi)}{12}$	$\frac{[(2-\beta)+\psi(1+\beta)]}{6}$	$\frac{(1+\psi)}{4}$
M_i	$\frac{1}{2}$	$\frac{(2-\alpha)}{6}$	$\frac{[(2-\alpha)+\varphi(1+\alpha)]}{6}$	$\frac{(1+\alpha-\alpha^2)}{3}$	$\frac{(3+3\alpha-\alpha^2)}{12}$	$\frac{3\alpha+(1-\alpha)^2}{12}$	$\alpha > \frac{1}{2} \quad \frac{1-(1-\alpha)^2-\beta^2}{6\alpha(1-\beta)}$ $\alpha < \frac{1}{2} \quad \frac{1-(1-\beta)^2-\alpha^2}{6\beta(1-\alpha)}$	$\alpha > \frac{1}{2} \quad \frac{3-4(1-\alpha)^2}{12\alpha}$ $\alpha < \frac{1}{2} \quad \frac{3-4\alpha^2}{12(1-\alpha)}$
M_i	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{(1+\varphi)}{4}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{17}{48}$	$\frac{7}{48}$	$\beta < \frac{1}{2} \quad \frac{3-4\beta^2}{12(1-\beta)}$ $\beta > \frac{1}{2} \quad \frac{3-4(1-\beta)^2}{12\beta}$	$\frac{1}{3}$

Dans le tableau, M_i, M_j , sont les extremums des fonctions $m_i(x)$ et $m_j(x)$, ils sont à prendre en valeurs algébriques. Les coeffs. ψ et φ sont algébriques.

Annexe 7 : Données pressiométriques

Paramètres de sol pour fondations profondes – Zone n°1

- Référentiel : eurocode 7 (NF P 94-262)

- Type de fondation : fondations profondes

- Nature et profondeur du sol d'assise : substratum sain (argile raide à marno-calcaire)

Le sol d'assise des fondations devra être homogène et constitué par le substratum sain.

La profondeur de cet horizon d'ancrage est en SP3 de **13,5 m / sol naturel**. Compte tenu du caractère naturel et hétérogène du sol, cette profondeur pourra varier et devra donc être repérée de façon adaptée (exemple : grâce à un enregistrement de paramètres de forages).

- Paramètres de dimensionnement :

Il est pris en compte ici la faisabilité de pieux forés à la tarière creuse (pieux de classe 2 catégorie 6).

Toute modification des types de pieu devra être soumise à une actualisation du choix des paramètres présentés.

Pour un ancrage dans le substratum sain présent à partir de 13,50 m en SP3, on pourra retenir les caractéristiques moyennes des sols synthétisées dans le tableau suivant :

Nature des sols	Courbe ($\alpha_{\text{pieu sol}}$)	Epaisseur moyenne de la couche (m / sol naturel) Au droit de SP3	PI* (MPa)	E_M (MPa)	α (1)	qs (kPa)	K_P	K_f en KPa (2)	
								Courte durée	Longue durée
Mort terrain	-	H_{REMBLAI}	0,5	5	0,5	0 (3)	-	22000	11000
Sols limono-sableux et graveleux Argiles rougeâtres altérées	Q	6,50	0,4	7	0,66		-	26000	13000
Argile silteuse	Q1 ($\alpha = 1,5$)	7,00	0,7	8	0,5	57	-	35000	17500
Substratum sain (argile raide à marno- calcaire)	Q4 ($\alpha = 1,6$)	D	2,5	45	0,5	160	1,6	202000	101000

(1) : α : coefficient rhéologique

(2) : K_f = **module linéique** de mobilisation de la pression frontale **calculé pour B inférieur ou égal à 0,60** avec B = diamètre du pieu (NF P 94-261 Annexe I). Pour rappel :

$$K_{f \text{ LONGUE DUREE}} = K_{f \text{ COURTE DUREE}} / 2$$

$$K_f = B k_f \text{ (} k_f \text{ : coefficient de réaction)}$$

(3) : **frottement négatif** à prendre en compte (par le rajout de charges complémentaire : voir au chapitre précédent)

Annexe 8 : Extraits Norme NF P 94-262

pour le calcul des fondations profondes par la méthode pressiométrique

6.4 Matériaux constitutifs des fondations profondes

6.4.1 Béton, coulis ou mortier des fondations profondes réalisées en place

(1) (*Amendement A1*) « Pour la vérification de la résistance structurale d'une fondation profonde en béton, coulis ou mortier, réalisée en place, les dispositions de la norme NF EN 1992-1-1 avec son annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA s'appliquent, complétées par les spécifications qui suivent. »

(2) Conformément aux dispositions de la norme NF EN 1992-1-1, pour l'établissement des projets, un béton, coulis ou mortier doit être défini :

- par sa résistance caractéristique à la compression f_{ck}^* ;
- par sa résistance caractéristique à la traction $f_{ctk0,05}$;
- par son module d'élasticité E_{cm}

(3) La valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton, coulis ou mortier d'une fondation profonde, doit être déterminée à partir de la formule suivante (Notes 1 à 3 et Tableau 6.4.1.1).

$$f_{ck}^* = \inf(f_{ck}(t) ; C_{max} ; f_{ck}) \cdot \frac{1}{k_1 \cdot k_2} \quad (6.4.1.1)$$

NOTE 1

C_{max} tient compte des sujétions de mise en œuvre du béton, coulis ou mortier frais suivant la technologie utilisée.

NOTE 2

La vérification du béton, coulis ou mortier à l'ELS constitue une disposition suffisante qui dispense de prendre en compte l'abattement forfaitaire sur les dimensions nominales tel qu'envisagé à l'article 2.3.4.2 de la norme NF EN 1992-1.

NOTE 3

Les coefficients k_1 et k_2 , qui tiennent compte des conditions de mise en œuvre, sont eux destinés à se substituer au coefficient k_f égal à 1,1 de l'article 2.4.2.5 de la norme NF EN 1992-1-1.

Classe		C_{max} MPa	k_1
1	Pieux forés et barrettes	35	1,3
2	Pieux tarière creuse avec enregistrement des paramètres (Notes 1, 3 et 4)	30	1,35
3	Pieux vissés moulés (Notes 2)	35	1,3
4	Pieux battus moulés	35	1,3

Notes :

(1) Pour l'application de la norme NF EN 1536, un enregistrement continu des paramètres d'excavation et de bétonnage sous forme graphique doit être fourni pour chaque pieu et faire l'objet d'un rapport sous forme papier. Les valeurs de ces paramètres sont visualisables en temps réel dans la machine réalisant les pieux.

(2) Lorsque le bétonnage ne se fait pas par l'intermédiaire d'une trémie mais directement à la pompe à béton, il est conseillé de procéder à un enregistrement spécifique des paramètres d'exécution. Ces paramètres sont visualisables en temps réel par l'opérateur de la machine sous forme de graphique.

(3) Les pieux, pour lesquels le système d'enregistrement continu des paramètres d'excavation et de bétonnage n'aura pas fonctionné, seront testés par un essai d'intégrité. Un nombre identique d'essais d'intégrité est à réaliser sur des pieux pour lesquels l'enregistrement des paramètres aura été réalisé correctement pour servir d'étalonnage lors de l'interprétation des essais.

(4) Pour des valeurs de f_{ck} supérieures ou égales à 25 MPa, la valeur de f_{ck}^* est prise égale à 18,33 MPa lorsque la relation 6.4.1.1 conduit à une valeur moindre.

Tableau 6.4.1.1 Coefficients applicables à la détermination de la résistance caractéristique de compression du béton, coulis ou mortier des pieux

(4) La valeur de calcul de la résistance à la compression simple du béton, coulis ou mortier d'une fondation profonde, doit être déterminée à partir de la formule suivante et du tableau 6.4.1.2 :

$$f_{cd} = \text{Min} \left(\alpha_{cc} \cdot k_3 \cdot \frac{f_{ck}^*}{\gamma_c} ; \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}(t)}{\gamma_c} ; \alpha_{cc} \cdot \frac{C_{max}}{\gamma_c} \right) \quad (6.4.1.2)$$

avec α_{cc} un coefficient dont la valeur est égale à 1,0 sur la hauteur où le pieu est armé et 0,8 sur la hauteur où le pieu n'est pas armé.

(5) (*Amendement A1*) « Le coefficient k_1 présenté dans le tableau 6.4.1.1 peut être diminué de 0,1, uniquement pour les pieux de la classe 1 (pieux forés et barrettes), quand le pieu est tubé ou lorsque la nature des terrains traversés garantit la stabilité des parois du forage, et bétonné à sec (Note 1).

NOTE 1

Le coefficient k_1 est à appliquer si le béton constituant le pieu est coulé en place et présente un rôle structural.

(6) (*Amendement A1*) « Pour les pieux de catégories 1 à 7, 10, 11 et 17, la valeur du coefficient k_2 est égale à 1,0 hormis dans les cas décrits ci-dessous (Note 1) :

- $k_2=1,05$ pour les pieux dont le rapport de la plus petite dimension B à la longueur est inférieur à 1/20 ;
- $k_2=1,3-B/2$ pour les pieux dont la plus petite dimension B est inférieure à 0,6 m ;
- $k_2=1,35-B/2$ pour les pieux réunissant les deux conditions ci-dessus.

NOTE 1

Le coefficient k_2 est à appliquer si le béton constituant le pieu est coulé en place et présente un rôle structural.

(7) Les valeurs du paramètre C_{max} et du coefficient k_3 sont en général respectivement égaux à 35 MPa et 1,0. Des spécifications particulières relatives aux fondations supportant des ponts sont mentionnées dans l'annexe Q.

(8) La valeur du coefficient k_3 peut être prise égale à 1,2 dans le cas d'un contrôle renforcé de la qualité et de la continuité du fût (Tableau 6.4.1.2).

(9) Les valeurs moyenne σ_{cmoy} et maximale σ_{cmax} (Note 1) des contraintes de compression du béton à l'état limite de service caractéristique ne doivent pas dépasser respectivement, quelle que soit la classe d'exposition, la valeur suivante :

$$0,3 \cdot k_3 \cdot f_{c,k}^* \text{ et } \text{Min}(0,6 \cdot k_3 \cdot f_{c,k}^* ; 0,6 \cdot f_{c,k}) \quad (6.4.1.3)$$

NOTE 1

σ_{cmoy} et σ_{cmax} sont respectivement les contraintes moyenne et maximale calculées sur la surface comprimée de la section la plus sollicitée de l'élément.

8.5 Fondation profonde isolée soumise à un effort axial

8.5.1 Modèle de comportement

(1) Pour caractériser le comportement d'une fondation profonde isolée sous charge axiale de compression, il convient de définir deux paramètres de résistance ou de charge (Note 1 et Figure 8.5.1) :

- une résistance limite de compression ou une portance limite R_c ;
- une charge de fluage de compression $R_{c;cr}$.

NOTE 1

Les valeurs de R_c et de $R_{c;cr}$ sont déterminées respectivement selon les dispositions de la section 9 et de l'article 14.2.

8.5.2 Méthodes de calcul

(1) La valeur caractéristique de la portance $R_{c;k}$ et/ou de la résistance de traction $R_{t;k}$ doit être déterminée à partir de l'une des méthodes suivantes (Note 1) :

- des résultats d'essais de chargement statique réalisés et interprétés conformément à la norme NF EN 1997-1, Article 7.5.2 (Note 2 et Annexe S) ;
- des résultats de profils d'essais de sols réalisés et interprétés selon les normes appropriés avec des modèles de calculs dont la validité a été démontrée (Note 3 et Annexes F et G) et en utilisant la procédure dite du « pieu modèle », soit sous la forme décrite dans les clauses 7.6.2.3 (5) et (6) de la norme NF EN 1997-1, soit en application de l'annexe D de la norme NF EN 1990 (Note 4) ;
- des résultats de profils d'essais de sols réalisés et interprétés selon les normes appropriées avec des modèles de calculs dont la validité a été démontrée (Note 3 et Annexes F et G) et en utilisant la procédure dite « alternative » qui est présentée à la clause 7.6.2.3 (8) de la norme NF EN 1997-1. Cette méthode est appelée par la suite procédure du « modèle de terrain » (Notes 5 et 6)
- des résultats d'essais d'impact dynamique (Articles 7.5.3 et 7.6.2.4 de la norme NF EN 1997-1) réalisés sur des fondations profondes conformément à une procédure agréée et avec une procédure de calcul dont la validité a été démontrée (Note 7)

NOTE 5

La procédure dite du « modèle de terrain » consiste à déduire d'un modèle géotechnique du site, éventuellement découpé en zones homogènes, des valeurs caractéristiques $q_{b;k}$ et $q_{s;k}$ de la résistance de pointe et du frottement axial unitaire dans les différentes couches, puis à appliquer les formules générales (9.2.4.1) et (9.2.4.2) pour déterminer la portance caractéristique de la fondation profonde ou la formule générale (10.2.4) pour déterminer la résistance caractéristique de traction de la fondation profonde.

NOTE 6

Pour la procédure dite du « modèle de terrain », quand l'application d'une analyse statistique est possible, elle reste

néanmoins délicate. Les difficultés sont liées à la détermination de la dispersion en plan et de la dispersion la

verticale du paramètre de résistance géotechnique. L'analyse statistique, si elle est menée, doit toutefois au moins être

basée sur les principes décrits dans l'annexe D de la norme NF EN 1990.

9 Etat-limite de portance

9.1 Principe généraux

(1) La portance (Note 1) d'une fondation profonde sous charge axiale doit être vérifiée tant pendant les phases de construction qu'une fois l'ouvrage achevé.

NOTE 1

On ne vise ici que la résistance du terrain vis-à-vis d'une sollicitation de compression. La résistance en compression de la structure d'une fondation profonde est également à vérifier conformément à la norme appropriée au matériau qui la constitue (Sections 6.4 et 12). Elle peut, dans certaines conditions de projets (par exemple des fondations profondes encastrées dans du rocher), être plus faible que la portance géotechnique.

(2) Les vérifications doivent être effectuées conformément aux dispositions :

- de la norme NF EN 1997-1, et en particulier de l'article 7.6 (Fondations profondes sous charge axiale),
- du présent document et en particulier des articles 8.2, 8.5, 9.2 et 9.3 et selon le modèle de calcul retenu (Annexes F et G).

NOTE 1

La vérification est à effectuer suivant l'approche de calcul 2 en utilisant les ensembles de facteurs partiels A1, M1 et R2 définis à l'annexe C de ce document, articles C.2.1 et C.2.2 respectivement pour les actions et les propriétés des terrains et articles C.2.3 et C.2.4 pour les résistances de portance.

9.2 Portance d'une fondation profonde isolée

9.2.1 Principes

(1) Pour démontrer qu'une fondation profonde isolée supportera la charge de calcul avec une sécurité adéquate vis-à-vis d'une rupture par défaut de portance du terrain, l'inégalité suivante doit être satisfaite (Notes 1 à 3) pour tous les cas de charge et de combinaisons de charge à l'état limite ultime : $F_{c;d} \leq R_{c;d}$

- $F_{c;d}$ est la valeur de calcul de la charge de compression axiale sur la fondation profonde ;
- $R_{c;d}$ est la valeur de calcul de la portance de la fondation profonde.

NOTE 1

En principe, il convient d'inclure dans $F_{c;d}$ le poids propre de la fondation profonde et dans $R_{c;d}$ la pression verticale des terres au niveau de la base de la fondation profonde. Toutefois, ces deux termes peuvent être omis s'ils se neutralisent approximativement. Ils ne peuvent pas être omis lorsque :

- le frottement négatif est important ;
- le sol est très léger ;
- la fondation profonde dépasse au-dessus de la surface du terrain.

NOTE 2

Pour le calcul des sollicitations, on peut considérer que les lois de comportement axial des éléments de fondations ne sont pas influencées par la présence des éléments voisins. Cette hypothèse n'exclut pas que la résistance limite d'une fondation composée de n éléments puisse être inférieure à n fois la charge limite d'un élément isolé (effet de groupe) et que la portance du groupe de fondations profondes est aussi à vérifier (Article 9.3). La vérification porte, dans ce cas sur deux mécanismes de rupture :

- le défaut de portance des fondations profondes prises individuellement ;

- le défaut de portance des fondations profondes et du sol contenu entre eux, le tout agissant comme un bloc.

La plus faible des valeurs correspondant à ces deux mécanismes de rupture sera choisie comme portance de calcul.

NOTE 3

Lorsque du frottement négatif est pris en compte, les combinaisons d'actions à considérer pour déterminer $F_{c;d}$ sont précisées dans les articles 7.3.1, 7.3.2 et 7.3.3. Il convient de rappeler que les sollicitations dues au frottement négatif ont été isolées car elles ne se cumulent pas intégralement avec celles dues aux actions variables.

(2) La valeur de calcul de la portance $R_{c;d}$ doit être déterminée au moyen de l'une des formules suivantes (Note 1) :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_t \quad (9.2.1.2)$$

ou

$$R_{c;d} = R_{b;k} / \gamma_b + R_{s;k} / \gamma_s = R_{b;d} + R_{s;d} \quad (9.2.1.3)$$

- $R_{c;d}$ est la valeur de calcul de la portance du terrain sous une fondation profonde ;
- $R_{c;k}$ est la valeur caractéristique de la portance du terrain sous une fondation profonde ;
- $R_{b;k}$ est la valeur caractéristique de la résistance de pointe d'une fondation profonde ;
- $R_{s;k}$ est la valeur caractéristique de la résistance de frottement axial d'une fondation profonde ;
- $\gamma_t ; \gamma_b ; \gamma_s$ sont les facteurs partiels respectivement pour les résistances $R_{c;k}$, $R_{b;k}$ et $R_{s;k}$.

NOTE 1

Les valeurs des facteurs partiels pour les situations permanentes et transitoires et les situations accidentelles sont présentées à l'article C.2.3.

9.2.4 Procédure du « modèle de terrain »

(1) Dans le cas de la procédure du « modèle de terrain », la valeur caractéristique de la portance $R_{c;k}$ doit être déterminée au moyen des équations suivantes (Note 1) :

$$R_{b;k} = A_b q_{b;k} \text{ et } R_{s;k} = \sum_i A_{s;i} q_{s;i;k} \quad (9.2.4.1) \text{ et } (9.2.4.2)$$

$$q_{b;k} = \frac{q_b}{\gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2}} \text{ et } q_{s;i;k} = \frac{q_{s;i}}{\gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2}} \quad (9.2.4.3) \text{ et } (9.2.4.4)$$

- q_b désigne la valeur de la pression résistante limite à la base d'une fondation profonde ;
- $q_{s;i}$ désigne la valeur de frottement axial unitaire limite de la fondation profonde pour la i ème couche de terrain ;
- $q_{b;k}$ désigne la valeur caractéristique de la pression résistante limite à la base d'une fondation profonde ;
- $q_{s;i;k}$ désigne la valeur caractéristique de frottement axial unitaire limite de la fondation profonde pour la i ème couche de terrain.
- $\gamma_{R;d1}$ est la valeur du coefficient partiel de modèle lié à la dispersion du modèle de calcul (Article 9.2.5) ; sa valeur est présentée dans les annexes F et G ;
- $\gamma_{R;d2}$ est la valeur du coefficient partiel lié au calage des méthodes de calcul décrites dans les annexes F et G sur la pratique antérieure (Article 9.2.5).

