

SESSION 2022

**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 autorisée selon les modalités de la circulaire du 17 juin 2021 publiée au BOEN du 29 juillet 2021.

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.

A

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

Ce sujet comporte :

- le sujet et le travail demandé (pages 1 à 17) ;
- les annexes (pages 18 à 45) ;
- les documents réponses DR1, DR2, DR3 et DR4.

Sujet d'agrégation externe SII option IC : Conception**HABITAT PARTICIPATIF****PRÉSENTATION**

Le programme comprend 24 logements répartis dans :

- 1 bâtiment collectif en R+3 dédié au social locatif et à l'accession,
- 2 bâtiments en bande en R+1 dédiés à l'accession et conçus avec la participation des habitants,
- Ainsi que des lieux de partage avec une salle commune, une piste de danse, un atelier et un jardin partagé.



Pour limiter l'impact environnemental du bâtiment :

- Une partie de la construction est prévue en ossatures bois comme par exemple les murs de façade, certains planchers intérieurs et les balcons,
- Une attention particulière est portée sur l'isolation des bâtiments,
- Le chauffage et l'eau chaude sanitaire seront réalisés grâce à des pompes à chaleur individuelles EAU/EAU,
- Une production d'électricité photovoltaïque sera mise en place d'une puissance de 30 kWc.

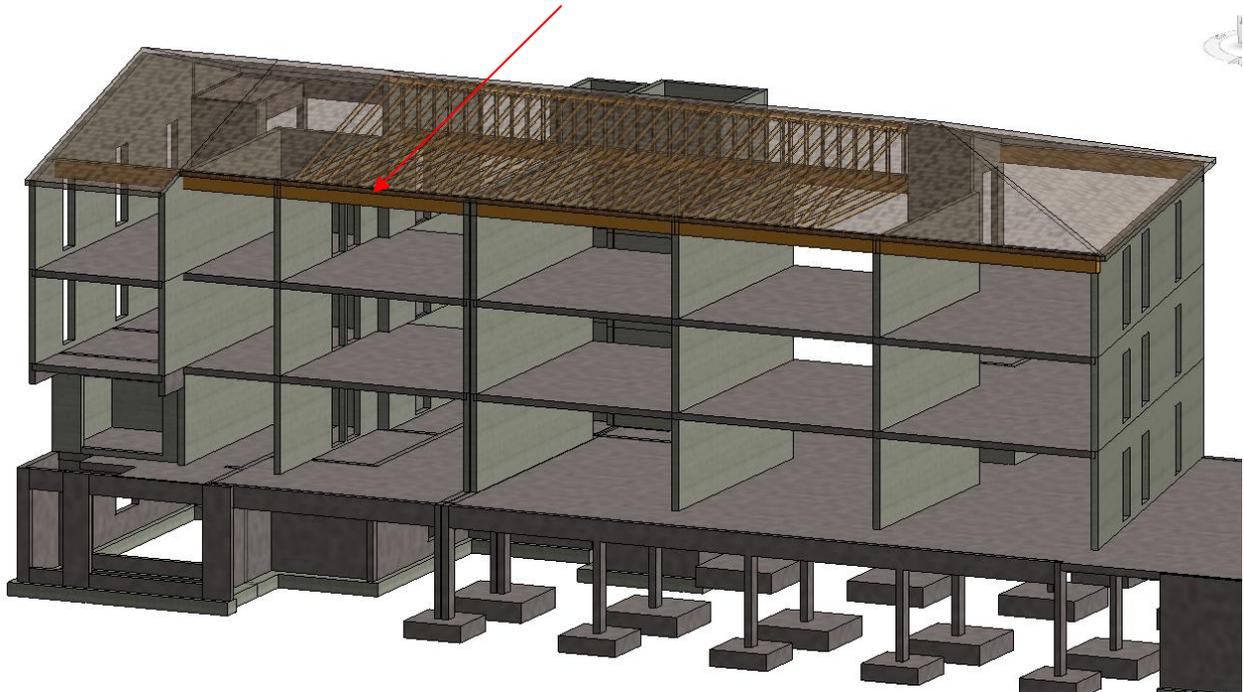
Études	Thèmes	Temps Estimé
1	Structure porteuse	2h00
2	Équipements techniques et Énergie	3h00
3	Aménagements extérieurs	1h00

ÉTUDE 1. STRUCTURE PORTEUSE DU BATIMENT COLLECTIF

1.1 Étude des poutres support de la toiture en bois lamellé collé

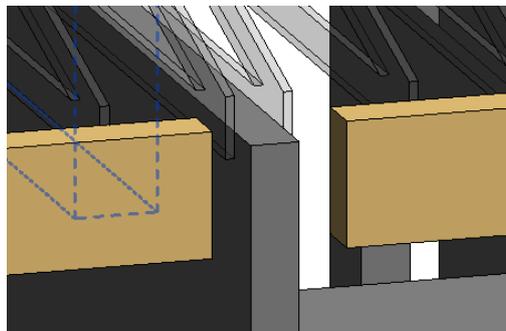
Les murs de façade sont conçus avec une ossature en bois non porteuse. Ainsi les efforts apportés par la charpente et la couverture doivent être repris par des poutres reposant sur les murs de refend en agglos à bancher.

L'objet de cette étude est de justifier le dimensionnement de ces poutres qui sont prévues en bois lamellé collé LC24h de largeur 22 cm et de hauteur 52 cm.