NOTE 1

En général, les modèles de calcul sont calés sur les valeurs de portance et de résistance de traction de la fondation profonde les plus probables et le facteur de modèle $\gamma_{R;d1}$ est supérieur à 1 pour prendre en compte leur dispersion. Lorsqu'il n'est pas spécifié, il convient de s'assurer qu'il est inclus dans la méthode de calcul qui doit alors être suffisamment prudente et que l'on peut alors considérer une valeur égale à 1 pour $\gamma_{R;d1}$.

(2) Les valeurs q_b et $q_{s;i}$ doivent être déterminées à partir de valeurs représentatives ou caractéristiques de pression limite p_i et de résistance à la pénétration q_c , conformément à l'article 2.4.5.2 de la norme NF EN 1997-1 (Notes 5 et 6 de l'article 8.5.2 du présent document).

	Procédure du « pieu modèle » (utilisation des coefficients ξ ou de l'Annexe D de la norme NF EN 1990)		Procédure du « modèle de terrain »	
	Procédure du « modèle de terrain »		$\gamma_{R;d2}$ Compression	$\gamma_{R;d2}$ Traction
	$\gamma_{R;d1}$ Compression	$\gamma_{R;d1}$ Traction		
Pieux non ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15	1,15	1,4	1,1	
Pieux ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15	1,4	1,7		
Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20 dans les sables, les sols intermédiaires et les roches	1,4	1,7		
Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20 dans l'argile, les craies et les marnes	2,0	2,0		

Tableau F.2.1 Valeur des coefficients de modèle pour la méthode pressiométrique

14 Justifications à l'état-limite de service

14.1 Généralités

(1) Le dimensionnement des fondations sur pieux doit être vérifié vis-à-vis des états limites de service, (Article 8.3) en utilisant les situations de calcul appropriées (Article 7.3 de la norme NF EN 1997-1 et Section 7 du présent document) et en tenant compte des dispositions qui suivent.

(2) Il convient normalement de donner aux facteurs partiels pour les états limites de service une valeur de 1,0 pour déterminer la valeur de calcul de l'effet des actions et les résistances.

14.2 Mobilisation du terrain par une fondation profonde soumise à une charge axiale

14.2.1 Principe général

(1) Le niveau de sollicitation du terrain par une fondation profonde en service doit être compatible avec les exigences de déplacement axial de la fondation profonde soumise à une sous charge axiale.

(2) Sauf autres spécifications (Clause 14.3 (1)), il convient simplement de vérifier que la mobilisation du terrain demeure inférieure, selon le cas, à la valeur de calcul de la charge de fluage de compression $R_{c;cr;d}$ ou de traction $R_{t;cr;d}$. L'inégalité suivante doit être satisfaite :

$$F_d \leq R_{c;cr;d} \quad (14.2.1.1)$$

$$\text{Avec : } R_{c;cr;d} = R_{c;cr;k} / \gamma_{cr} \quad (14.2.1.2)$$

$$F_d \leq R_{t;cr;d} \quad (14.2.1.3)$$

$$\text{Avec : } R_{t;cr;d} = R_{t;cr;k} / \gamma_{s;cr} \quad (14.2.1.4)$$

- F_d est la valeur de calcul à l'ELS de la charge axiale transmise par le pieu au terrain ;
- (Amendement A1) « $R_{c;cr;d}$ est la valeur de calcul de la charge de fluage de compression, c'est-à-dire la résistance en compression à l'ELS.»
- $R_{c;cr;k}$ est la valeur caractéristique de la charge de fluage de compression ;
- (Amendement A1) « $R_{t;cr;d}$ est la valeur de calcul de la charge de fluage de traction, c'est-à-dire la résistance en traction à l'ELS.»
- $R_{t;cr;k}$ est la valeur caractéristique de la charge de fluage de traction ;
- γ_{cr} et $\gamma_{s;cr}$ sont respectivement les valeurs du facteur partiel sur la charge de fluage de compression et de traction (Tableaux 14.2.1.1 et 14.2.1.2).

(3) La valeur de calcul F_d de la charge verticale transmise à l'ELS par la fondation profonde au terrain doit être déterminée pour les cas de charge les plus défavorables en cours de construction et en cours d'exploitation (Clauses 8.3 (2) et (3)).

(4) La valeur de la charge de fluage de compression ou de traction $R_{cr;k}$ d'une fondation profonde doit être déterminée conformément à l'article 14.2.2.

14.2.2 Charge de fluage d'une fondation profonde

(1) Il convient (Note 1) que les valeurs caractéristiques des charges de fluage de compression $R_{c;cr;k}$ et de traction $R_{t;cr;k}$ d'une fondation profonde soient évaluées à partir des valeurs caractéristiques des résistances de pointe $R_{b;k}$ et de frottement axial $R_{s;k}$ par les relations suivantes :

- pour les éléments de fondation mis en œuvre sans refoulement du sol (Note 2) :

$$R_{c;cr;k} = 0,5R_{b;k} + 0,7R_{s;k} \quad (14.2.2.1)$$

$$R_{t;cr;k} = 0,7R_{s;k} \quad (14.2.2.2)$$

- pour les éléments de fondation mis en œuvre avec refoulement du sol (Note 3) :

$$R_{c;cr;k} = 0,7R_{b;k} + 0,7R_{s;k} \quad (14.2.2.3)$$

$$R_{t;cr;k} = 0,7R_{s;k} \quad (14.2.2.4)$$

NOTE 1

Lorsque des essais de chargement statique sont réalisés, il est admis d'utiliser directement les valeurs caractéristiques de résistance critiques mesurées lorsque les relations indiquées dans cet article donnent des résultats discordants avec les valeurs de $R_{cr;m}$ mesurées pendant l'essai.

NOTE 2

Cette catégorie concerne les éléments de fondation dont la réalisation nécessite l'exécution d'un forage ou d'une excavation dont la section droite correspond à la section nominale de l'élément, et en particulier les pieux forés, les barrettes et les puits.

NOTE 3

Cette catégorie concerne les éléments de fondation mis en place dans le sol par battage ou fonçage, et en particulier les pieux préfabriqués battus en béton armé ou en métal, ainsi que certains pieux, totalement ou partiellement exécutés en place, dont le béton, le mortier ou le coulis qui entre dans leur constitution est mis en œuvre dans une empreinte réalisée dans le sol par battage ou fonçage

Résistance	Symbole	Valeurs
Fût en compression	γ_{cr}	0,9
Fût en traction	$\gamma_{s;cr}$	1,1

Tableau 14.2.1.1 Facteurs partiels de résistance (γ_R) pour les fondations profondes - ELS - Combinaisons caractéristiques

Annexe F (normative) : Portance limite et résistance limite de traction à partir de la méthode pressiométrique

F.1 Préambule

(1) Cette annexe donne les règles pour déterminer la portance limite et la résistance limite de traction d'une fondation profonde isolée sous sollicitation axiale à partir des essais en place au pressiomètre « Ménard » et en particulier de la pression limite pressiométrique p_i .

(2) Cette méthode ne s'applique pleinement que pour les sols (Note 1) et les classes de terrain indiqués dans l'annexe B.

NOTE 1

Les aspects spécifiques au comportement des roches sortent du domaine du présent document. Il convient d'apprécier dans quels cas une fondation dite « au rocher » peut être justifiée par les méthodes proposées et dans quels cas le recours aux méthodes spécifiques de la mécanique des roches est nécessaire.

(3) Cette méthode complète les sections 9, 10 et 14 du présent document qui traitent des justifications à faire respectivement aux états-limites ultimes et aux états-limites de service pour une fondation profonde sous sollicitation axiale en compression et en traction.

F.3 Résistance limite

(1) Cet article définit les procédures pour déterminer la portance limite R_c et la résistance limite de traction R_t d'une fondation profonde isolée réalisée au droit d'un sondage pressiométrique.

(2) La portance limite en compression R_c d'une fondation profonde isolée doit être déterminée à partir de l'expression générale suivante (Notes 1 et 2) :

$$R_c = R_b + R_s \quad (\text{F.3.1})$$

- R_c est la valeur de la portance de la fondation profonde ;
- R_b est la valeur de la résistance de pointe de la fondation profonde ;
- R_s est la valeur de la résistance de frottement axial de la fondation profonde (Note 2) ;

NOTE 1

Les méthodologies de calcul de R_b et R_s sont précisées dans les articles F.4 et F.5.

NOTE 2

La hauteur de mobilisation du frottement ne correspond pas nécessairement à toute la hauteur de l'élément contenue dans le sol. C'est le cas en particulier pour les fondations profondes comportant un double chemisage ou pour les fondations profondes soumises à des frottements négatifs.

F.4 Résistance de pointe

F.4.1 Principe général

(1) L'effort limite mobilisable dû au terme de pointe d'une fondation profonde doit être calculé à partir de l'expression générale suivante :

$$R_b = A_b q_b \quad (\text{F.4.1})$$

- R_b est la valeur de la résistance de pointe d'une fondation profonde ;
- A_b est la surface de la base de la fondation profonde (Article A.10) ;
- q_b est la valeur de la pression de rupture du terrain sous la base du pieu (F.4.2).

F.4.2 Pression de rupture du terrain

(1) Sauf cas particulier (Note 1), la valeur de la pression de rupture du terrain sous la base de la fondation profonde doit être calculée à partir de l'expression générale suivante :

$$q_b = k_p p_{ie}^* \quad (\text{F.4.2.1})$$

- k_p est le facteur de portance pressiométrique en tenant en compte des clauses de l'Article A.10 ;
- p_{ie}^* est la pression limite nette équivalente.

(2) La valeur du facteur de portance pressiométrique k_p doit être déterminée à partir des valeurs du tableau F.4.2.1 en fonction de la nature de la formation dans laquelle se trouve la base de la fondation profonde, de son mode de mise en œuvre (Note 1) et de son encastrement.

(3) Dans le cas d'une formation porteuse homogène (Notes 1 et 2), la valeur de la pression limite nette équivalente p_{le}^* doit être déterminée à partir de l'expression générale suivante :

$$p_{le}^* = \frac{1}{b + 3a} \int_{D-b}^{D+3a} p_i^*(z) dz \quad (\text{F.4.2.3})$$

- $p_i^*(z)$ est le profil des pressions limites nettes considéré comme représentatif (Note 3) ;
- p_{le}^* est la pression limite nette équivalente ;
- D est la profondeur de la fondation ;
- B est la largeur du pieu ;
- h est la hauteur du pieu contenue dans la formation porteuse ;

$$a = \max\left\{\frac{B}{2}; 0,5\right\} \quad (\text{F.4.2.4})$$

$$b = \min\{a; h\} \quad (\text{F.4.2.5})$$

NOTE 1

A titre indicatif, une formation peut être considérée comme homogène si elle est composée d'un sol de nature unique et si la pression limite maximale mesurée dans cette formation n'excède pas deux fois la pression limite minimale.

F.5 Résistance de frottement axial

F.5.1 Principe général

(1) L'effort limite mobilisable par frottement axial sur la hauteur concernée du fût de la fondation profonde doit être calculé à partir de l'expression générale suivante :

$$R_s = P_s \int_0^D q_s(z) dz \quad (\text{F.5.1})$$

- R_s est la valeur de la résistance de frottement axial d'une fondation profonde ;
- P_s est le périmètre du fût du pieu (Article A.10) ;
- D est la longueur de la fondation contenue dans le terrain (Note 1) ;
- $q_s(z)$ est la valeur du frottement axial unitaire limite à la cote z (Article F.5.2) ;

NOTE 1

La hauteur L_s où le frottement axial est mobilisé ne correspond pas nécessairement à toute la hauteur de l'élément contenue dans le sol. C'est le cas en particulier des pieux comportant un double chemisage ou pour les pieux soumis à des frottements négatifs. Dans ce dernier cas, il conviendra si nécessaire de définir deux valeurs de R_s , l'une pour la compression, l'autre pour la traction.

F.5.2 Frottement axial unitaire limite q_s

(1) La valeur du frottement axial unitaire limite q_s à la profondeur z doit être déterminée en fonction de la nature du terrain, du mode de mise en œuvre du pieu et de la valeur de pression limite nette mesurée à cette même profondeur, à partir des tableaux F.5.2.1 et F.5.2.2 et de la figure F.5.2.1.

(2) La valeur du frottement axial unitaire limite à la profondeur z est déterminée à partir de la relation suivante :

$$q_s(z) = \alpha_{\text{pieu-sol}} f_{\text{sol}} [p_i^*(z)] \quad (\text{F.5.2.1})$$

- $p_i^*(z)$ est la pression nette à la profondeur z ;
- (Amendement A1) « $\alpha_{\text{pieu-sol}}$ est un paramètre adimensionnel qui dépend à la fois du type de pieu et du type de sol, défini dans le tableau F.5.2.1 ; »
- f_{sol} est une fonction qui ne dépend que du type de sol et des valeurs de p_i^* .

(3) Les fonctions f_{sol} sont définies pour les différents types de sol par les équations suivantes (Figure F.5.2.1) :

$$f_{\text{sol}}(p_i^*) = (ap_i^* + b) \left(1 - e^{-cp_i^*}\right) \quad (\text{F.5.2.2})$$

Les valeurs des paramètres a , b et c sont définies dans le tableau F.5.2.2 pour des valeurs de pression limite nette p_i^* en MPa et des valeurs f_{sol} en MPa.

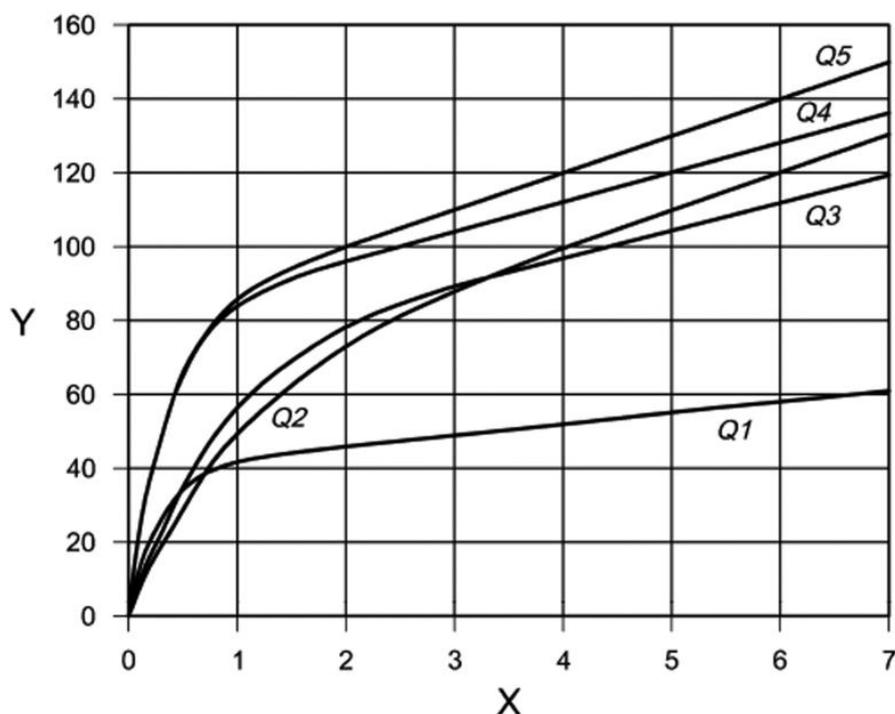
(4) Pour des pressions limites nettes faibles (inférieures à 0,2 MPa pour les argiles et les limons et inférieures à 0,3 MPa pour les sables), il convient de s'assurer que le frottement axial unitaire considéré est pérenne. Il est donc nécessaire de mener une étude particulière justifiant cette hypothèse (par exemple, en démontrant l'absence de frottements négatifs induits par des surcharges ou des variations du niveau de la nappe).

(5) Indépendamment des courbes de la figure F.5.2.1 et de la relation générale de l'équation F.5.2.2 définies sur la base de mesures expérimentales, il convient de s'assurer que les valeurs de frottement axial unitaire déterminées ne sont pas supérieures à celles définies dans le tableau F.5.2.3.

(6) Pour les fondations profondes de grande longueur visées au tableau F.5.2.1 (signe ##), avec les sols correspondants, on appliquera un abattement de 50 % sur la valeur de frottement déduite de l'application des différents tableaux et figures sur les sections de pieu situées à 25 m ou plus au-dessus de la pointe.

Type de sol	Argile % CaCO ₃ < 30% Limon Sols intermédiaires	Sols intermédiaires Sable Grave	Craie	Marne et Calcaire- Marneux	Roche altérée ou fragmentée
Choix de la courbe	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
a	0,003	0,01	0,007	0,008	0,01
b	0,04	0,06	0,07	0,08	0,08
c	3,5	1,2	1,3	3	3

Tableau F.5.2.2 Valeurs numériques des paramètres a, b et c des courbes f_{sol} — Méthode pressiométrique



Légende : X : p_1^* [MPa] – Y : f_{sol} [kPa]

Figure F.5.2.1 Courbes f_{sol} pour la méthode pressiométrique

Annexe 9 : Exigences de moyens RT2012

Chapitres et articles	Respect des caractéristiques thermiques et exigences de moyens de l'arrêté décrites au titre III	Recours à l'article
Chapitre III : Isolation thermique		
Art 18 Art 15	Isolation des parois séparant les parties de bâtiments à occupation continue de parties de bâtiment à occupation discontinue, U inférieure ou égale à 0,36 W/(m ² .K) en valeur moyenne	conforme
Art 19 (a) Art 16 (a)	Ratio de transmission thermique linéique moyen global, Ratio Psi (Y) des ponts thermiques du bâtiment inférieur ou égal à 0,28 W/(m ² S _{RT} .K). Valeur calculée : 0.06	conforme
Art 19 (c) Art 16 (c)	Coefficient de transmission thermique linéique moyen Psi 9 (Y9) des liaisons entre les planchers intermédiaires et les murs donnant sur l'extérieur ou un local non chauffé, inférieur ou égal à 0,60 W/(ml.K). Valeur calculée : 0	conforme
Chapitre V : Confort d'été		
Art 22 Art 18	Les ouvertures des baies d'un même local autre qu'à occupation passagère, et de catégorie CE1, s'ouvrent sur au moins 30% de leur surface totale. Cette limite est ramenée à 10% dans le cas de locaux pour lesquels la différence d'altitude entre le point bas de son ouverture la plus basse et le point haut de son ouverture la plus haute est supérieure ou égale à 4m.	conforme
Chapitre VIII : Dispositions diverses dans les bâtiments ou parties de bâtiments à usage autre que d'habitation		
Art 31 Art 19	Les bâtiments ou parties de bâtiments sont équipés de systèmes permettant de mesurer ou de calculer la consommation d'énergie : pour le chauffage (par tranche de 500m ² de surface S _{RT} concernée ou par tableau électrique, ou par étage, ou par départ direct); pour le refroidissement (par tranche de 500m ² de surface S _{RT} concernée ou par tableau électrique, ou par étage); pour la production d'eau chaude sanitaire; pour l'éclairage (par tranche de 500m ² de surface S _{RT} concernée ou par tableau électrique, ou par étage); pour le réseau des prises de courant (par tranche de 500m ² de surface S _{RT} concernée ou par tableau électrique, ou par étage), pour les centrales de ventilation (par centrale); et par départ direct de plus de 80 ampères.	conforme
Art 32 Art 20	La ventilation des locaux ou groupes de locaux ayant des occupations ou des usages nettement différents doit être assurée par des systèmes indépendants.	conforme
Art 33 Art 21	Pour les bâtiments ou parties de bâtiments équipés de systèmes mécanisés spécifiques de ventilation, tout dispositif de modification manuelle des débits d'air d'un local est temporisé.	conforme
Art 34 Art 22	Une installation de chauffage comporte par local desservi un ou plusieurs dispositifs d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure du local. Toutefois lorsque l'intégralité du chauffage est assurée par un plancher chauffant à eau chaude fonctionnant à basse température ou par l'air insufflé ou par un appareil indépendant de chauffage à bois, ce dispositif peut être commun à des locaux d'une surface S _{RT} totale maximale de 100 m ² .	conforme
Art 35 Art 23	Toute installation de chauffage desservant des locaux à occupation discontinue comporte un dispositif de commande manuelle et de programmation automatique au moins par une horloge permettant une fourniture de chaleur selon les quatre allures (confort, réduit, hors gel et arrêt), et une commutation automatique entre ces allures. Lors d'une commutation entre deux allures, la puissance de chauffage est nulle ou maximum de manière à minimiser les durées des phases de transition. Un tel dispositif ne peut être commun qu'à des locaux dont les horaires d'occupation sont similaires. Un même dispositif peut desservir au plus une surface S _{RT} de 5 000 m ² .	conforme
Art 36 Art 24	Les réseaux collectifs de distribution à eau de chauffage ou de refroidissement sont munis d'un organe d'équilibrage en pied de chaque colonne. Les pompes des installations de chauffage et des installations de refroidissement sont munies de dispositifs permettant leur arrêt.	conforme
Art 37 Art 25	Tout local est équipé d'un dispositif d'allumage et d'extinction de l'éclairage manuel ou automatique en fonction de la présence.	conforme
Art 38 Art 26	Tout local dont la commande d'éclairage est du ressort de son personnel de gestion, même durant les périodes d'occupation, comporte un dispositif permettant l'allumage et l'extinction de l'éclairage. Si le dispositif n'est pas situé dans le local considéré, il permet de visualiser l'état de l'éclairage dans ce local depuis le lieu de commande.	conforme
Art 39 Art 27	Pour les circulations et parties communes intérieures verticales et horizontales, tout local comporte un dispositif automatique permettant, lorsque le local est inoccupé, l'extinction des sources de lumière ou l'abaissement de l'éclairement au niveau minimum réglementaire. De plus, lorsque le local a accès à l'éclairage naturel, il intègre un dispositif permettant une extinction automatique du système d'éclairage dès que l'éclairement naturel est suffisant. Un même dispositif dessert au plus une surface S _{RT} maximale de 100m ² et un seul niveau pour les circulations horizontales et parties communes intérieures, et au plus trois niveaux pour les circulations verticales.	conforme
Art 40 Art 28	Les parcs de stationnements couverts et semi-couverts comportent soit un dispositif permettant d'abaisser le niveau d'éclairement au niveau minimum réglementaire pendant les périodes d'inoccupation, soit un dispositif automatique permettant l'extinction des sources de lumière artificielle pendant les périodes d'inoccupation, si aucune réglementation n'impose un niveau minimal. Un même dispositif ne dessert qu'un seul niveau et au plus une surface de 500 m ² .	conforme
Art 41 Art 29	Dans un même local, les points éclairés artificiellement, placés à moins de 5 m d'une baie, sont commandés séparément des autres points d'éclairage dès que la puissance totale installée dans chacune de ces positions est supérieure à 200 W.	conforme
Art 30	Les locaux refroidis de S _{RT} supérieure à 150 m ² ou à 30% de la S _{RT} du bâtiment sont pourvus de dispositifs spécifiques de ventilation.	non renseigné
Art 43 Art 31	Les portes d'accès à une zone refroidie à usage autre que d'habitation, sont équipées d'un dispositif assurant leur fermeture après passage	conforme
Art 32	Une installation de refroidissement comporte, par local desservi, un ou plusieurs dispositifs d'arrêt manuel et de réglage automatique de la fourniture de froid en fonction de la température intérieure. Ou dispositions particulières pour certains systèmes spécifiés dans l'arrêté du 28 décembre 2012	non renseigné
Art 45 Art 33	Avant émission finale dans le local, sauf dans le cas où le chauffage est obtenu par récupération sur la production de froid, l'air n'est pas chauffé puis refroidi, ou inversement, par des dispositifs utilisant de l'énergie et destinés par conception au chauffage ou au refroidissement de l'air.	conforme

Annexe 10 : Méthode de calcul $Bbio_{max}$ et Cep_{max}

Catégories CE1 et CE2

Un local est de catégorie CE2 s'il est muni d'un système de refroidissement et si l'une des conditions présentées dans le tableau suivant est respectée.

Usages	Zone de bruit	Zones climatiques														
		H1a	H1b	H1c < 400m	H1c > 400m	H2a	H2b	H2c < 400m	H2c > 400m	H2d < 400m	H2d > 400m et < 800m	H2d > 800m	H3 < 400m	H3 > 400m et < 800m	H3 > 800m	
Habitation Hébergement	BR1															
	BR2															
	BR3									CE2			CE2			
Enseignement	BR1															
	BR2															
	BR3									CE2						
Bureaux	BR1															
	BR2			CE2				CE2			CE2			CE2		
	BR3															

Les autres locaux sont de catégorie CE1.

La surface thermique, au sens de la réglementation thermique, d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment, SRT, est égale à la surface utile de ce bâtiment ou de cette partie de bâtiment, multipliée par un coefficient dépendant de l'usage défini ci-dessous :

Usage du bâtiment ou de la partie de bâtiment	COEFFICIENT multiplicateur
Bâtiment universitaire et de recherche	1,2
Hôtel	1,1
Restaurant	1,2
Commerce	1,1
Gymnase et salle de sport, y compris vestiaires	1,1
Etablissement pour personnes âgées ou personnes dépendantes	1,1
Etablissement de santé	1,1
Aérogare	1,2
Bâtiment à usage industriel et artisanal	1,1
Tribunal, palais de justice	1,2

Bâtiments ou parties de bâtiment universitaire d'enseignement et de recherche

1- Modulations du $Bbio_{max}$

$$Bbio_{max} = Bbio_{maxmoyen} \cdot (M_{bgéo} + M_{balt} + M_{bsurf})$$

La valeur moyenne $Bbio_{maxmoyen}$ définie par type d'occupation du bâtiment ou de la partie de bâtiment et par catégorie CE1/CE2 prend les valeurs suivantes :

	CATÉGORIE CE1	CATÉGORIE CE2
$Bbio_{maxmoyen}$	55	100

Le coefficient $M_{bgéo}$ de modulation du $Bbio_{max}$ selon la localisation géographique prend les valeurs suivantes :

Dans le cas où le bâtiment ou la partie du bâtiment est en catégorie CE1 :

	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
$M_{bgéo}$	1,1	1,3	1,2	1,1	1	1	0,9	0,8

Dans le cas où le bâtiment ou la partie du bâtiment est en catégorie CE2 :

	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
$M_{bgéo}$	0,9	1,1	1,1	0,9	1	1	1,2	1,2

Le coefficient M_{balt} de modulation du $Bbio_{max}$ selon l'altitude prend les valeurs suivantes :

Dans le cas où le bâtiment ou la partie du bâtiment est en catégorie CE1 :

	0 à 400 m	401 à 800 m	801 m et plus
M_{balt}	0	0,3	0,5

Dans le cas où le bâtiment ou la partie du bâtiment est en catégorie CE2 :

	0 à 400 m	401 à 800 m	801 m et plus
M_{balt}	0	0	0,1

Le coefficient M_{bsurf} de modulation du $Bbio_{max}$ selon la surface du bâtiment ou de la partie de bâtiment est pris égal à 0.

2- Modulations du Cep_{max}

$$Cep_{max} = 50 \cdot M_{ctype} \cdot (M_{cgéo} + M_{calt} + M_{csurf} + M_{cGES})$$

Le coefficient M_{ctype} de modulation du Cep_{max} selon le type de bâtiment ou de partie de bâtiment et sa catégorie CE1/CE2 prend les valeurs suivantes :

	CATÉGORIE CE1	CATÉGORIE CE2
M_{ctype}	1,3	1,6

Le coefficient $M_{cgéo}$ de modulation du Cep_{max} selon la localisation géographique prend les valeurs suivantes :

Dans le cas où le bâtiment ou la partie du bâtiment est en catégorie CE1 :

	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
$M_{cgéo}$	1,1	1,1	1	1	1	0,9	0,9	0,8

Dans le cas où le bâtiment ou la partie du bâtiment est en catégorie CE2 :

	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
$M_{cgéo}$	0,9	1,1	1,1	1	1	1	1,2	1,2

Le coefficient M_{calt} de modulation du Cep_{max} selon l'altitude prend les valeurs suivantes :

	0 à 400 m	401 à 800 m	801 m et plus
M_{calt}	0	0	0

Le coefficient M_{cGES} de modulation du Cep_{max} selon les émissions de gaz à effet de serre prend la valeur suivante :

Dans le cas d'une utilisation locale de bois énergie comme énergie principale utilisée pour la production de chauffage :

$$M_{cGES} = 0,15$$

Dans le cas où le bâtiment ou la partie de bâtiment est raccordé simultanément à un réseau de chaleur et à un réseau de froid :

$$M_{cGES} = \frac{M_{cGESchaud} + M_{cGESfroid}}{2}$$

où :

Contenu CO ₂ des réseaux de chaleur g/kWh				
	Contenu CO ₂ ≤ 50	50 ≤ contenu CO ₂ ≤ 100	100 ≤ contenu CO ₂ ≤ 150	Contenu CO ₂ > 150
$M_{cGESchaud}$	0,15	0,1	0,05	0
Contenu CO ₂ des réseaux de chaleur g/kWh				
	Contenu CO ₂ ≤ 50	50 ≤ contenu CO ₂ ≤ 100	100 ≤ contenu CO ₂ ≤ 150	Contenu CO ₂ > 150
$M_{cGESfroid}$	0,15	0,1	0,05	0

Dans le cas où le bâtiment ou la partie de bâtiment est raccordé à un réseau de chaleur ou à un réseau de froid :

Contenu CO ₂ des réseaux de chaleur g/kWh				
	Contenu CO ₂ ≤ 50	50 ≤ contenu CO ₂ ≤ 100	100 ≤ contenu CO ₂ ≤ 150	Contenu CO ₂ > 150
M_{cGES}	0,15	0,1	0,05	0

Dans tous les autres cas, le coefficient M_{cGES} est égal à 0.

Le coefficient M_{csurf} de modulation du Cep_{max} selon la surface du bâtiment ou de la partie de bâtiment est pris égal à 0.

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

11.0.0 GENERALITES ET PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

11.0.10 BASE DE CALCUL

Thermique

Surface utile du bâtiment : 1086 m²
Département : Aude (81) – zone thermique H2c
Altitude : 250 m
Température extérieure de base : hiver –6°C

La température en hiver à l'intérieur des locaux classiques devra être de 20°C quelle que soit la température de base du lieu géographique.

Distribution canalisation plomberie

Les débits de base instantanés seront calculés d'après le tableau 1 du DTU 60.11 partie 1 qui précise les débits minimaux à prendre en compte pour le calcul des réseaux EF et ECS.

Pour obtenir une isolation phonique normale, la vitesse de passage maximum de l'eau sera de :

- Branchement général 2 m/seconde
 - Distribution principale 1,50 m/seconde
 - Colonne montante 1 m/seconde.
- [...]

Ventilation

Les réseaux de ventilation seront déterminés en fonction de la réglementation actuelle [...]

Débit de renouvellement d'air à assurer :

Locaux	Débits (m3/h)
WC	30
WC PMR avec lave-mains d'angle	45
(N+1) x Sanitaires	30 + Nx15
Locaux classique	18 par occupant

Vitesse dans réseaux d'extraction

Localisation	Vitesse maxi (m/s)
Gaine technique	4
Plénum	3,5
Toiture terrasse	4

Vitesse dans réseaux de soufflage

Localisation	Vitesse maxi (m/s)
Gaine technique	4
Plénum	2,5
Toiture terrasse	4

11.1.00 CHAUFFAGE

11.1.01 POMPE A CHALEUR REVERSIBLE AIR/EAU

La production de chaleur (et rafraîchissement de la ventilation) sera assurée par une pompe à chaleur air/eau. Cette pompe à chaleur sera implantée sur plots anti-vibratiles. Elle sera positionnée dans le local technique PAC. [...]

Le rejet sera gainé sur l'extérieur avec mise en œuvre d'un piège à son dimensionné selon l'étude du bureau acoustique fournit à l'appel d'offre.

Un pan de mur de ce local sera entièrement grillagé de sorte à autoriser une ventilation correcte pour la machine.

La production d'eau chaude/d'eau glacée sera assurée par un groupe de production d'eau glacée réversible sans module hydraulique incorporé selon la norme EN 14511 avec :

- 1 compresseur hermétique scroll
- échangeur à plaques brasées, plaques d'extrémité et internes en acier inoxydable AISI 316
- condenseur à air avec ventilateur hélicoïde et batterie cintré tube cuivre ailettes aluminium
- Grille de protection batterie
- [...]
- P calorifique : 57,3kW
- P frigorifique : 53,16kW
- COP : 3,90
- EER : 2,85

Le système de régulation de la pompe à chaleur assurera :

- * La régulation de la température d'eau glacée
- * La régulation de la température d'eau chaude
- * Variation du point de consigne en fonction de la température extérieure
- * Gestion de l'anti court-cycle
- * Affichage de la température d'eau

11.1.02 TUBE ET CALORIFUGE [...]

11.1.03 CIRCUIT PRIMAIRE

Le titulaire du présent lot devra la fourniture et la pose d'une bouteille de découplage (servant de ballon tampon également pour la PAC) isolé M1 de 500 Litres pour application Eau glacée (anti-condensation) avec deux départs et retours au primaire, trois aller/retour au secondaire. Elle sera pourvue d'une résistance électrique étagée de 20kW. Elle sera équipée d'un purgeur et d'une sonde de température en point haut et d'une vanne de vidange en point bas.

Les trois départs secondaires seront dissociés comme suit :

- un circuit sera dédié au plancher chauffant de la Bibliothèque
- un circuit sera dédié au plancher chauffant du Learning-café
- le dernier circuit sera dédié aux batteries réversibles des centrales double flux

Le circuit relié à la Pompe à chaleur sera composé des éléments suivants :

- *Vanne d'isolement 1/4 de tour*
- *Circulateur électronique double avec manchons anti-vibratiles*
- *Clapets anti-retour*
- *Thermomètres à cadran avec doigt de gant*
- *Vanne d'équilibrage*
- [...]

11.1.04 CIRCUIT SECONDAIRE PCBT BIBLIOTHEQUE

A placer sur le circuit :

- *Vanne d'isolement type 1/4 de tour passage intégral*
- *V3V motorisée en débit constant vers les collecteurs*
- *Circulateur électronique double avec manchons anti-vibratiles*
- *Thermomètre départ circuit*
- *Sonde Départ (REGULATION)*
- *Vanne d'équilibrage*
- [...]

11.1.05 CIRCUIT SECONDAIRE PCBT LEARNING CAFÉ [...]

11.1.06 CIRCUIT SECONDAIRE BATTERIES CTA

Le circuit secondaire Batteries Réversibles sera composé des éléments suivants :

- *Vanne d'isolement type 1/4 de tour passage intégral*
- *Circulateur électronique double avec manchons anti-vibratiles*
- *Thermomètre départ circuit*
- *Clapets anti-retour*
- *V3V motorisée sur chaque batterie (REGULATION)*

- Vanne d'équilibrage[...]
- 11.1.07 EXPANSION ET REMPLISSAGE [...]
- 11.1.08 REGULATION [...]
- 11.1.09 ARMOIRE ELECTRIQUE [...]

11.1.10 RESEAU DE DISTRIBUTION

La distribution s'effectuera de la façon suivante :

- depuis la bouteille de mélange jusqu'aux collecteurs (respectivement répartis par zone : Bibliothèque et Learning-Café) le réseau cheminera en caisson démontable en pourtour du bâtiment depuis le local Technique en tube cuivre avec isolation 19mm à l'intérieur du bâtiment et 25mm à l'extérieur de classe M1.
- depuis la bouteille de mélange jusqu'aux batteries des centrales double flux le réseau cheminera en caisson démontable en pourtour du bâtiment depuis le local Technique ainsi qu'en combles en tube cuivre avec isolation 19mm à l'intérieur du bâtiment et 25mm à l'extérieur de classe M1.

On placera des vannes d'isolement de part et d'autre de l'alimentation des collecteurs ainsi qu'une vanne d'équilibrage sur leur retour.

On placera les équipements suivants en distribution terminale des batteries :

- Vanne d'isolement 1/4 de tour
- Vanne d'équilibrage avec servo moteur
- Automate de régulation
- Pressostat manque d'air
- Sonde de soufflage
- Thermostat de sécurité
- Thermostat antigel

Les réseaux seront équipés de vanne d'isolement sur chaque dérivation desservant un secteur. Les tubes seront dimensionnés de façon à satisfaire une perte de charge maxi de 15mmce/m. [...]

11.1.10 PLANCHER CHAUFFANT [...]

11.1.12 SECHE MAINS A AIR PULSE [...]

11.2.00 PLOMBERIE

L'origine du réseau sera située dans le local Rangement en RdC. Les réseaux en amont de l'arrivée d'eau en sol sont hors lot.

11.2.01 COMPTAGES ET ORIGINE DE L'INSTALLATION [...]

11.2.02 DISTRIBUTION INTERIEURE [...]

11.2.03 CHUTES EAUX USEES ET EAUX VANNES [...]

11.2.04 PRODUCTION ECS THERMODYNAMIQUE

La production d'ECS sera assurée par un chauffe-eau électrique à accumulation.

Raccordement hydraulique du cumulus et mise en œuvre comprenant :

- . L'alimentation en eau froide dans un diamètre suffisant sans être inférieur à DN15, compris tous raccords et accessoires;
- . Les différents départs eau chaude
- . Le groupe de sécurité raccordé sur le réseau d'évacuation avec entonnoir et siphon PVC

11.3.00 APPAREILS SANITAIRES [...]

11.4.00 VENTILATION

11.4.01 VENTILATION DOUBLE FLUX BIBLIOTHEQUE

La Bibliothèque sera ventilée par un système de ventilation mécanique double flux. La Ventilation est de type Confort. Elle sera pilotée par l'arrêt d'urgence placé dans le hall principal du bâtiment.