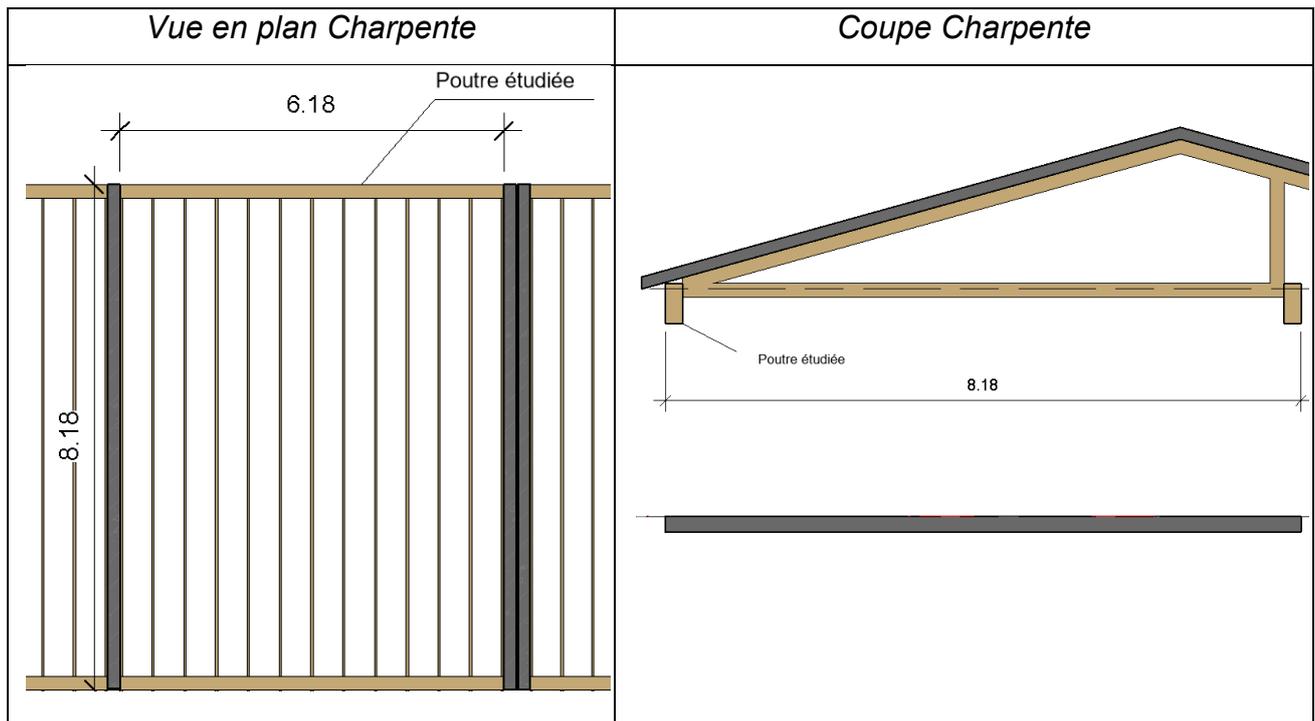


Q1. Les poutres étudiées sont réalisées en bois lamellé collé. Expliquer le mode de fabrication de ce type de poutre. Quel est l'intérêt de cette technique ?

Q2. Proposer une solution technologique pour réaliser l'assemblage des poutres en bois lamellé collé sur les murs de refend en agglos à bancher.



Nous étudions en particulier la poutre définie ci-dessous :



Q3. Proposer un schéma mécanique de la poutre étudiée (Modélisation des appuis, longueur de calcul, section de la poutre, nature des actions mécaniques à prendre en compte sans les quantifier). Pour la modélisation proposée, tracer l'allure des diagrammes représentatifs des efforts tranchants et des moments fléchissants.

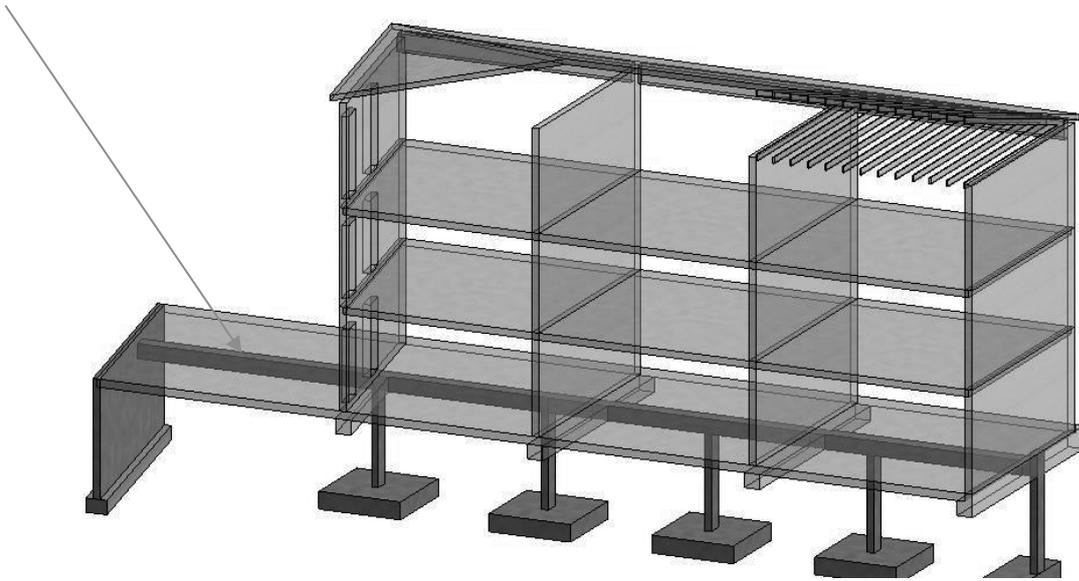
Q4. En considérant à l'ELU un moment fléchissant de 41 kN.m et un effort tranchant de 27 kN, calculer la contrainte maximum en flexion $\sigma_{m,d}$ et la contrainte maximum de cisaillement τ_d .

Q5. A partir de la méthode de dimensionnement fournie à l'annexe 1 et en considérant à l'E.L.U une contrainte maximum en flexion $\sigma_{m,d} = 5 \text{ MPa}$ et une contrainte maximum de cisaillement $\tau_d = 0,4 \text{ MPa}$, vérifier les critères de résistance en flexion simple et en cisaillement.

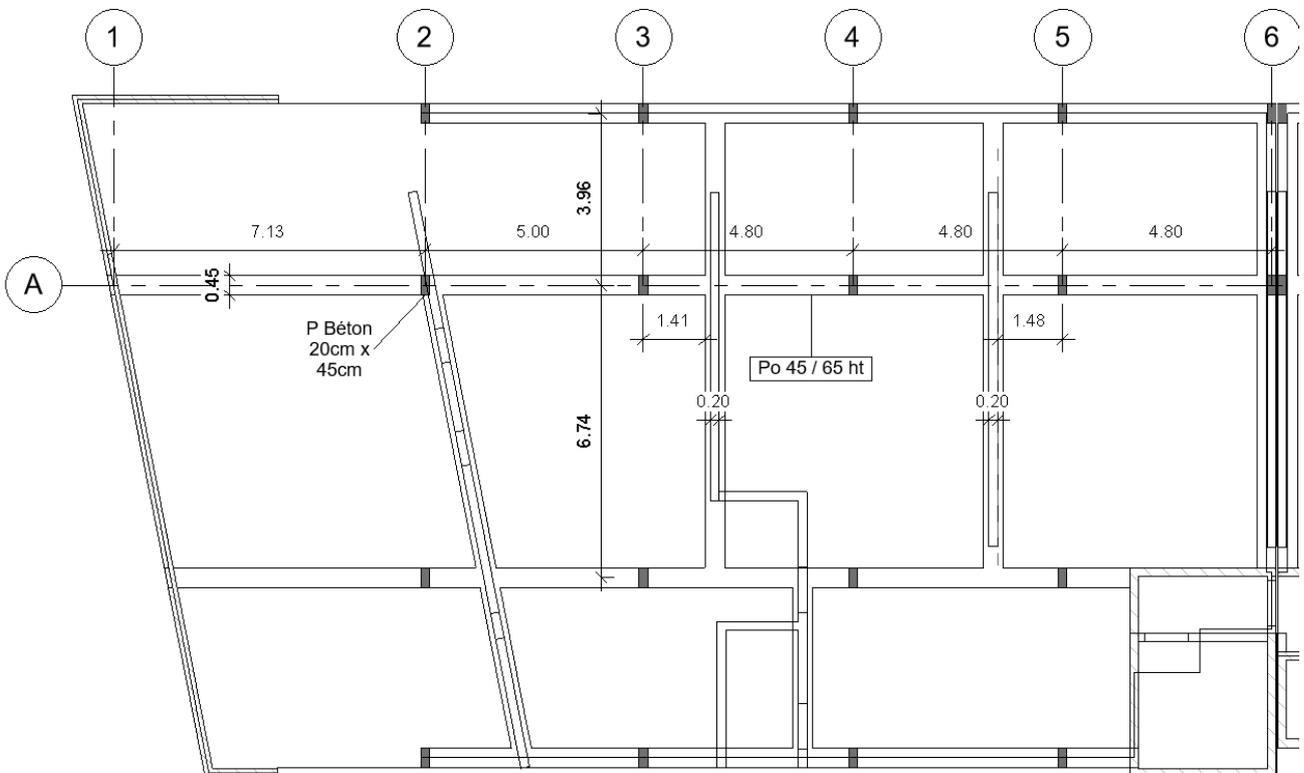
Q6. A partir de la méthode de vérification fournie à l'annexe 1 et en considérant des actions permanentes $g = 4 \text{ kN/m}$ et des actions climatiques $s = 3 \text{ kN/m}$, vérifier les flèches de la poutre étudiée.