Centrale

On mettra en œuvre une centrale double flux isolée double peau en sol dans le local technique prévu à cet effet. Y compris filtres, interrupteur de proximité, pressostat réglable et câblage. Cette centrale possèdera un échangeur à haut rendement. Elle sera fixée par l'intermédiaire de plots anti-vibratiles.

Le titulaire du présent lot devra la fourniture et la pose d'évacuation des condensats de la centrale par siphon sec y compris PVC Ø32 jusqu'en local technique et VS avec raccordement sur le réseau EU/EV.

Les moteurs de ventilation devront être équipés d'un dispositif de coupure thermique de l'alimentation électrique en cas de surchauffe des moteurs (isotherme).

Accessoires

Des pièges à son passifs en matériaux classés M0 seront positionnés sur les branches principales de soufflage et d'extraction. Les pièges à son seront dimensionnés selon études acoustique fournie à l'appel d'offre

Le raccordement de la centrale à l'aspiration et au refoulement se fera par manchette souple M0.

Le rejet d'air vicié et la prise d'air neuf s'effectueront en extérieur (à une distance de 8m l'un de l'autre) par l'intermédiaire de visière anti-intempérie. [...]

Batterie réversible sur soufflage

Réseaux extérieurs entre l'air ambiant et la centrale

Le réseau de prise d'air neuf sera réalisé en en tôle galvanisée spiralée. Le réseau de rejet d'air vicié sera réalisé en en tôle galvanisée spiralée.

Réseaux extérieurs situés entre le bâtiment et la centrale

Les réseaux entre le bâtiment et la centrale cheminant à l'extérieur seront isolé 50mm avec tôle de finition.

Réseaux intérieurs

Les réseaux de desserte du bâtiment (insufflation d'air neuf et aspiration de l'air vicié) seront réalisés en tôle galvanisée spiralée avec isolation de type simple peau 25mm ou techniquement équivalent.

Le raccordement terminal sera effectué par un réseau souple isolé acoustiquement. [...]

Une partie des réseaux pourra être oblongue pour réaliser les passages sous poutres ou respecter les hauteurs de plénums utiles demandées par l'architecte.

Bouches d'extraction et de Soufflage

La reprise et le soufflage dans les grands locaux s'effectueront par des diffuseurs plafonniers 600x600 à piquage arrière avec module de réglage.

Certaines bouches d'extraction seront auto-réglables avec manchette à pattes de fixations.

Certaines bouches d'extraction et de soufflage seront auto-réglables avec régulateur à débit constant.

L'ensemble de l'installation sera livré y compris mise en service, réglage, équilibrage des réseaux, raccords, fixations anti-vibratiles, câblage de tous les organes et accessoires.

Modulation de la ventilation

Les grandes pièces à vivre seront équipées de ventilation modulée soit par détection de présence soit par détection de CO₂.

Une modulation par détection de présence comprendra la fourniture et mise en œuvre de :

- Registres proportionnels avec servomoteur sur le réseau de soufflage et celui de reprise
- Détecteur de présence

Une modulation par détection CO₂ comprendra la fourniture et mise en œuvre de :

Registres proportionnels avec servomoteur sur le réseau de soufflage et celui de reprise

Sonde murale DCO2 24V [...]

Divers

L'ensemble de l'installation sera livré après mise en service, réglage, équilibrage des réseaux, câblage de tous les organes et accessoires.

11.4.02 VENTILATION DOUBLE FLUX SALLE DE TRAVAIL [...]

11.4.03 VENTILATION DOUBLE FLUX TRAITEUR [...]

11.4.04 VENTILATION DOUBLE FLUX ADMINISTRATION [...]

11.4.05 VENTILATION SIMPLE FLUX DES LOCAUX A POLLUTION SPECIFIQUE [...]

11.4.06 VENTILATION LOCAL TECHNIQUE

Afin de ventiler la sous-station, on mettra en œuvre une VH et une VB. Cela comprendra la fourniture et la pose de grilles de ventilation en aluminium avec ailettes pare-pluie. Le présent lot devra également la fourniture et mise en place de grilles intérieures esthétiques. Y compris fourniture des contres cadre (pose hors lot).

Diffuseurs carrés multi-fentes

Série ALD 610 K

SÉLECTION - SOUFFLAGE AVEC EFFET DE PLAFOND

Ak (m²)	Dimensions	qv (m³/h)												Lw	Lt											
		150		200		250		300		400		500				600		800		1000		1200		1400		
0,016	600-1 fente	18	2,3	25	2,7	30	3	33	3,4	39	4														Lw	Lt
		2,4	5	3,3	9	4	13	4,9	20	6,5	35														Vk	Pa
0,018	675-1 fente	16	2	23	2,6	28	2,9	32	3,3	38	3,9	43	4,6													
		2,3	4	2,9	7	3,8	12	4,5	17	6	30	7,5	46													
0,030	600-2 fentes					20	2,5	24	2,9	29	3,4	35	3,9	38	4,5	44	5,4									
						2,3	4	2,7	6	3,6	11	4,5	17	5,5	25	7,1	42									
0,034	675-2 fentes					18	2,6	22	2,8	27	3,3	33	3,8	36	4,2	42	5,2									
						2	3	2,4	5	3,2	8	4	13	4,9	19	6,5	35									
0,045	600-3 fentes									22	2,9	27	3,4	30	3,8	36	4,6	41	5,4	45	6,3					
										2,3	4	2,9	7	3,4	9	4,6	17	5,9	29	6,9	39					
0,051	675-3 fentes									20	2,8	25	3,3	28	3,7	35	4,4	39	5,2	43	6					
										2	3	2,6	5	3	7	4	13	5,1	22	6,2	33					
0,060	600-4 fentes									22	3,1	26	3,5	32	4,2	37	5	41	5,7	44	6,6					
										2,2	4	2,6	5	3,5	10	4,5	16	5,2	22	6,2	31					
0,068	675-4 fentes	Lw	Lt											23	3,4	29	4	35	4,7	38	5,4	42	6,2			
		Vk	Pa											2,4	4	3	7	3,9	12	4,6	17	5,5	25			

Les valeurs Lw (NR) ne tiennent pas compte de l'atténuation du local. Vt = 0.37 m/s. Tests réalisés avec le plénum standard.

SÉLECTION - REPRISE SANS FILTRE

Ak (m²)	Dimensions	qv (m³/h)												Lw	Lt											
		150		200		250		300		400		500				600		800		1000		1200		1400		
0,012	600-1 fente	13	-	20	-	25	-	28	-	34	-														Lw	-
		3,1	8	4,3	15	5,2	22	6,4	50	8,5	59															Vk
0,014	675-1 fente	11	-	18	-	23	-	27	-	33	-															
		3,0	7	3,8	12	4,9	20	5,9	29	7,8	47															
0,023	600-2 fentes					15	-	19	-	24	-	30	-	33	-											
						3,0	7	3,5	10	4,7	17	5,9	29	7,2	43											
0,026	675-2 fentes					13	-	17	-	22	-	28	-	31	-	37	-									
						2,6	5	3,1	8	4,2	14	5,2	22	6,4	32	8,4	59									
0,035	600-3 fentes									17	-	22	-	25	-	31	-	36	-							
										3,0	7	3,8	12	4,4	15	6,0	29	7,7	49							
0,039	675-3 fentes									15	-	20	-	23	-	30	-	34	-	38	-					
										2,6	5	3,4	8	3,9	12	5,2	22	6,6	37	8,1	56					
0,046	600-4 fentes									17	-	21	-	27	-	32	-	36	-	39	-					
										2,9	7	3,4	8	4,6	17	5,9	27	6,8	37	8,1	53					
0,052	675-4 fentes	Lw	-											18	-	24	-	30	-	33	-	27	-			
		Vk	Pa											3,1	7	3,9	12	5,1	20	6,0	29	7,2	43			

Les valeurs Lw (NR) ne tiennent pas compte de l'atténuation du local. Tests réalisés avec le plénum standard.

SÉLECTION - REPRISE AVEC FILTRE G2

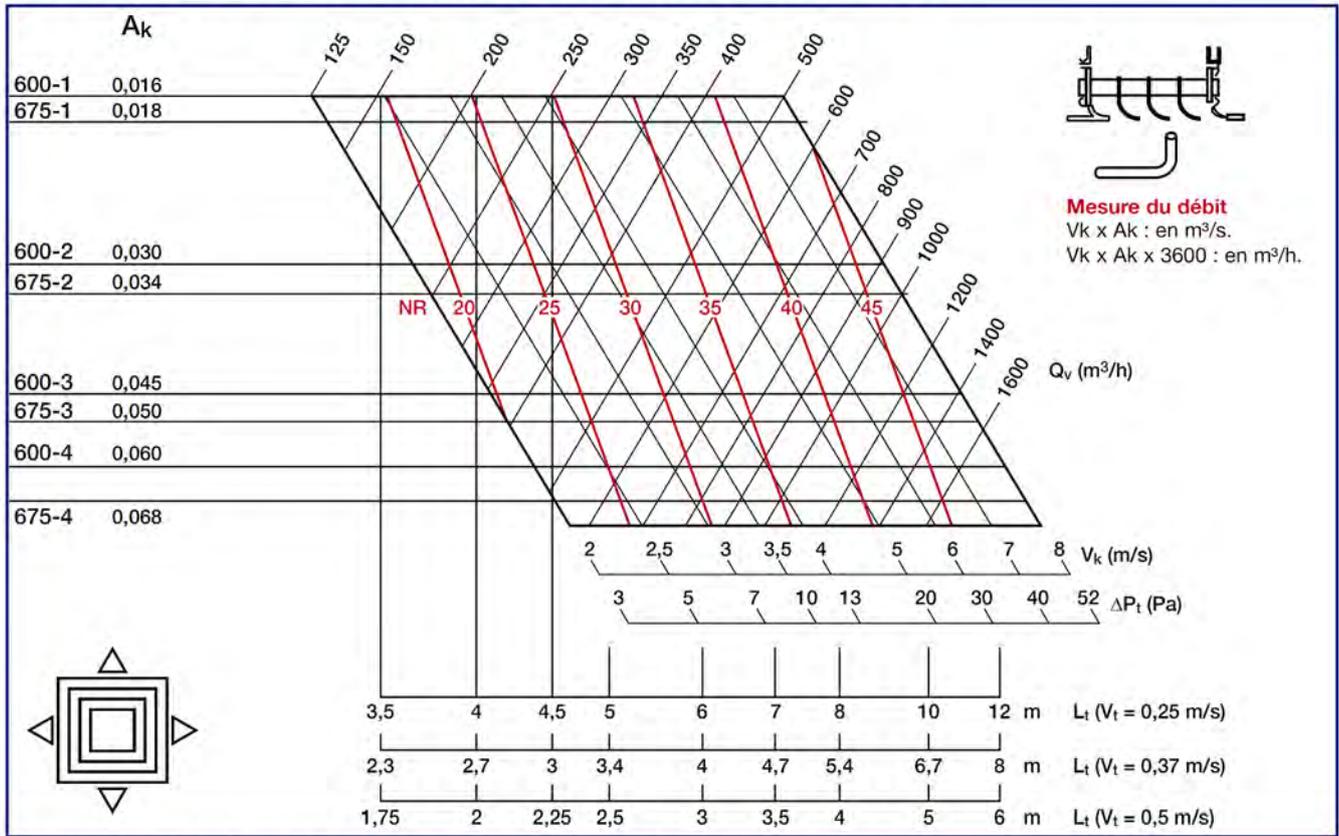
Ak (m²)	Dimensions	qv (m³/h)												Lw	Lt											
		150		200		250		300		400		500				600		800		1000		1200		1400		
0,012	600-1 fente	13	-	20	-	25	-	28	-	34	-														Lw	-
		3,1	8	4,3	15	5,2	23	6,4	52	8,5	63															Vk
0,014	675-1 fente	11	-	18	-	23	-	27	-	33	-															
		3,0	7	3,8	12	4,9	21	5,9	31	7,8	55															
0,023	600-2 fentes					15	-	19	-	24	-	30	-	33	-											
						3,0	8	3,5	12	4,7	23	5,9	34	7,2	50											
0,026	675-2 fentes					13	-	17	-	22	-	28	-	31	-	37	-									
						2,6	6	3,1	10	4,2	18	5,2	27	6,4	39	8,4										
0,035	600-3 fentes									17	-	22	-	25	-	31	-	36	-							
										3,0	11	3,8	17	4,4	22	6,0	40	7,7	68							
0,039	675-3 fentes									15	-	20	-	23	-	30	-	34	-	38	-					
										2,6	9	3,4	13	3,9	19	5,2	33	6,6	56	8,1						
0,046	600-4 fentes									17	-	21	-	27	-	32	-	36	-	39	-					
										2,9	12	3,4	15	4,6	28	5,9	46	6,8	62	8,1						
0,052	675-4 fentes	Lw	-											18	-	24	-	30	-	33	-	27	-			
		Vk	Pa											3,1	14	3,9	23	5,1	39	6,0	54	7,2	68			

Les valeurs Lw (NR) ne tiennent pas compte de l'atténuation du local. Tests réalisés avec le plénum standard.

ΔP > 70 Pa

Diffuseurs carrés multi-fentes

Série ALD 610 K - soufflage avec effet de plafond



Les valeurs L_w (NR) ne tiennent pas compte de l'atténuation du local. Tests réalisés avec le plénum standard.

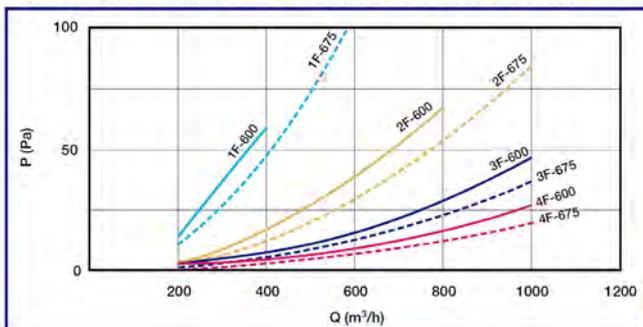
CORRECTIONS POUR D'AUTRES V_t

V _t (m/s)	0.25	0.375	0.5	0.625
L _t	x 1	x 0.67	x 0.5	x 0.4

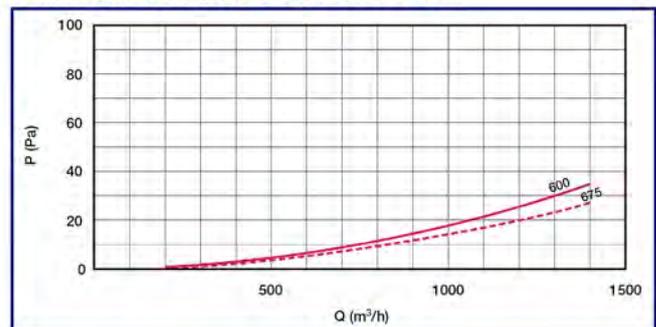
CORRECTIONS POUR REPRISE

L _w (NR)	- 5
---------------------	-----

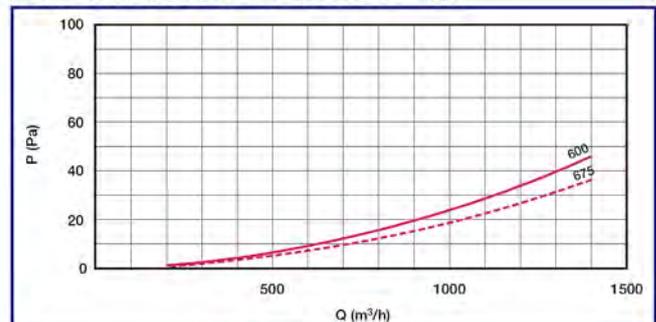
PERTES DE CHARGE À LA REPRISE - SANS FILTRE



PERTES DE CHARGE FILTRE SEUL - G2



PERTES DE CHARGE FILTRE SEUL - G3



Guide de choix Gamme traitement de l'air

GAMME DOUBLE FLUX

Efficacité	Gamme	Version	Application/ Installation	DÉBITS															
				250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
Jusqu'à 92%	Duotech	Duotech XP	Intérieur/ Faux plafond	450	800	1300	1800												
		Duotech H & V	Intérieur/ Extérieur	600	1000	1500	2000												
		Duotech V	Intérieur/ Extérieur							2700	3700	4700	5800						
		Duotech Light H & V	Intérieur/ Extérieur	600	1000														
Jusqu'à 85%	Duoflex	Duoflex H & V	Intérieur/ Extérieur	500	800	1200	1500	2000	3000	4000									
Jusqu'à 85%	Nova HR	Nova HR	Décentralisé	250	500	750	1000												
Jusqu'à 82%	Rotatech	Rotatech V	Intérieur			15		21	27	35									
		Rotatech H	Intérieur/ Extérieur			15		21	27	35									
		Rotatech XL	Intérieur/ Extérieur											62					
	Roto	Roto V	Intérieur	350	600	950													
		Roto H	Intérieur/ Extérieur	350	600														



GARANTIE 1 AN
main d'œuvre

GARANTIE 3 ANS
pièces

GARANTIE 10 ANS
engorgement 3A





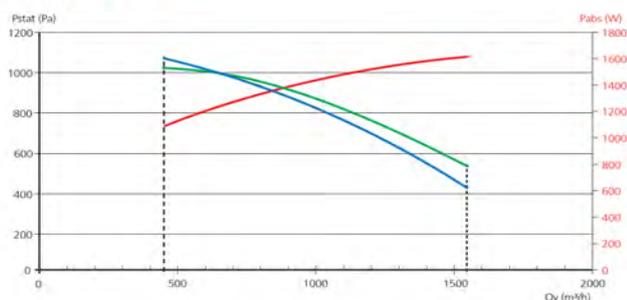

*Si mise en service effectuée par Atlantic

Conforme au règlement d'éco-conception 1253/2014
(Unité de Ventilation Non Résidentielle)

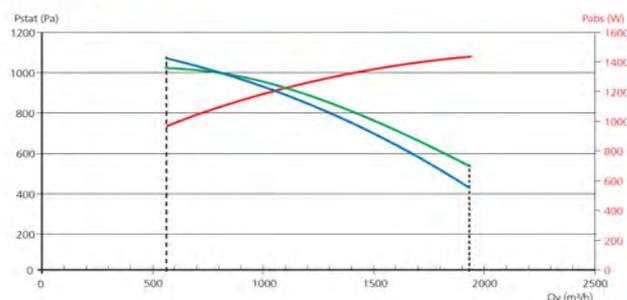
COURBES CARACTÉRISTIQUES

Affichage des performances selon les règles définies par Uniclima.

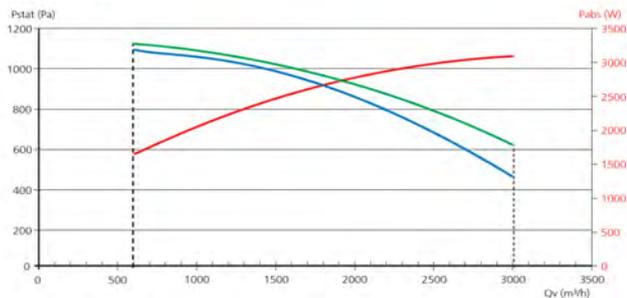
Rotatech 15



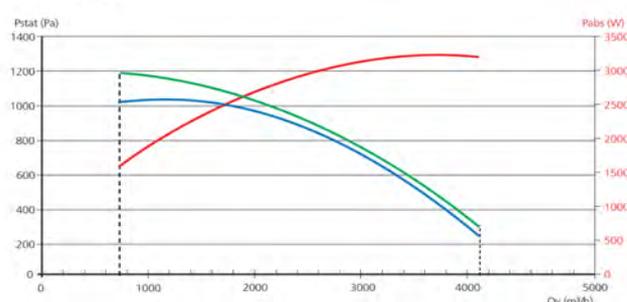
Rotatech 21



Rotatech 27



Rotatech 35



- courbe aéraulique obtenue avec un filtre **M5** (reprise)
- courbe aéraulique obtenue avec un filtre **F7** (soufflage)
- courbe de la puissance absorbée totale MAXI, calculée sur la courbe aéraulique "enveloppe" des 2 moteurs

CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

Mototurbines

REF	Alimentation moteurs (V)	Intensité max. (A)	Puissance max (W)	Calibre de protection (A)	Type de protection ⁽¹⁾
ROTATECH 15	Mono 230 ⁽¹⁾	7,1	1650	10	BI-D-10.000A-AC3
ROTATECH 21	Mono 230 ⁽¹⁾	7,1	1650	10	BI-D-10.000A-AC3
ROTATECH 27	Tri 400 + N ⁽¹⁾	4,4 ⁽²⁾	2600	6 ⁽²⁾	Tétra-D-10.000A-AC3
ROTATECH 35	Tri 400 + N ⁽¹⁾	4,4 ⁽²⁾	2600	6 ⁽²⁾	Tétra-D-10.000A-AC3

(1) Attention si BET intégrée, les tensions d'alimentation passent directement en TRI 400V +N : 1 seule alimentation. Voir tableau ci-dessous.

Annexe 14 : Fiche technique des V3V



Fiche technique Vannes à siège

VF 2, VL 2 - à 2 voies VF 3, VL 3 - à 3 voies

Description



Les vannes offrent une solution de haute qualité et économique pour la plupart des applications à eau et de réfrigération. Elles peuvent s'utiliser avec des concentrations de glycol jusqu'à 50%.

Vannes VL

Fonte grise (GG-25) DN 15 - 100, PN 6, température max. de fluide 120 °C.

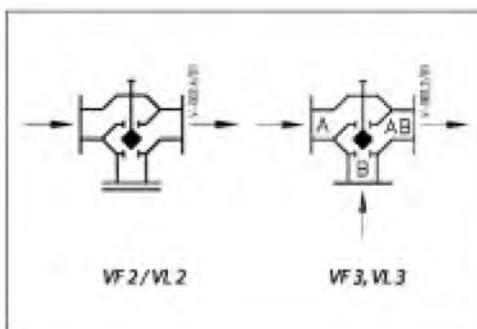
Vannes VF

Fonte grise (GG-25) DN 15 - 100, PN 16, température max. de fluide 130 °C.

Fonte ductile (GGG 40.3) DN 125 - 150, PN 16, température max. de fluide 200 °C.

Principales caractéristiques:

- PN 6 (VL), PN 16 (VF)
- DN 15 - 100 (VL)
DN 15 - 150 (VF)
- Convient à l'eau ou à l'eau au glycol
- Température de fluide
2 (-10*) ... 120 °C (VL),
2 (-10*) ... 130 / 200 °C (VF)
** pour des températures de -10 °C à +2 °C utiliser un chauffage de tige.*
- Convient à l'utilisation avec moteurs AMV(E)
15, 16, 25, 35, 25 SU/SD, 55, 56, 85, 86 et
AMV 323, 423, 523.
- Conformés à la directive PED 97/23/EC.



Les vannes à 2 voies VF 2 / VL 2 DN 65 - 100 ne se transforment pas en vannes à 3 voies en retirant le flasque borgne.

Commande

Vannes à 2 voies VF 2, VL 2

DN	k _{vs} m ³ /h	No. code	
		VL 2 (PN 6)	VF 2 (PN 16)
15	0.63	065Z3414	065B1711
	1.0	065Z3415	065B1712
	1.6	065Z3416	065B1713
	2.5	065Z3417	065B1714
	4.0	065Z3418	065B1715
20	6.3	065Z3419	065B1720
25	10	065Z3420	065B1725
32	16	065Z3421	065B1732
40	25	065Z3422	065B1740
50	40	065Z3423	065B1750
65	63	065Z3424	065B3170
80	100	065Z3425	065B3185
100	145	065Z3426	065B3205
125	220	-	065B3230
150	320	-	065B3255

*k_{vs} selon VDI/VDE 2173

Vannes à 3 voies VF 3, VL 3

DN	k _{vs} m ³ /h	No. code	
		VL 3 (PN 6)	VF 3 (PN 16)
15	0.63	065Z3401	065B1611
	1.0	065Z3402	065B1612
	1.6	065Z3403	065B1613
	2.5	065Z3404	065B1614
	4.0	065Z3405	065B1615
20	6.3	065Z3406	065B1620
25	10	065Z3407	065B1625
32	16	065Z3408	065B1632
40	25	065Z3409	065B1640
50	40	065Z3410	065B1650
65	63	065Z3411	065B1665
80	100	065Z3412	065B1680
100	145	065Z3413	065B1685
125	220	-	065B3125
150	320	-	065B3150

Annexe 15 : Note de calcul des pertes de charge hydrauliques

Projet Construction Maison de Campus
Client Thémélia
Adresse Borde Basse
 81100 Castres

Note de calcul Pertes de Charge Hydrauliques

Hypothèses de calcul

Régime d'eau 50/45 °C
 Delta T pour dimensionnement réseaux 5 °C
 Température intérieure 20 °C

Coefficient μ :

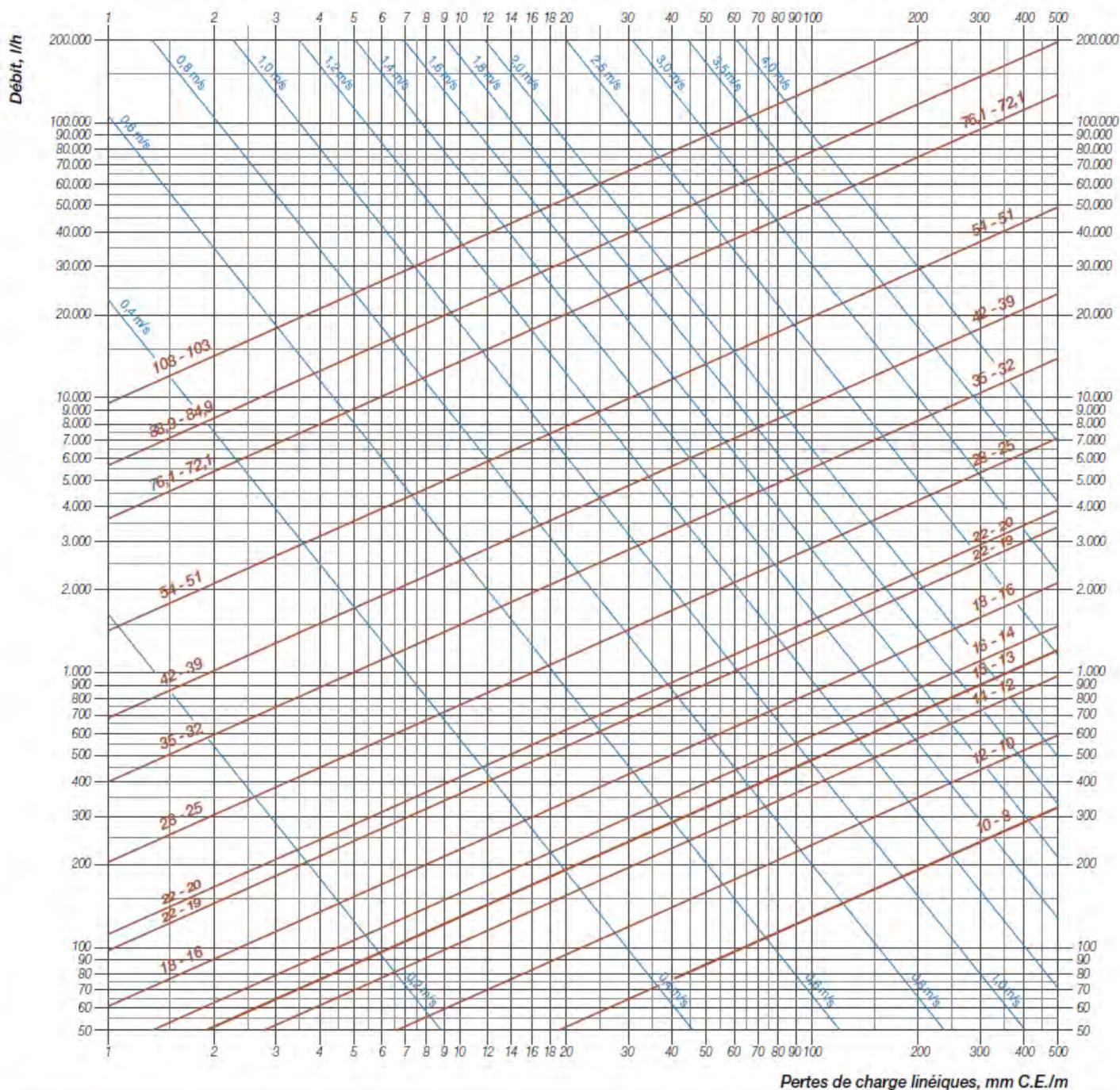
	0<DN<10	10<DN<30	30<DN<50	≥ DN 60
Coude	1,5	1	0,5	0,3
Piquage	1,5			
Vanne	1	0,5	0,2	0,2

Dimensionnement réseaux

Emetteurs	Puissance installée (W)	PdC batterie (mmCE)	Réseau terminal émetteur	
			Diamètres	Métré (m)
Batterie Salles de travail	3050	612	20/22	8
Batterie Biblio	3675	612	20/22	2
Batterie Admin	1065	510	12/14	10
Batterie Traiteur	835	510	12/14	10

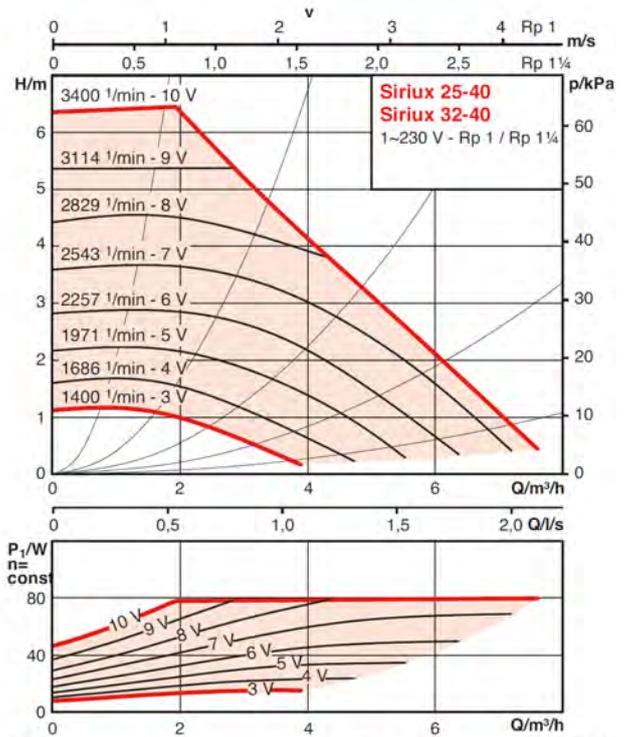
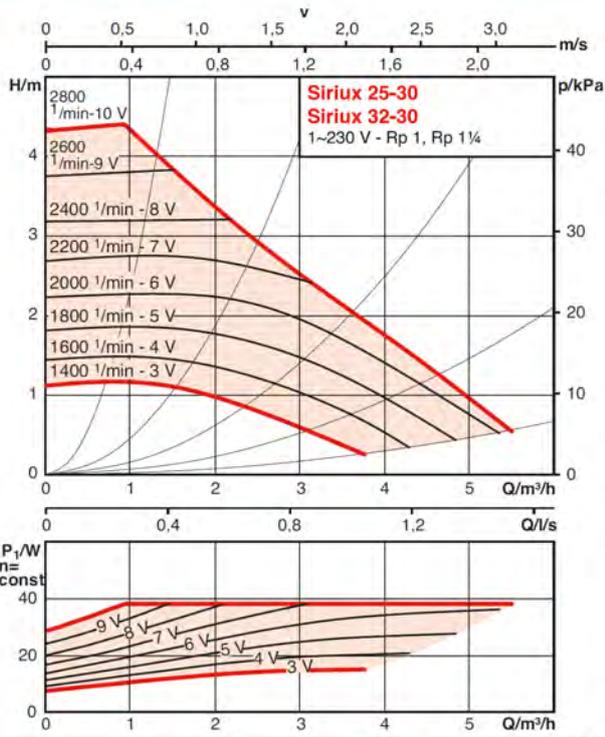
Annexe 16 : Table des pertes de charge linéiques

Pertes de charge linéiques TUBES CUIVRE – Température d'eau = 50°C

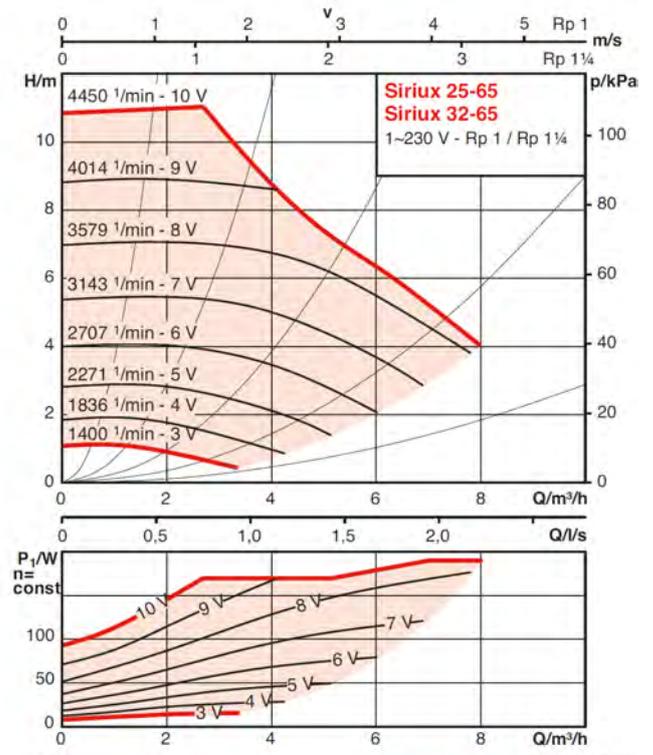
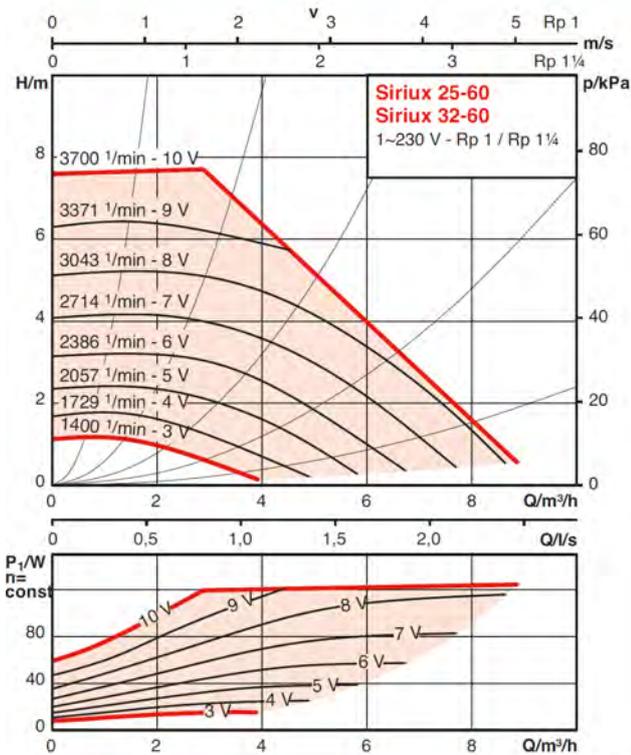


Annexe 17 : Catalogue des circulateurs Salmson

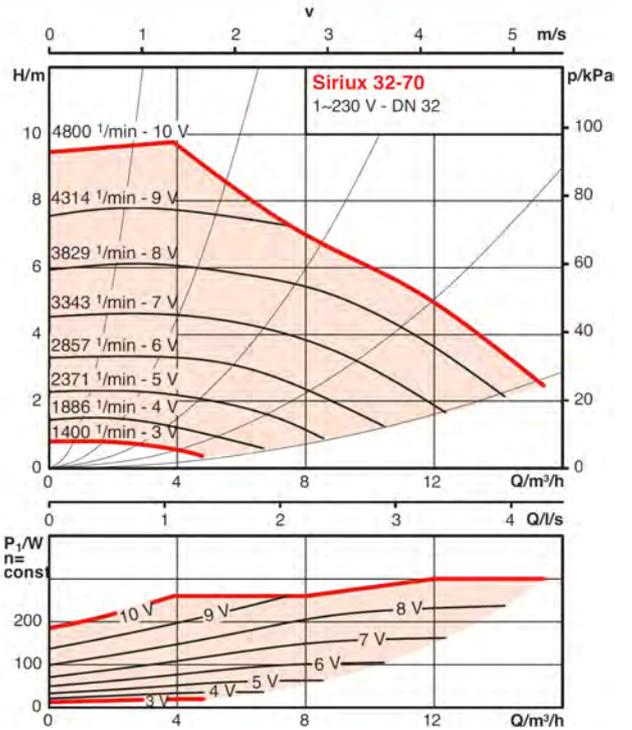
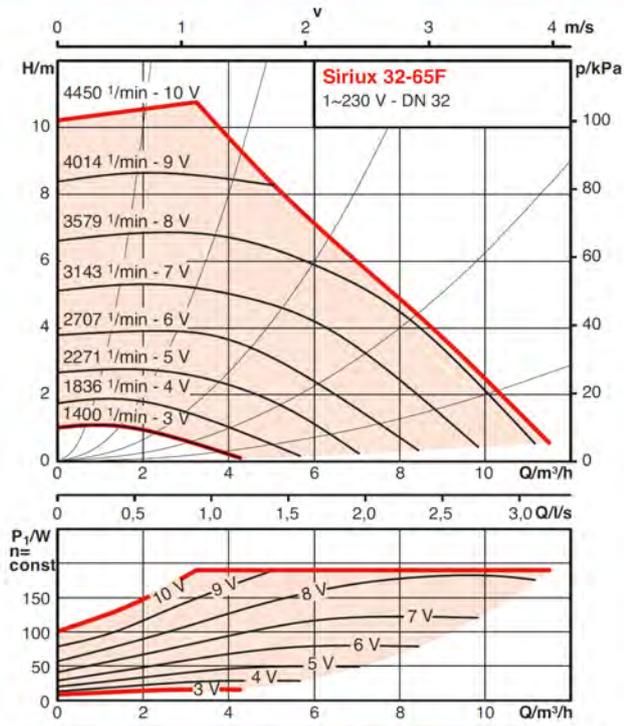
PERFORMANCES HYDRAULIQUES - SIRIUX