1.2 Étude d'une poutre de reprise en béton armé

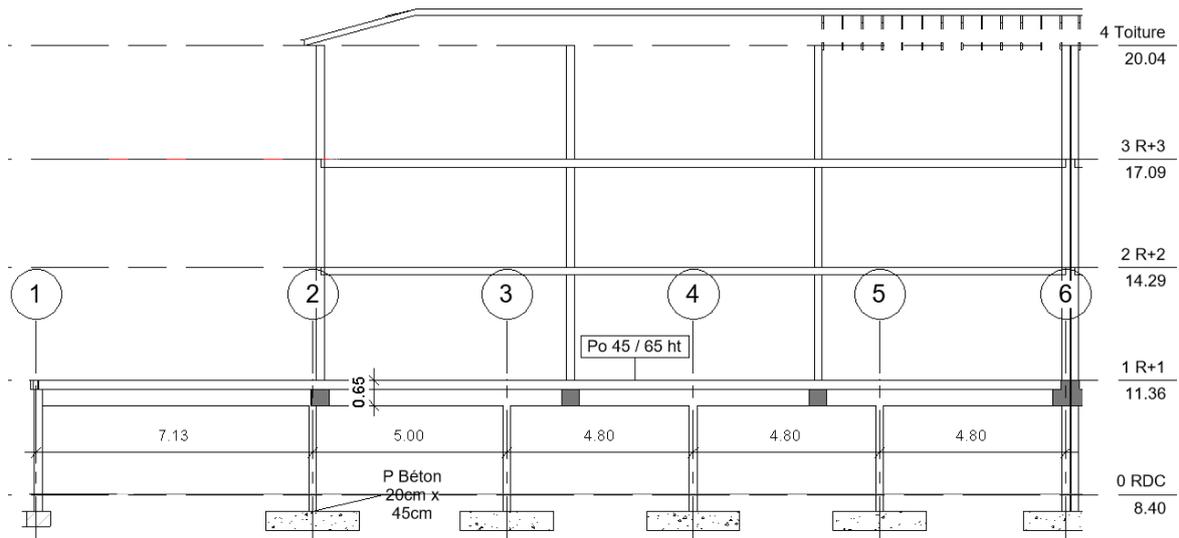
Le rez-de-chaussée du bâtiment est prévu pour accueillir des places de stationnement de véhicules. Ainsi la structure porteuse du bâtiment doit être reprise par un système de poutres reposant sur des poteaux en béton armé. L'objectif de cette étude est de justifier le dimensionnement de la poutre de reprise de la file A entre les files 1 et 6. Cette poutre est en béton armé de largeur 0,45 m et de hauteur 0,65 m.



Vue 3D de la Poutre de reprise étudiée

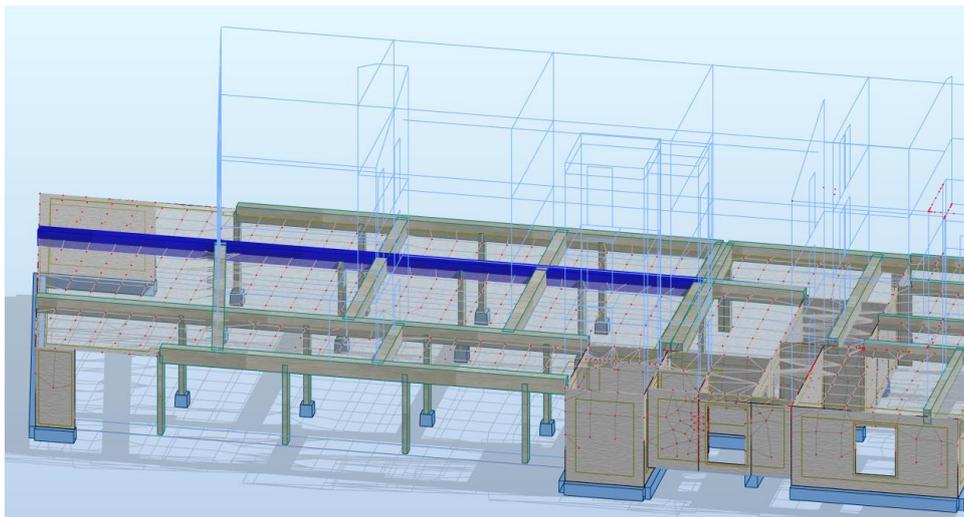


Plan de Coffrage du Haut du RDC

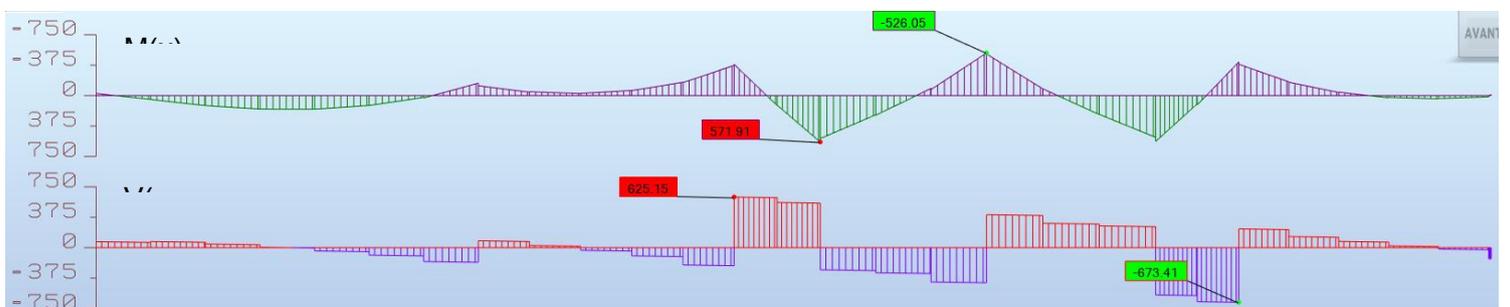


Coupe longitudinale au droit de la poutre étudiée

Q7. Proposer un schéma mécanique pour la poutre étudiée (Nombre d'appuis, Longueurs entre appuis, Section, Actions mécaniques sans les quantifier).

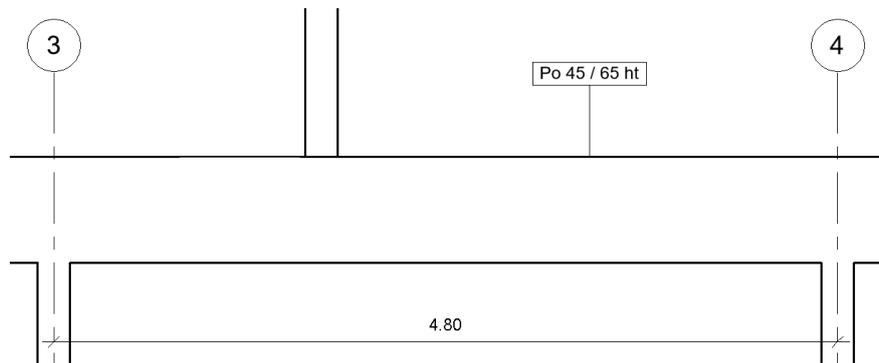


La maquette numérique est intégrée dans un logiciel d'analyse de la structure qui permet d'obtenir les sollicitations internes de la poutre étudiée.

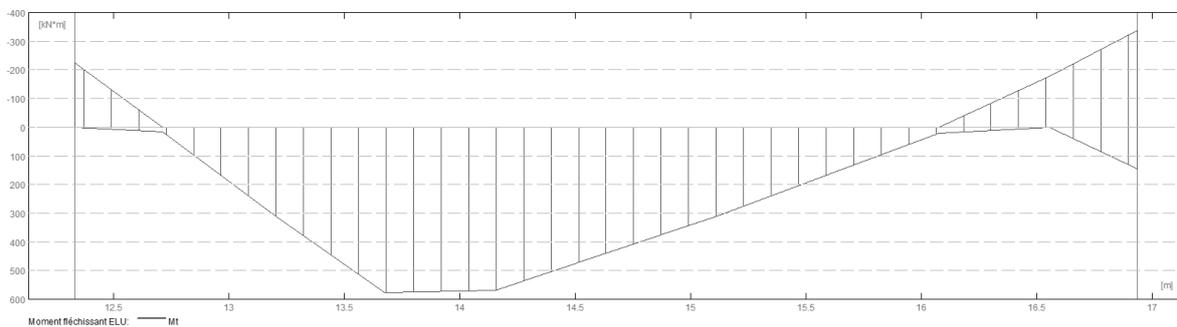


Q8. Commenter les allures des diagrammes représentatifs des efforts tranchants $V(x)$ et des moments fléchissants $M(x)$ ci-dessus. Tracer l'allure de la déformée sur le document réponse DR1.

Nous allons étudier plus précisément la poutre entre les poteaux des files 3 et 4. Le béton de la poutre étudiée est un béton C30/37 et l'enrobage est de 30 mm.

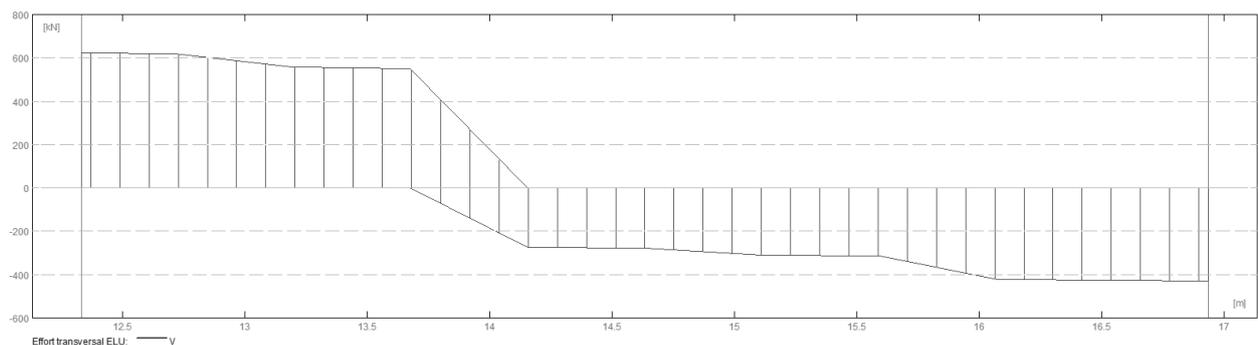


Coupe longitudinale au droit de la poutre étudiée entre les files 3 et 4



Courbe enveloppe des Moments fléchissants

Q9. A partir de la méthode de dimensionnement fournie à l'annexe 2 et en considérant à l'ELU un moment fléchissant en travée de 580 kN.m et sur appuis de -340 kN.m, déterminer les armatures longitudinales de la poutre entre les files 3 et 4.



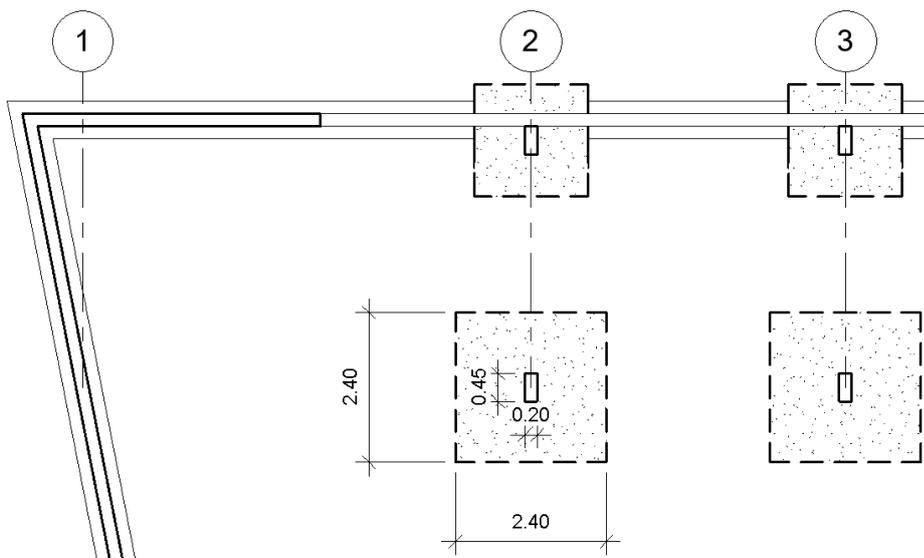
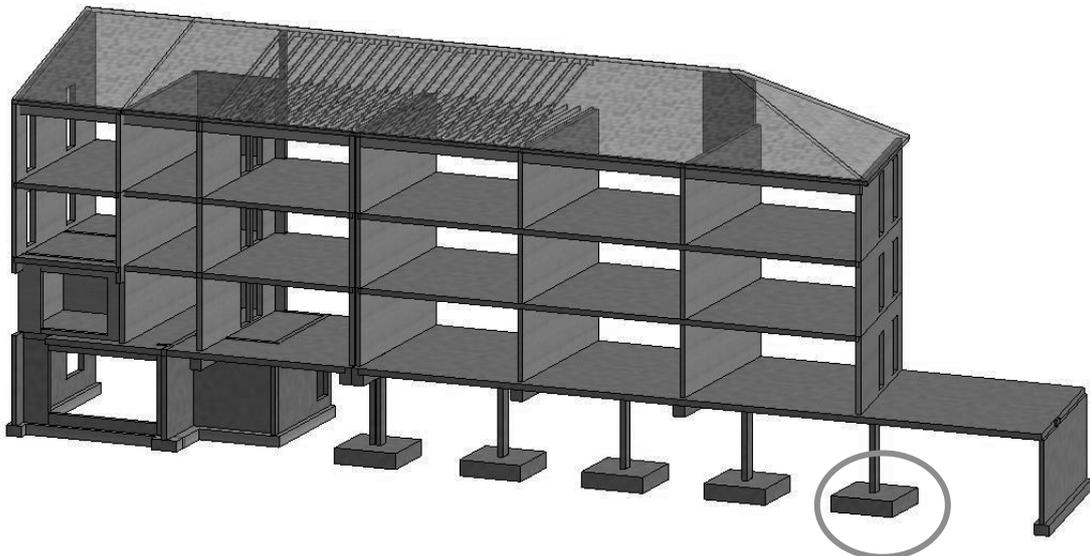
Courbe enveloppe des Efforts Tranchants

Q10. A partir de la méthode de dimensionnement fournie à l'annexe 2 et en considérant à l'ELU un effort tranchant de 635 kN sur la file 3 et de 430 kN sur la file 4, déterminer les armatures transversales.