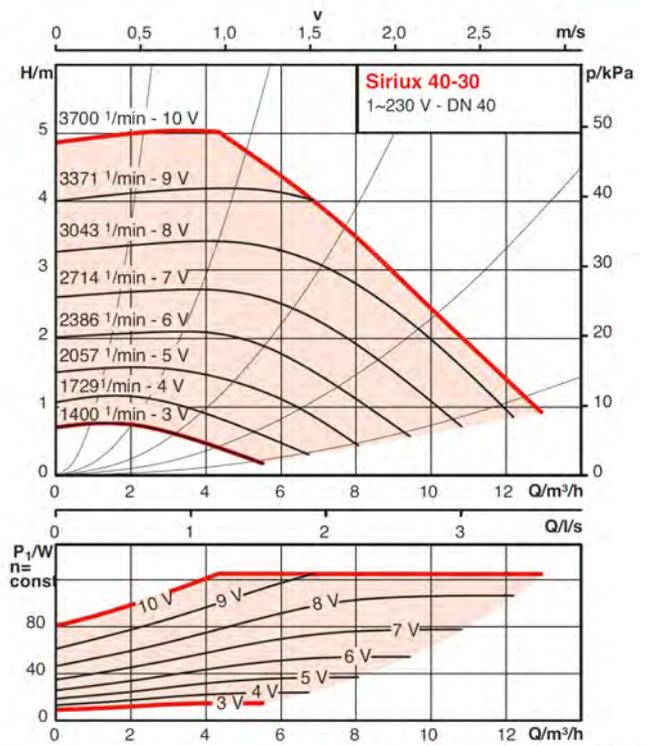
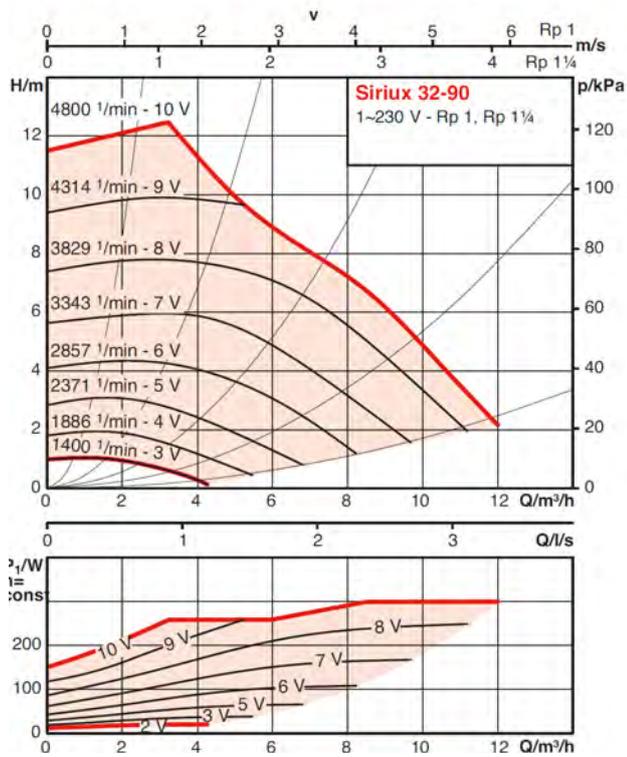
PERFORMANCES HYDRAULIQUES - SIRIUX



PERFORMANCES HYDRAULIQUES - SIRIUX



PERFORMANCES HYDRAULIQUES - SIRIUX



Annexe 18 : Abaqués de vannes d'équilibrage

STAD

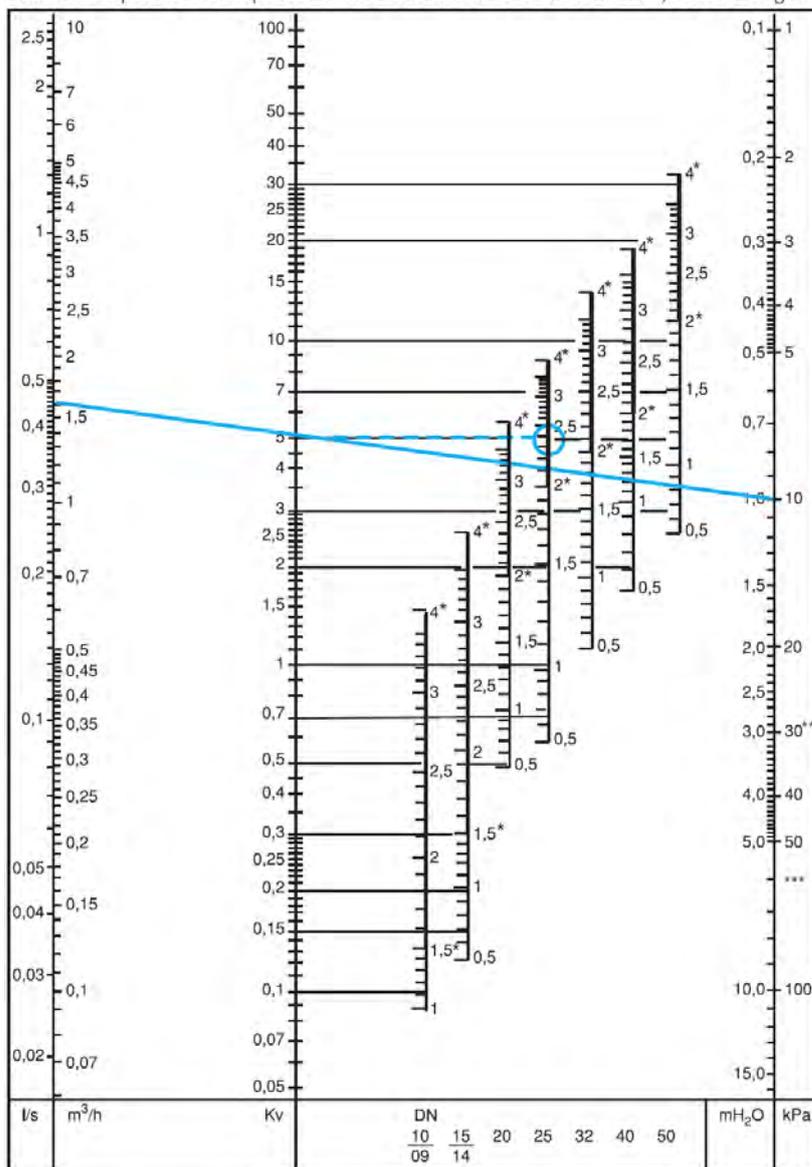
EQUILIBRAGE

ABAQUE

Une ligne droite relie les échelles de débits, Kv et pertes de charge. Elle permet d'obtenir la correspondance entre les différentes données.

Détermination de la position de réglage en fonction d'un débit et d'une perte de charge donnés.

Pour avoir la position correspondant aux différentes dimensions de vannes, tracer une ligne horizontale au départ du Kv obtenu.



*) Plage recommandée

**) 25 db (A)

**) 35 db (A)

Les produits, textes, photographies, graphes et diagrammes présentés dans cette brochure sont susceptibles de modifications par Tour & Andersson sans avis préalable ni justification.

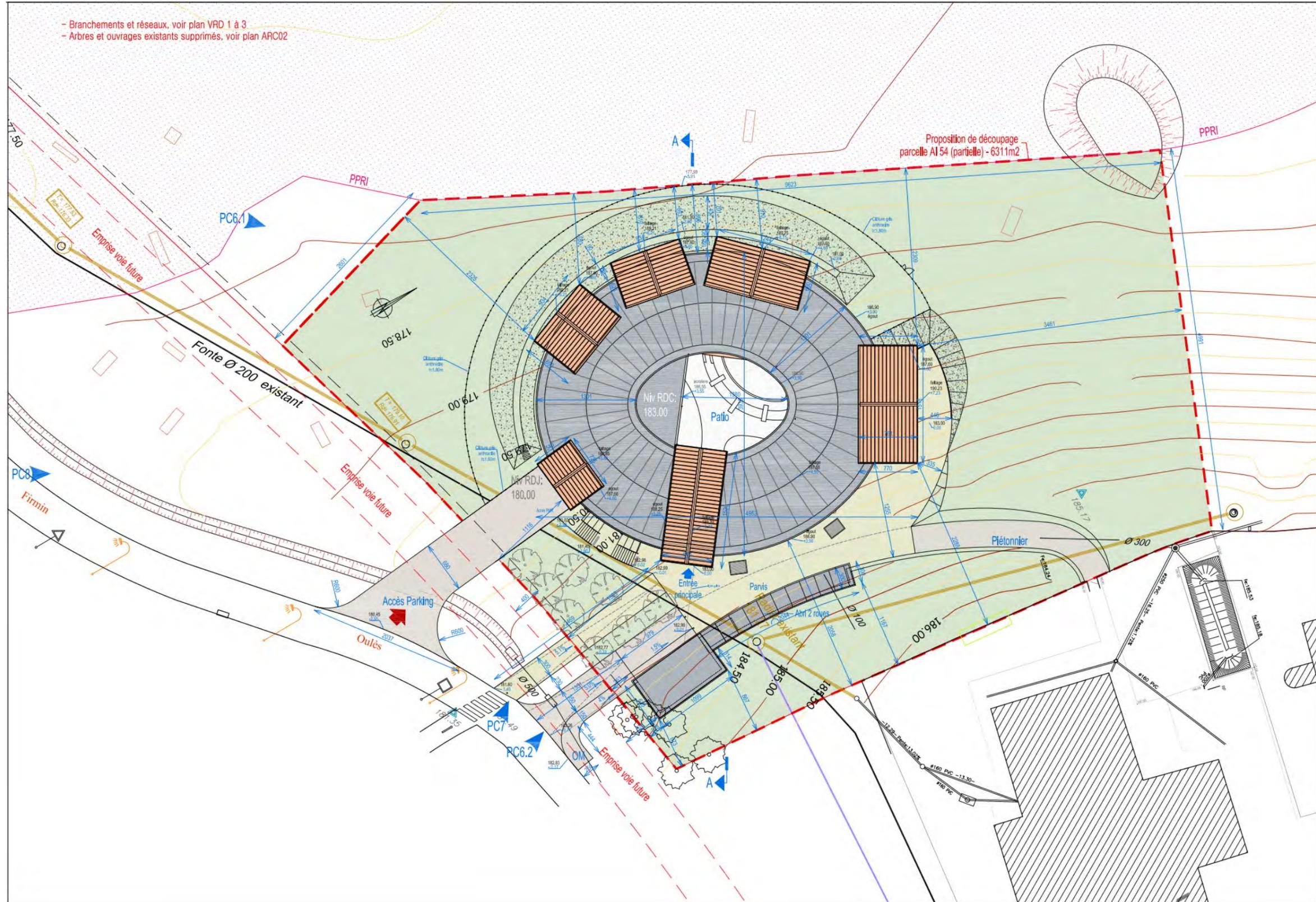
Les informations les plus récentes sur nos produits et leurs caractéristiques sont consultables sur notre site www.tourandersson.com.