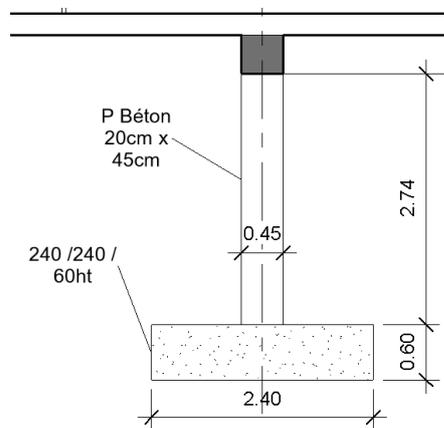
Q11. Représenter les armatures calculées sur le document réponse DR2.

1.3 Étude des fondations

L'objectif de cette étude est de justifier le dimensionnement des semelles isolées situées sous la poutre continue de la file A. La semelle la plus sollicitée est la semelle de la file 2. Les dimensions de cette semelle sont de 2,40 m par 2,40 m avec une hauteur de 0,60 m.



Plan des Fondations



Coupe sur semelle

Les semelles superficielles reposent sur un sol renforcé par l'intermédiaire d'un réseau d'inclusions rigides verticales qui permet d'obtenir une contrainte admissible au sol à l'ELU de 0,30 MPa.

Q12. Expliquer le principe de réalisation des inclusions rigides pour le renforcement du sol.

L'action à l'ELU des poutres sur le poteau étudié est de 1275 kN.

Q13. Calculer l'action de la fondation sur le sol et vérifier la capacité portante des semelles aux ELU.

Le béton de la semelle étudiée est un béton C25/30 et la semelle sera coulée sur un béton de propreté.

Q14. A partir de la méthode de dimensionnement fournie à l'annexe 2, déterminer les armatures de la semelle.

Q15. Représenter les armatures de la semelle sur le document réponse DR3.

ÉTUDE 2. CONFORTS ET EQUIPEMENTS TECHNIQUES

Vous trouverez en Annexe 3 des extraits des règles Th Bat et en Annexe 4 des extraits de l'étude acoustique.

2.1 Etude de deux parois type

Vous trouverez en Annexe 5 un extrait des compositions des murs telles que données dans le DCE de l'opération :

- « murs pignons extérieurs ».

Q16 Faire un schéma en coupe de la paroi et calculer son coefficient de transfert thermique U.

- « murs de façade en ossature bois ».

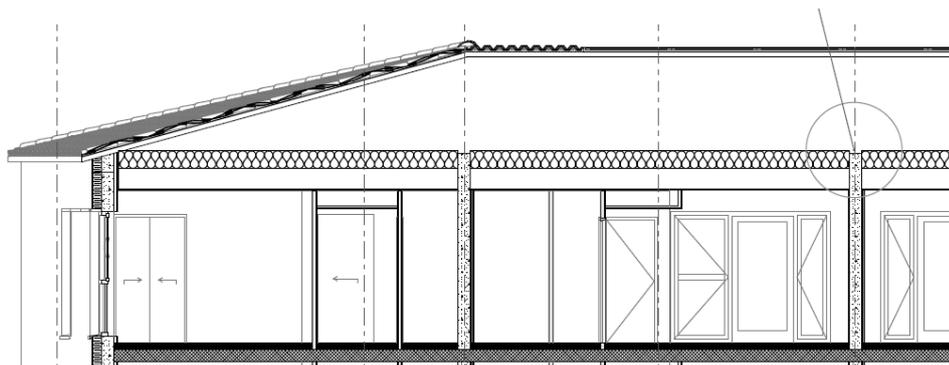
Q17 Faire un schéma en coupe de la paroi et calculer son coefficient de transfert thermique U.

Q18 Démontrer qu'avec une barrière vapeur (« pare-vapeur ») telle qu'elle est placée, d'épaisseur équivalente de diffusion $S_d = 6 \text{ m}$, et un pare-pluie avec une valeur S_d négligeable, il n'y a pas de risque de condensation dans, ou sur, la paroi lorsque l'air intérieur est à 19°C et 60% d'humidité, et l'air extérieur à -4°C et 90% d'humidité. On pourra négliger l'effet des montants bois sur les transferts de masse. Vous trouverez un rappel de l'expression du débit de vapeur à travers une paroi, et des caractéristiques thermo physiques de l'eau en Annexe 6.

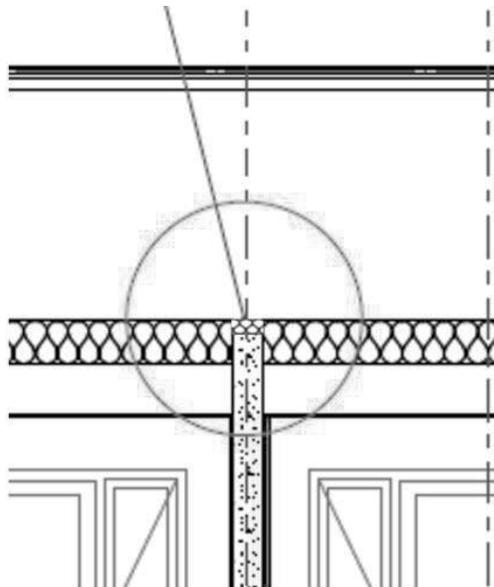
Y-aurait-il un risque si le pare-pluie se comportait comme la barrière vapeur ? Argumenter.

2.2 Etude de la liaison refend/plancher haut

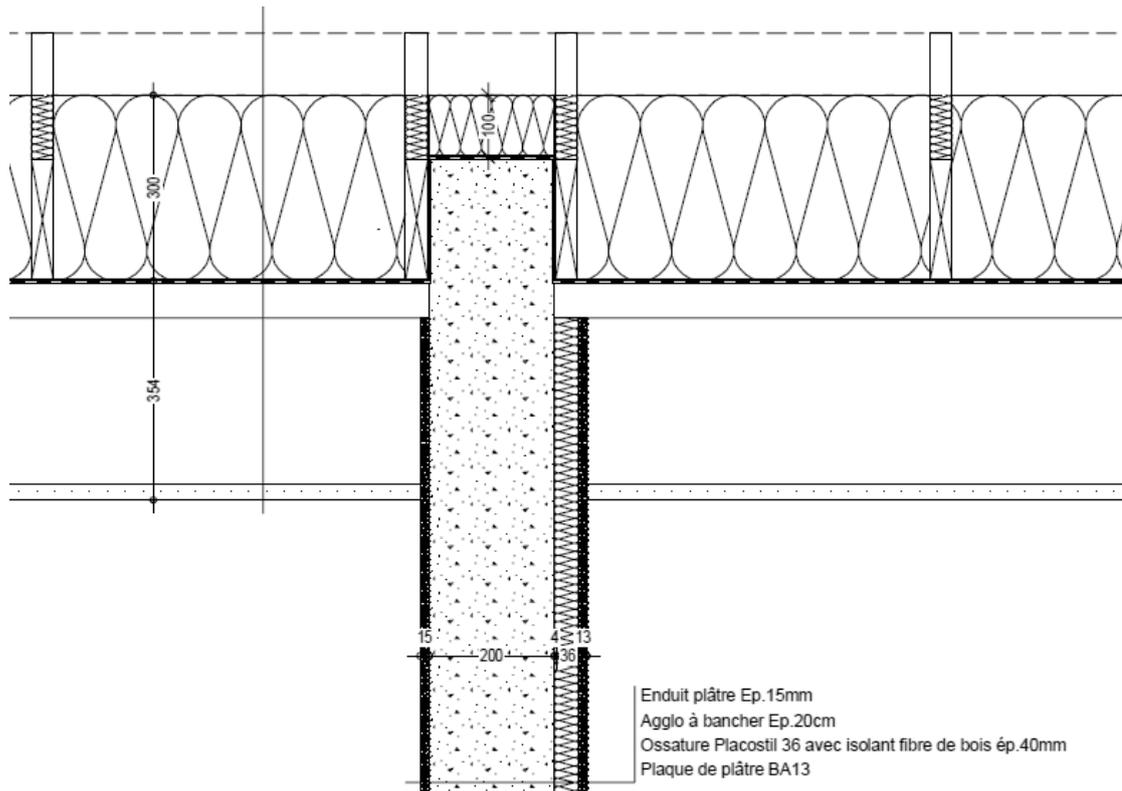
Q19 Cas 1 : Quelle serait la valeur du coefficient Ψ à prendre en compte pour cette liaison si elle n'était pas traitée (comme pourrait le suggérer l'extrait de plan reproduit ci-après) ?



Q20 Cas 2 : Quelle serait la valeur du coefficient Ψ à prendre en compte pour cette liaison si elle était traitée en ajoutant de l'isolant au-dessus du refend (mais sans isolant en surface du refend) comme représenté ci-dessous ?



Q21 Cas 3 : A quoi sert le complexe de doublage de 40 mm posé sur une face du mur (comme le montre l'extrait du carnet de détails représenté ci-dessous) ? Pourquoi le prolonger dans le faux plafond ? On ne dispose pas de valeur par défaut du coefficient Ψ dans ce cas. Mais comment pensez-vous qu'il doit évoluer par rapport au cas 2 ?



2.3 VMC

Etant donné l'extrait de plan donné en Annexe 7,

Q22 A partir des valeurs numériques renseignées sur le plan, préciser le type de VMC mis en place et son fonctionnement.

Q23 Quel est le lien avec la production d'ECS ?

2.4 Analyse résultats étude RT2012

Vous trouverez en Annexe 8 un extrait des résultats de l'étude RT2012 pour le bâtiment collectif.

Q24 Commenter la répartition des consommations par poste telle qu'elle est présentée sur le camembert.

Q25 Comparer la somme des Cep présentée dans ce camembert avec le Cep affiché dans le tableau. Commenter. Comment est-il possible que l'étiquette énergie affiche un résultat négatif ?

Q 26 Quels sont les éléments de conception du bâtiment et de ces équipements qui conduisent à une valeur très faible d'émission des gaz à effet de serre ? Quels sont les éléments ignorés ici, qui pourront dégrader ce résultat avec l'adoption de la RE2020 ?

2.5 Pompe à Chaleur (PAC)

La production de chaleur pour le bâtiment collectif est assurée par une pompe à chaleur eau/eau fonctionnant au R410A.

Le TEWI est un indice d'impact sur le réchauffement climatique d'une installation pour toute sa durée de vie (Total Equivalent Warming Impact). Il prend en compte le réchauffement provoqué par les pertes de fluide frigorigène (émissions localisées) et par la consommation d'énergie (émissions à distance). Sa formule est :

$$\text{TEWI} = \text{GWP} \cdot m \cdot [L \cdot n + (1-a)] + n \cdot E \cdot b$$

- GWP : Indice d'impact du fluide frigorigène sur le réchauffement climatique (ici R410A : 2088 $\text{kg}_{\text{eqCO}_2}/\text{kg}$)
- m = charge (masse) de fluide frigorigène dans l'installation (ici 2,8 kg)
- L = taux de fuite annuel (ici estimé à 3 %/an)
- n = durée de vie de l'installation (ici 20 ans)
- a = taux de récupération du fluide en fin de vie de l'installation (ici estimé à 75%)
- E = consommation d'électricité annuelle de la PAC (kWh)
- b = taux de CO_2 rejeté pour produire l'électricité (dépend du mix énergétique du réseau): 0,18 $\text{kg}_{\text{eqCO}_2}/\text{kWh}_{\text{EF}}$ en France ;

Les besoins annuels en chauffage du bâtiment s'élevant à 12 kWh/m², le bâtiment occupant une surface de 997 m², et le coefficient de performance saisonnier étant SCOP = 4,3.

Q27 Quelle est la consommation d'électricité dédiée au chauffage, en énergie finale ? Ce résultat est-il en accord avec la consommation en énergie primaire donnée dans le camembert de l'annexe 8 ?

Q28 Quelle est la valeur du TEWI de cette installation ? A partir de la formule du TEWI, comparer les impacts liés :

- à l'entretien
- à la consommation d'électricité
- à la fin de vie de l'installation

La réglementation européenne « F Gaz » vise à limiter la production de gaz à effet de serre liée à la dispersion de fluides frigorigènes dans l'atmosphère. Elle prévoit notamment l'interdiction du R410A dans les installations contenant moins de 3 kg de fluide en 2025. Cette action est-elle en mesure de réduire de manière importante le réchauffement climatique provoqué par une PAC de ce type ? On pourra comparer avec l'amélioration provoquée par une augmentation de 0,2 du SCOP, ou une réduction de 20% de la charge, ou toute autre amélioration que vous pourriez envisager. On donne :

Fluide	R404A	R410A	R134a	R32	R1234ze
GWP	3922	2088	1430	675	6

2.6 Schéma de principe hydraulique

L'Annexe 9 présente une vue d'ensemble de l'installation. Vous disposez également d'un zoom sur la partie à laquelle on va plus particulièrement s'intéresser sur l'Annexe 10.

Q29 : Quelle est la fonction des éléments suivants :

- du vase d'expansion ?
- du disconnecteur hydraulique ?
- du pot à boues ?
- du pot d'injection ?
- le « ballon de stockage primaire » (appelé aussi parfois « ballon tampon ») ?

Q30. A partir du plan du réseau d'eaux pluviales ci-dessus, compléter le profil en long du tronçon R1-R4 sur le document réponse DR4.

Q31. A l'aide de l'annexe 11, calculer le débit capable en pleine section de la canalisation entre le regard R3 et le regard R4.