5-5-10 FR STAD 2009.09

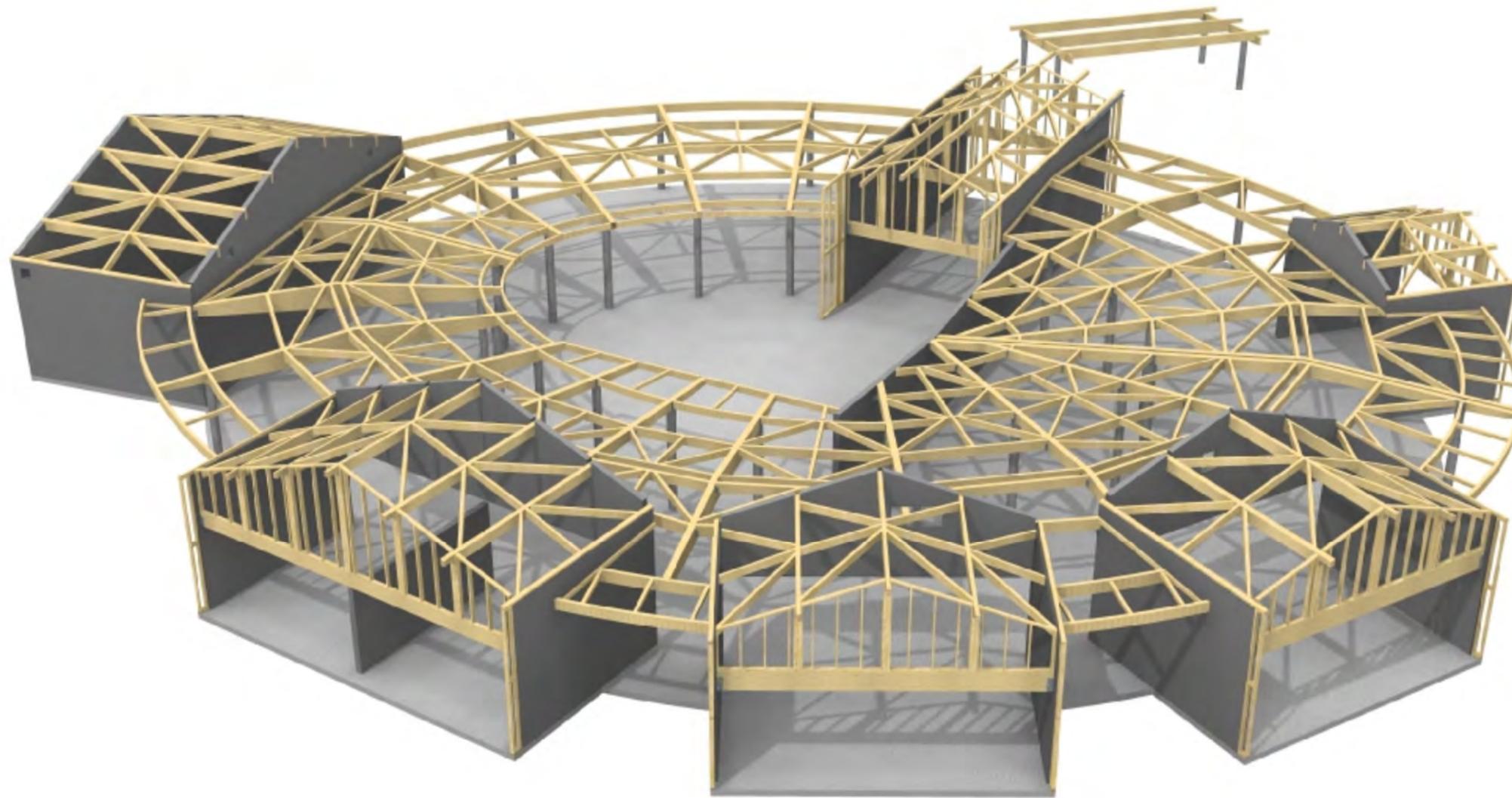
we knowhow
La compétence partagée

TA

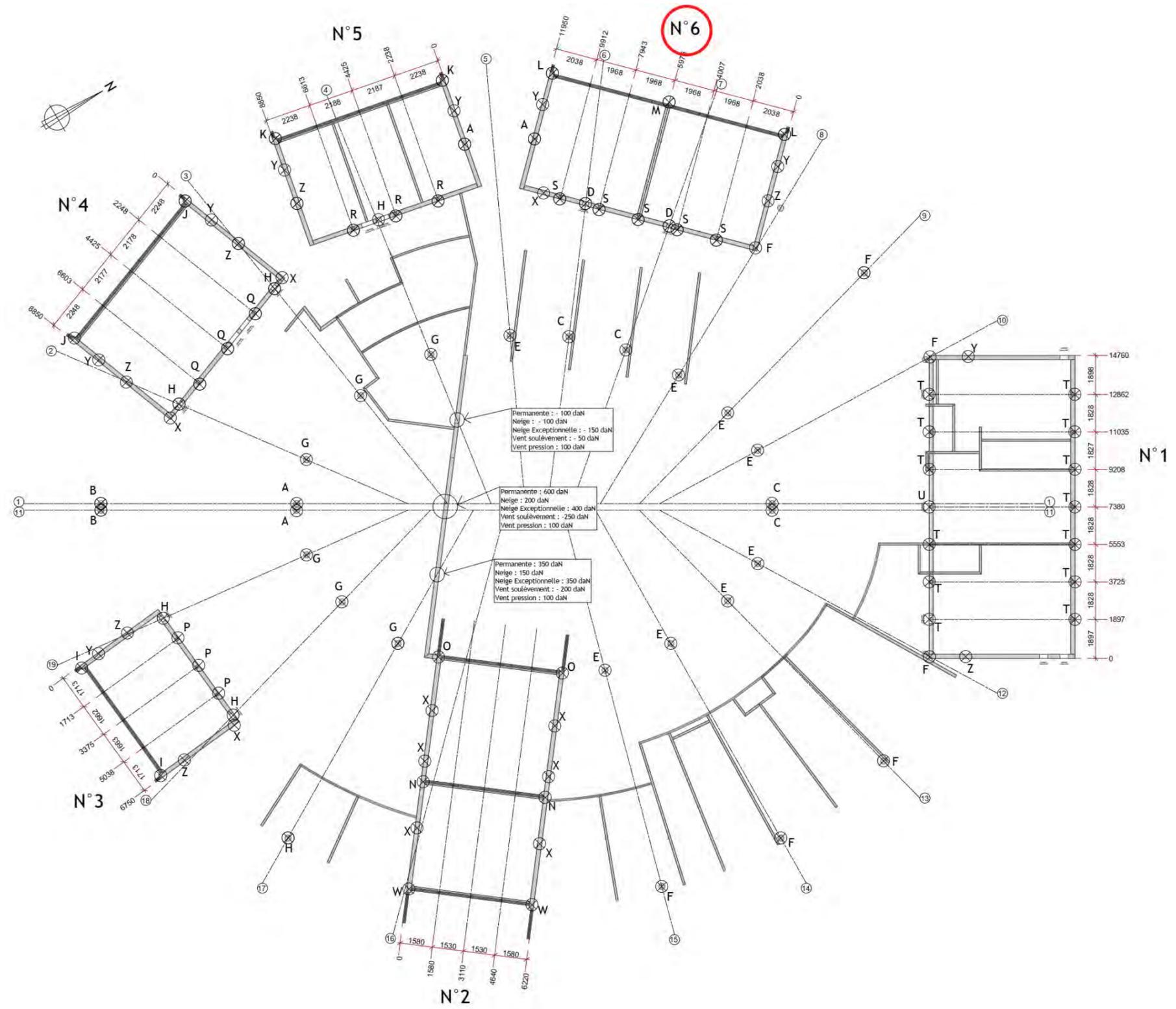
Annexe 19 : Extraits de plans DCE



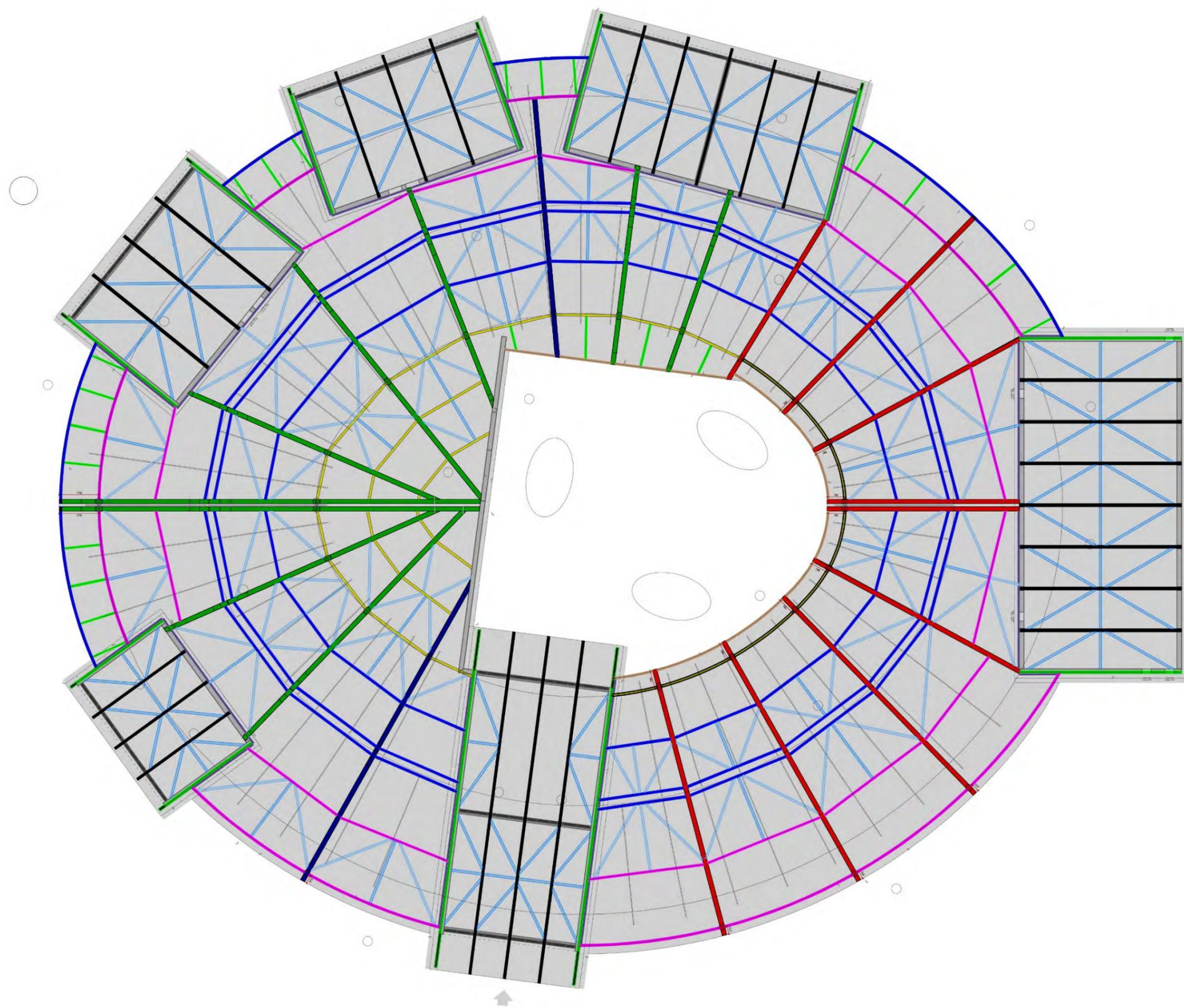
Plan Masse (Pas d'échelle)



Vue 3D Charpente (*Pas d'échelle*)

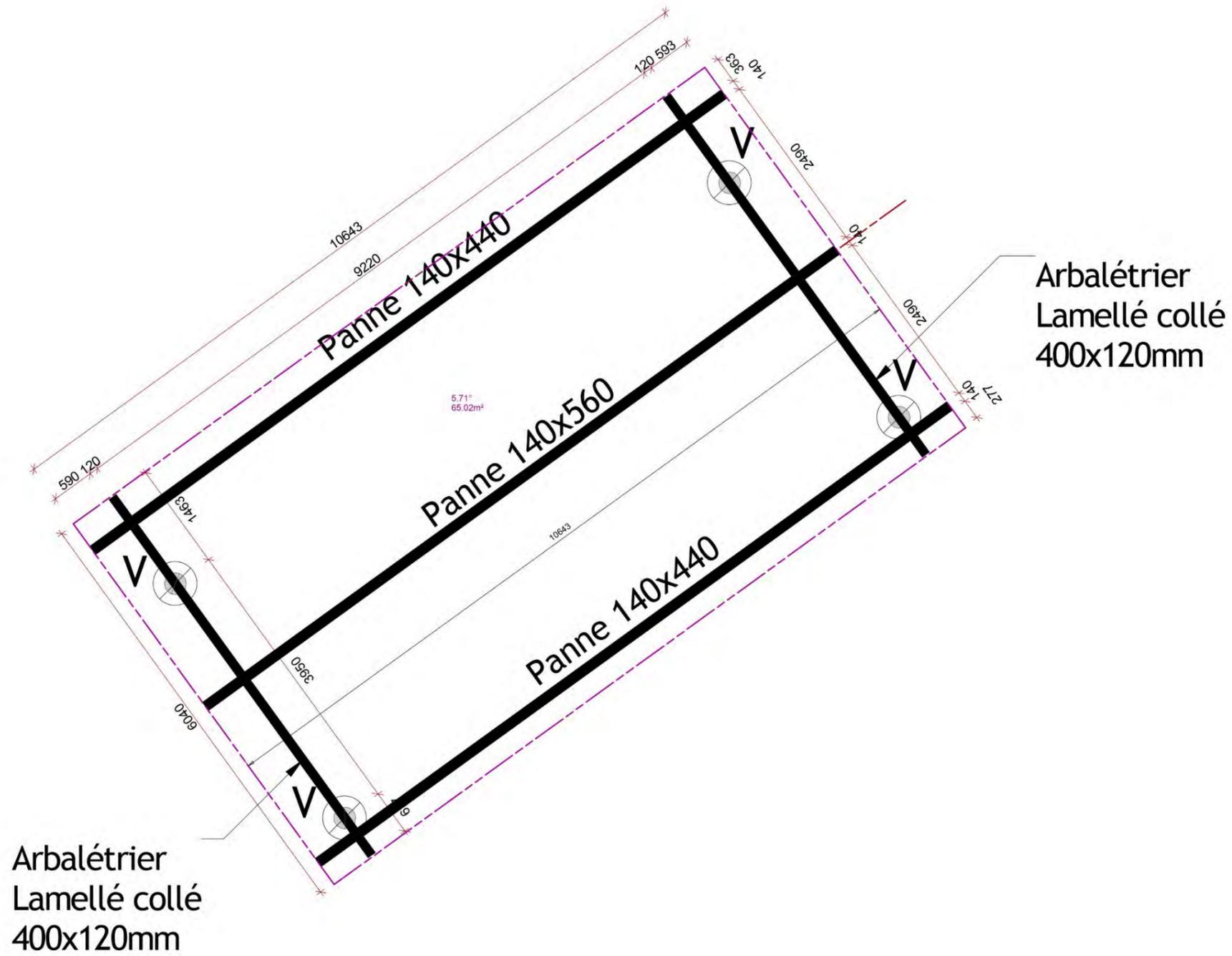


Plan de charpente - repérage des axes (Pas d'échelle)

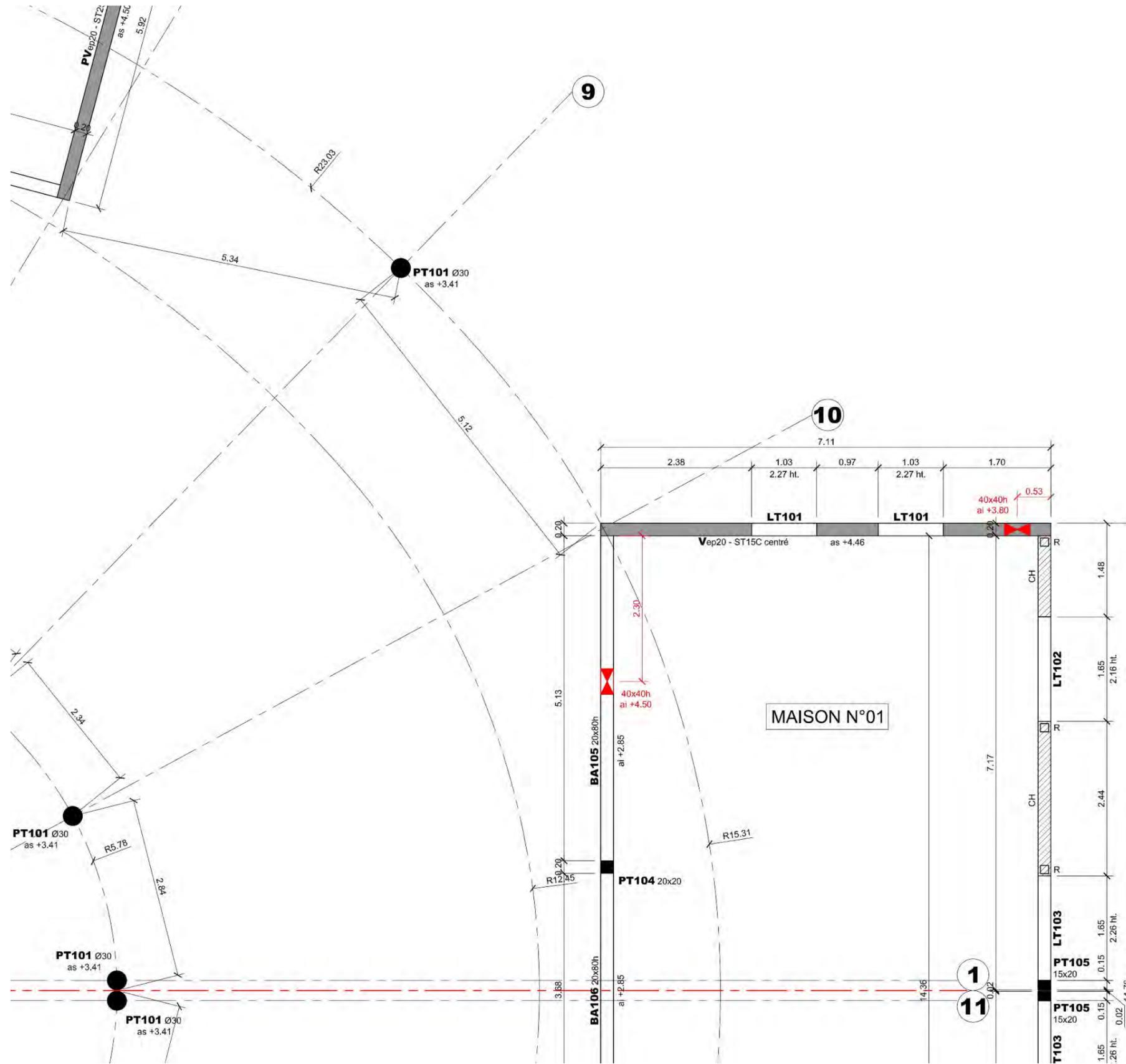


Plan de charpente - (Pas d'échelle)

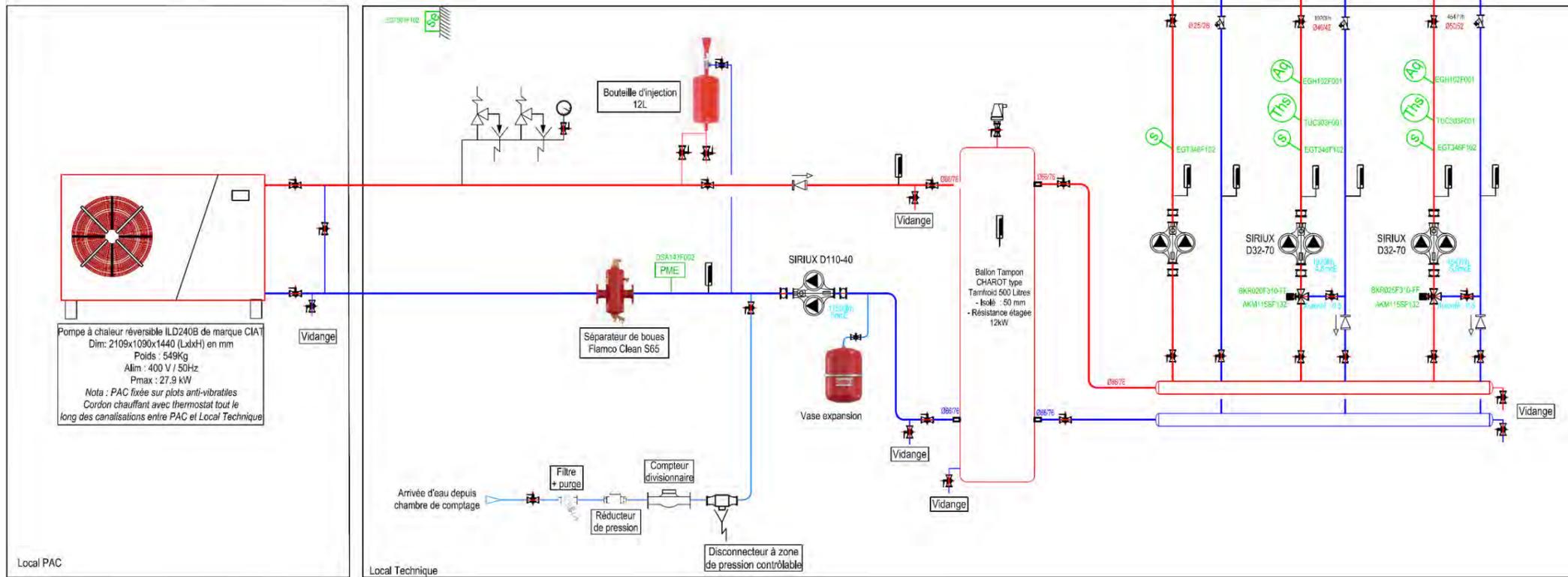
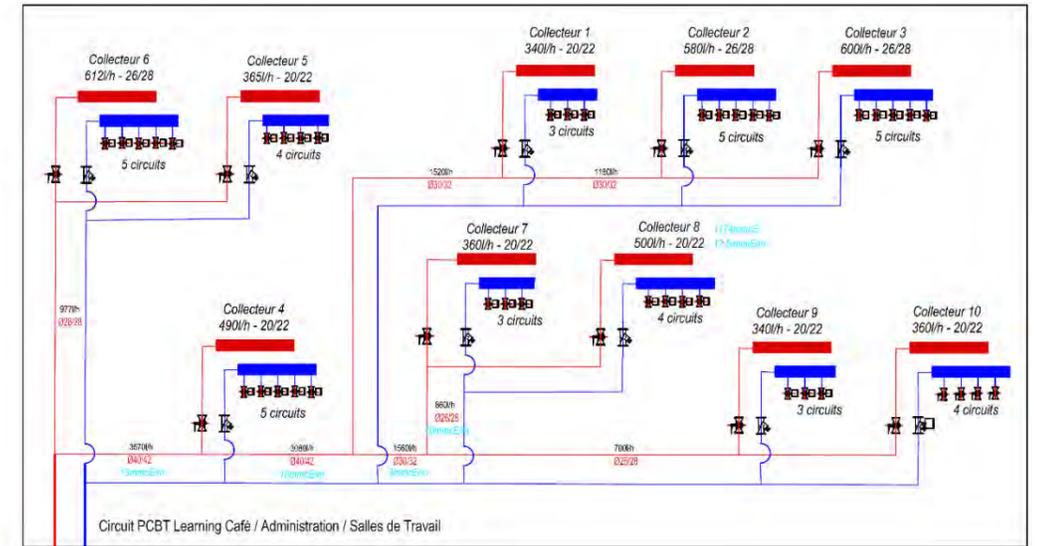
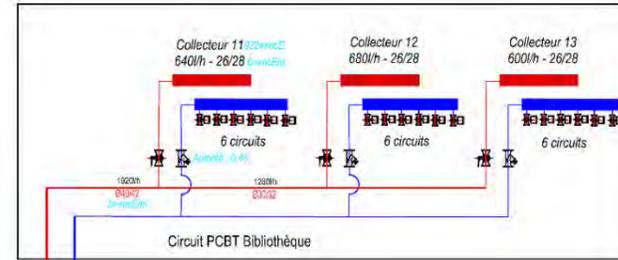
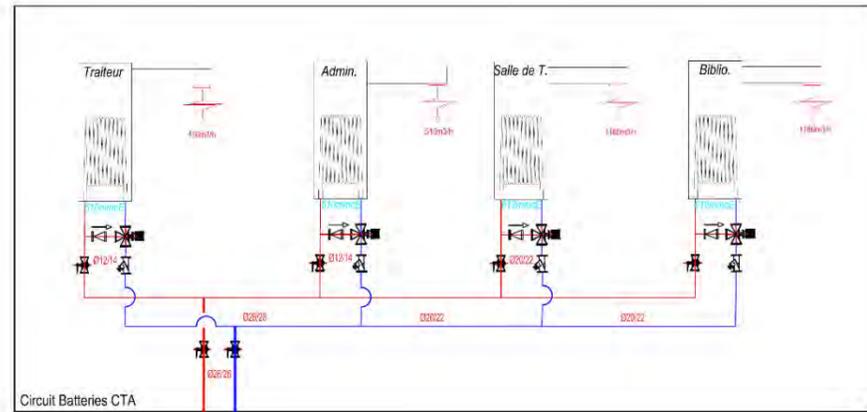
Annexe 21 : Plan de charpente abri vélo