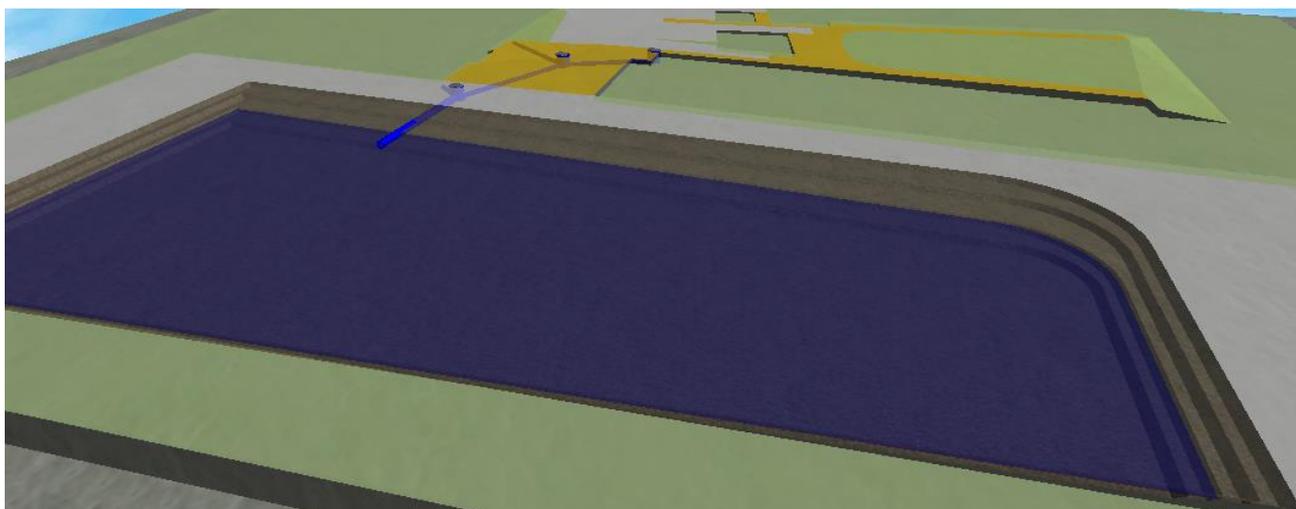
Q32. A l'aide de l'annexe 11, réaliser la coupe AA de la tranchée pour la mise en œuvre du réseau, en indiquant les dimensions de la tranchée et en précisant les différents matériaux à mettre en œuvre. Expliquer le principe de la préconisation du CCTP : « Compactage donnant 98 % au moins du Proctor modifié ».

Données pour l'élaboration du sous-détail de prix			
<i>Rendement avec 3 personnes pour l'ouverture de la tranchée, la pose du réseau et le remblaiement</i>			<i>3 m/h</i>
<i>Achat Buse béton D500</i>	<i>75 €/m</i>	<i>Camion 6x4 avec chauffeur</i>	<i>450 €/j</i>
<i>Gravillon 2/4</i>	<i>12 €/T</i>	<i>Compacteur</i>	<i>70 €/j</i>
<i>GNT 0/31,5</i>	<i>10 €/T</i>	<i>Coût horaire Personnel</i>	<i>25 €/h</i>
<i>Pelle hydraulique avec chauffeur</i>	<i>90 €/h</i>	<i>Coefficient de vente</i>	<i>1,30</i>

Q33. Élaborer le sous-détail de prix et calculer le prix unitaire de vente de 1 m de buse béton de diamètre 500 mm.

Le projet se situe en Région 3 et l'on souhaite vérifier le volume du bassin de rétention pour un temps de retour de 20 ans.

Q34. A l'aide de l'annexe 11, vérifier que le volume de remplissage du bassin de rétention de 683 m³ est suffisant.



3.2 Étude des chaussées du parking

Vous disposez de l'annexe 12 pour réaliser l'étude des chaussées du parking.

Q35. Réaliser la classification GTR des alluvions au droit du futur parking.

Q36. A l'aide de l'extrait du GTR, déterminer l'épaisseur et les conditions de compactage de la couche de forme. Expliquer le principe de l'essai qui permettra de valider la portance de la plateforme support de la chaussée.

Q37. Déterminer la classe de trafic pour une durée d'utilisation de 20 ans, puis à l'aide des extraits du catalogue des structures de chaussée, déterminer les épaisseurs des couches de la chaussée (couche de fondation, couche de base et couche de surface).

Q38. Réaliser une coupe de la structure de la chaussée sur votre copie. Expliquer le mode opératoire (moyens à mettre en œuvre) pour la mise en œuvre des différentes couches du futur parking.

DOCUMENTS ANNEXES

- Annexe 1 : Extraits Eurocode 5 Lamellé Collé et Bois Massifs
- Annexe 2 : Extraits Eurocode 2 Calcul des structures en béton
- Annexe 3 : Extraits Règles ThBat
- Annexe 4 : Extraits étude acoustique
- Annexe 5 : Complexes de murs :
- Annexe 6 : Données concernant le transfert de vapeur à travers les parois.
- Annexe 7 : Extrait de plan VMC : mettre une legende
- Annexe 8 : Résultats étude RT2012
- Annexe 9 : Schéma de principe de l'installation
- Annexe 10 : Zoom sur la partie du schéma de principe à étudier
- Annexe 11 : Données pour l'étude du réseau d'évacuation des eaux pluviales
- Annexe 12 : Données pour l'étude des chaussées du parking

DOCUMENTS REPONSES

- DR 1** : Question 8 : Commentaires et Allures de la déformée
- DR 2** : Question 11 : Armatures de la Poutre
- DR 3** : Question 16: Armatures de la semelle
- DR 4** : Question 30: Profil en long réseau EP

ANNEXE 1 : EXTRAITS DE L'EUROCODE 5 LAMELLE COLLE ET BOIS MASSIFS

1. Tableau des caractéristiques mécaniques et physiques du bois Lamellé collé

Caractéristiques	Symbole	Lamellé collé homogène				Lamellé collé combiné			
		GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	GL24c	GL28c	GL32c	GL36c
Propriétés de résistance en N / mm² = MPa									
Flexion	$f_{m,k}$	24	28	32	36	24	28	32	36
Cisaillement	$f_{v,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3	2,2	2,7	3,2	3,8
Propriétés de rigidité en KN / mm² = GPa									
Module moyen d'élasticité axiale	$E_{0, moy}$	11,6	12,6	13,7	14,7	11,6	12,6	13,7	14,7
Masse volumique en Kg/m³									
Masse volumique moyenne	ρ_{moy}	440	470	495	520	405	440	470	495

2. Vérification simplifiée des contraintes normales selon l' Eurocode limitée à la flexion simple

Critère de résistance d'une section / contraintes normales $\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$

$f_{m,d}$ Résistance de calcul à la flexion du bois : $f_{m,d} = k_h \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$

- $\sigma_{m,d}$ contrainte max. de calcul en flexion (sur les fibres extrêmes) engendrée par le moment de flexion M à l'E.L.U.
- $f_{m,k}$ résistance caractéristique à la flexion du bois
- γ_M coefficient partiel de propriété du matériau pour le bois à l'E.L.U.
- k_{mod} coefficient modificatif pour classes de service et classes de durée de charges
- k_h coefficient modificatif tenant compte de la hauteur de la poutre

3. Vérification simplifiée des contraintes de cisaillement selon l' Eurocode

Critère de résistance d'une section au cisaillement : $\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$

$f_{v,d}$ résistance de calcul au cisaillement du bois $f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M}$