Annexe 22 : Extrait Plan DOE PH RDC



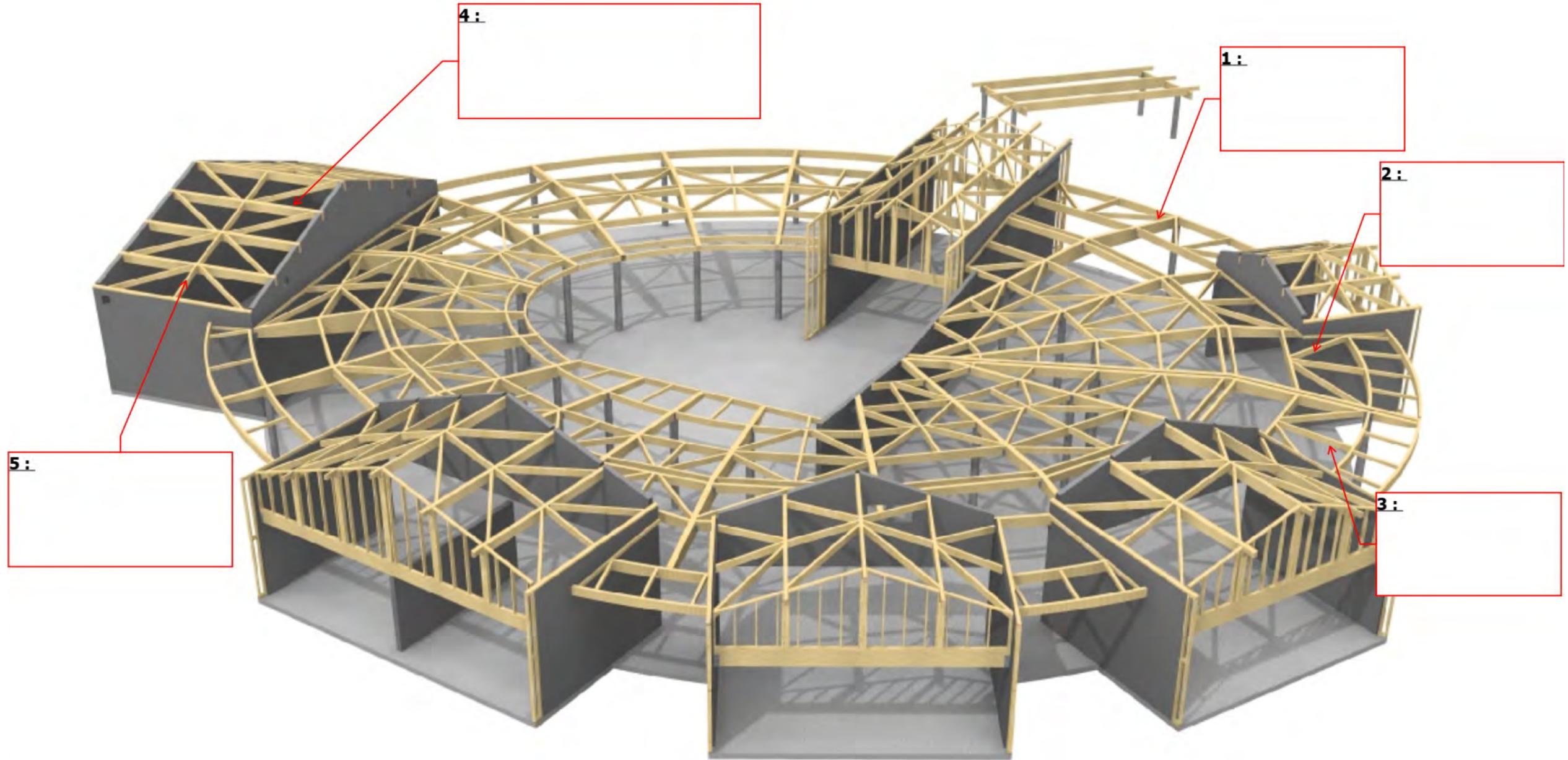
Annexe 24 : Schéma de principe du chauffage



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DOCUMENTS REPONSE

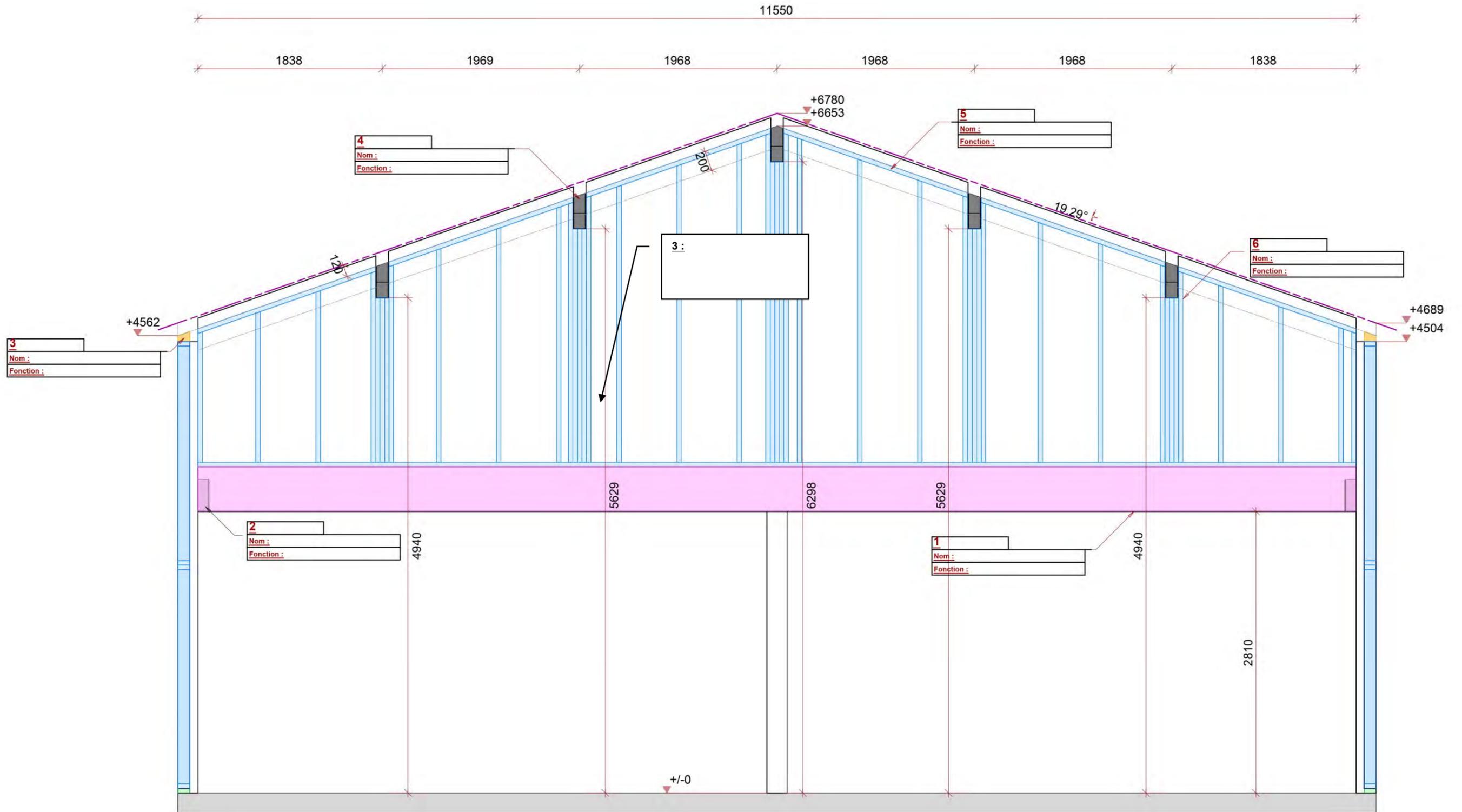
DR1 Analyse Charpente



DR Charpente Vue 3D (Pas d'échelle)

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR2 Charpente Maison n°6

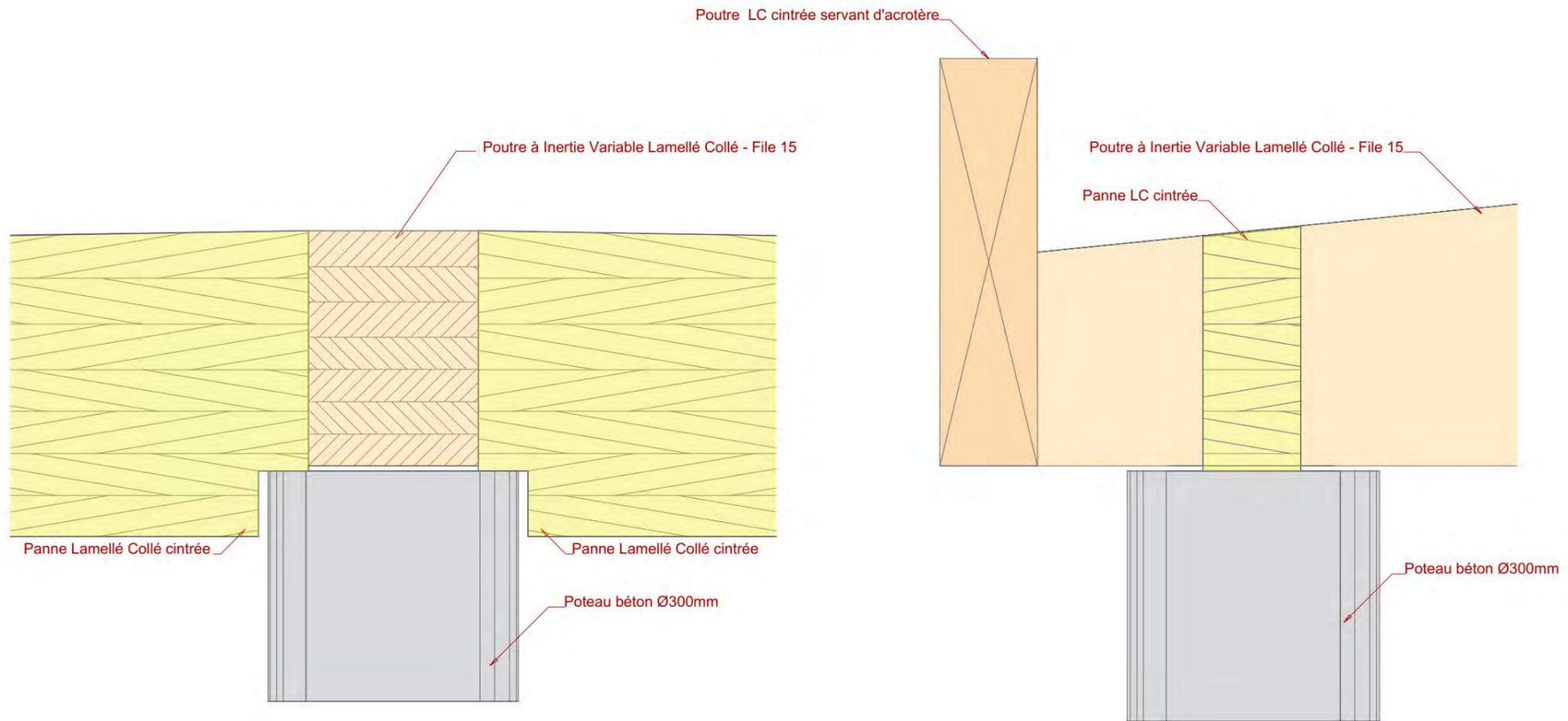


Coupe : Maison n°6

DR Charpente Maison n°6 (Pas d'échelle)

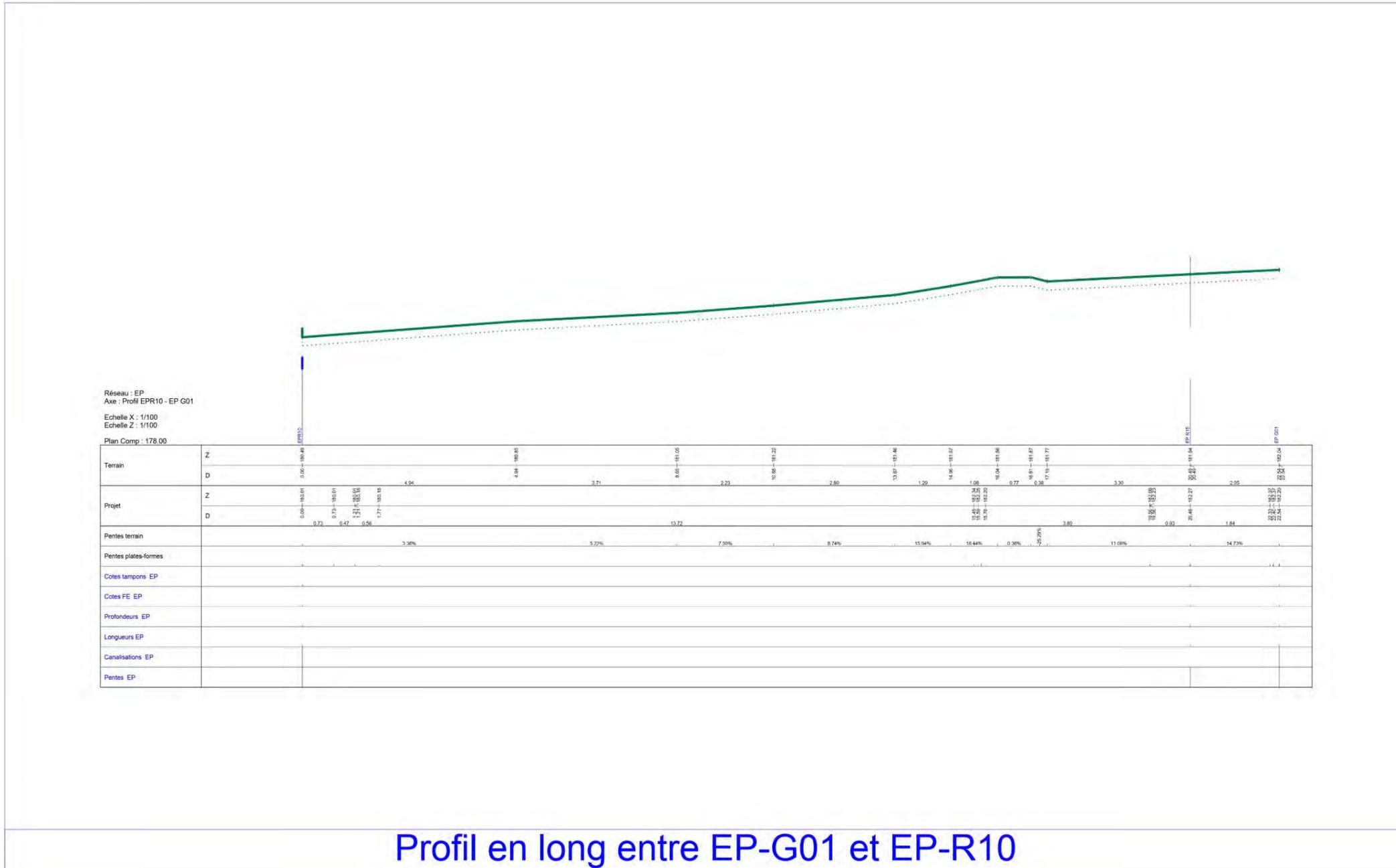
NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR3 : Liaison file 15

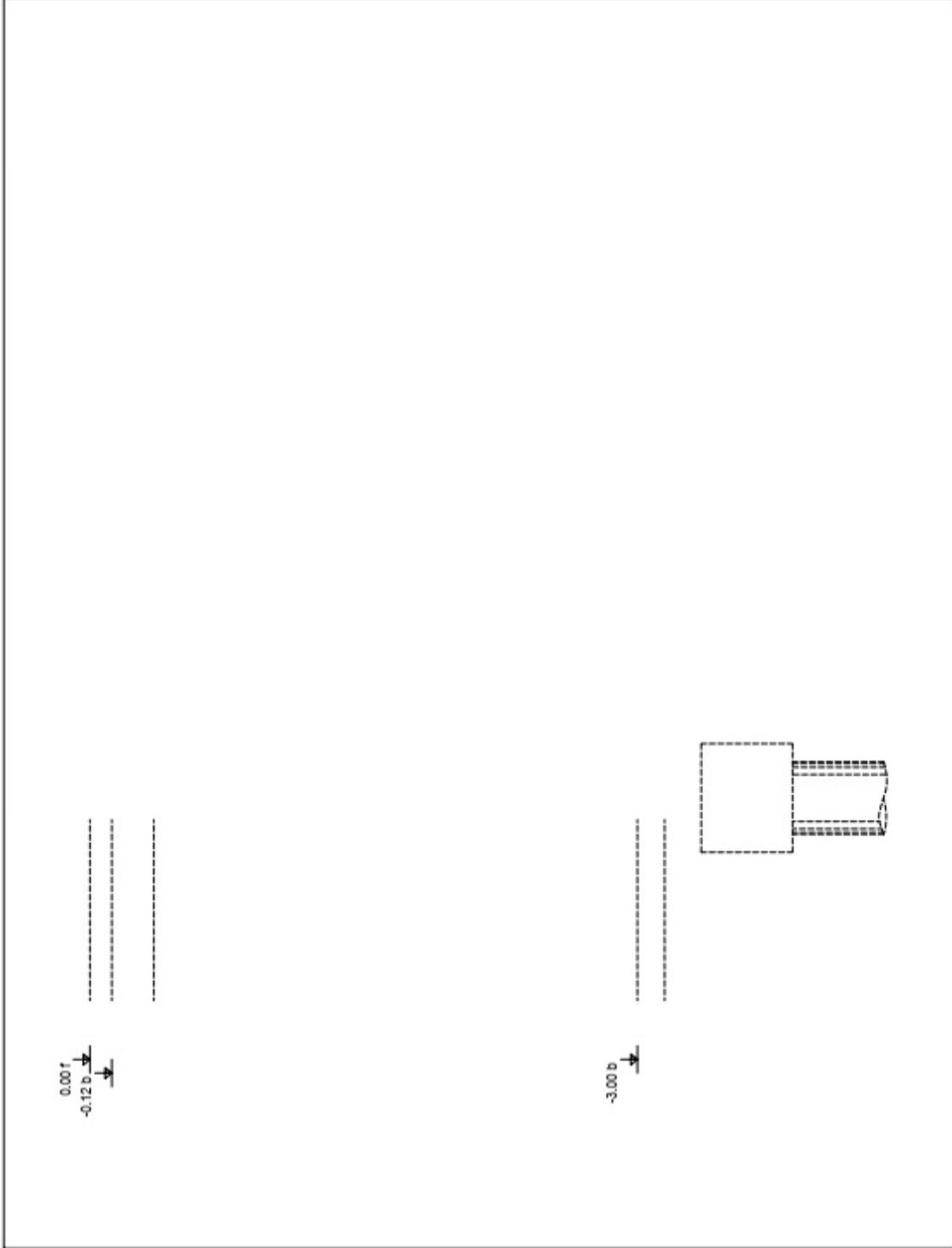


NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR4 : Profil en long EP G01 - EP R10



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE



DR 6 : Dimensionnement Circulateur

Calcul pertes de charge régulières

Tronçon	Débit (L/h)	Diamètre intérieur réseau (mm)	Longueur A/R (m)	PdC régulières	
				PdC linéique (mmCE/m)	PdC (mmCE)
Batterie Salles de travail	525,4	20	8		
Deux batt	1158,4	20	90		
Trois	1341,8	25	36		
Quatre	1485,7	25	26		
				Total	

Calcul pertes de charge singulières

Tronçon	Débit (L/h)	Diamètre intérieur réseau (mm)	Vitesse (m/s)	$v^2 / (2 * 9,81) . 1000$ (mmCE)	Type accessoire	Quantité	μ	PdC Singulières (mmCE)
Batterie Salle de travail	525,4	20			Piquage			
					Vanne coupure			
					V3V	1	/	500
					Batterie	1	/	612
Deux batt	1158,4	20			Piquage			
Trois	1341,8	26			Piquage			
Quatre	1485,7	26			Piquage			
					Coude	4		
					Vanne coupure	6		
					Clapet anti-retour	1	/	50
					Vanne d'équilibrage	1	/	500
							Total	

Dimensionnement pompe

Débit

Hauteur manométrique