- τ_d contrainte max. de cisaillement engendrée par l'effort tranchant V à l'E.L.U.
- $f_{v,k}$ résistance caractéristique au cisaillement du bois
- γ_M coefficient partiel de propriété du matériau pour le bois à l'E.L.U.
- k_{mod} coefficient modificatif pour classes de service et classes de durée de charges

4. Valeurs des principaux coefficients

4.1 Classes de service

Classe 1	Structure intérieure en milieu sec Milieu protégé (local chauffé)
	Taux d'humidité de l'air < 65%
	Taux d'humidité du bois 7% < H% < 13%
Classe 2	Milieu abrité Milieu extérieur non exposé
	Taux d'humidité de l'air < 85%
	Taux d'humidité du bois 13 % < H% < 20%
Classe 3	Milieu extérieur exposé
	Taux d'humidité du bois H% > 20%
	Liaisons avec le sol, l'eau

4.2 Classes de durée de charge

Classe de durée de charge	Ordre de grandeur de la durée cumulée de l'application d'une action	Exemple d'action
Permanente	> 10 ans	poids propre
Long terme	six mois à 10 ans	Stockage, équipements fixes
Moyen terme	une semaine à six mois	charges d'exploitation ; neige : altitude $H \geq 1000$ m
Court terme	< une semaine	Neige : altitude $H < 1000$ m Charge d'entretien
Instantanée		vent situations et actions accidentelles :neige exceptionnelle,...

4.3 Valeur du coefficient k_{mod}

Matériau	Classe de durée de charge	Classe de service		
		1	2	3
BM : bois massif LC : lamellé collé	Permanente	0,60	0,60	0,50
	Long terme	0,70	0,70	0,55
	Moyen terme	0,80	0,80	0,65
	Court terme	0,90	0,90	0,70
	Instantanée	1,10	1,10	0,90

Nota : lorsque dans une combinaison, on a des charges de durée variable, on prend le k_{mod} de la plus faible durée.

4.4 Coefficients partiels normaux propriétés des matériaux γ_M

ÉTATS LIMITES ULTIMES		
MATERIAUX	Bois massifs	1,30
	Lamellé collé	1,25
ÉTATS LIMITES DE SERVICES		1,00

4.5 coefficient de hauteur k_h

Coefficient k_h pour LC

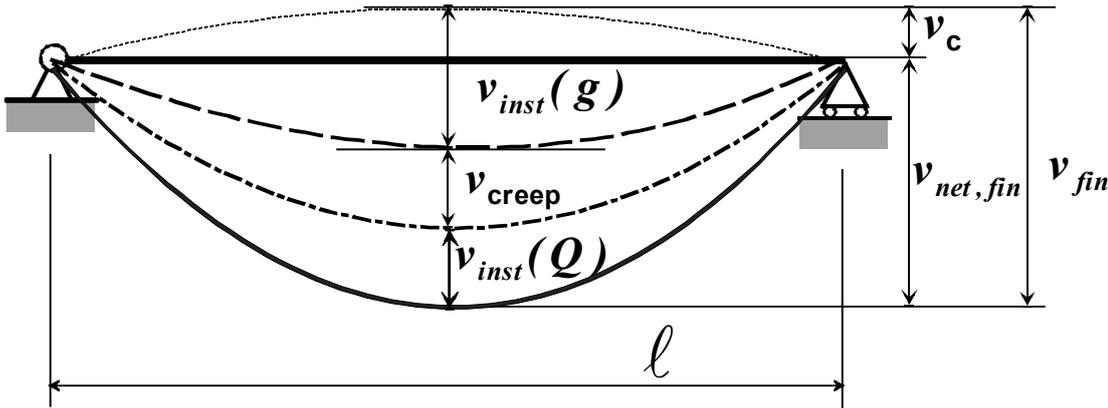
h	600 à 575	570 à 520	515 à 470	465 à 430	425 à 390	385 à 355	350 à 320	315 à 300
k_h	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07

5. Vérification de la flèche aux E.L.S.

Notations et définitions

- La contreflèche, si elle existe, est notée : v_c .
- La flèche instantanée : v_{inst} .
- La flèche différée (fluage) , v_{creep} uniquement sous charges permanentes ou quasi permanentes
- La flèche finale $v_{fin} = v_{inst} + v_{creep}$
- La flèche résultante finale $v_{net,fin} = v_{fin} - v_c = v_{inst} + v_{creep} - v_c$

Dans le cas d'éléments sans contreflèche : $v_{net,fin} = v_{fin} = v_{inst} + v_{creep}$



❖ flèche instantanée

flèche instantanée due aux charges permanentes : $v_{inst}(g)$

flèche instantanée due aux charges variables : $v_{inst}(Q)$ part de la flèche instantanée due uniquement aux actions variables.

Q représente soit les charges variables d'exploitation q , soit les charges variables de neige s , soit les charges variables de vent w , soit une combinaison de plusieurs de ces actions variables.

Il convient de calculer la déformation, à partir d'une combinaison d'actions, comme la combinaison des contributions des actions individuelles. La possibilité d'avoir deux actions variables simultanées peut être prise en compte au travers des facteurs ψ_0 .

- $v_{inst}(q)$ flèche instantanée due aux charges variables d'exploitation
- $v_{inst}(s)$ flèche instantanée due aux charges variables de neige
- $v_{inst}(w)$ flèche instantanée due aux charges variables de vent

❖ La déformation du bois sous l'effet des charges permanentes s'accroît avec le temps, c'est le phénomène de fluage.

On calculera la flèche due au fluage notée v_{creep} uniquement pour les charges permanentes ou quasi permanentes de la manière suivante :

Actions permanentes (g) $v_{creep}(g) = k_{def} \times v_{inst}(g)$;

Actions quasi permanentes partie de $q = \psi_2 \times q$, ou partie de $s = \psi_2 \times s$ (si altitude > 1000 m)

$$v_{creep}(Q) = k_{def} \psi_2 \times v_{inst}(Q)$$

k_{def} coefficient prenant en compte l'augmentation de la déformation en fonction du temps sous les effets du fluage et de l'humidité

❖ **flèches finales**

flèche finale due aux charges permanentes prenant en compte le fluage et l'humidité

- $v_{fin}(g) = v_{inst}(g) + v_{creep}(g)$ soit $v_{fin}(g) = v_{inst}(g) \times (1 + k_{def})$

flèche finale due aux charges variables prenant en compte le fluage et l'humidité

$$v_{fin}(Q) = v_{inst}(Q) + v_{creep}(Q) \text{ soit } v_{fin}(Q) = v_{inst}(Q) \times (1 + \psi_2 k_{def})$$

- flèche finale due aux charges variables de neige prenant en compte le fluage et l'humidité
 - si l'altitude de la construction est inférieure à 1000 m $v_{fin}(s) = v_{inst}(s)$
 - si l'altitude de la construction est supérieure à 1000 m $v_{fin}(s) = v_{inst}(s) \times (1 + 0,2k_{def})$
- flèche finale due aux charges variables d'exploitation prenant en compte le fluage et l'humidité

$$v_{fin}(q) = v_{inst}(q) \times (1 + \psi_2 k_{def})$$

les valeurs de ψ_2 sont données dans le tableau A1.1(F) du paragraphe 8.2.2
- flèche finale due aux charges variables de vent

$$v_{fin}(w) = v_{inst}(w)$$

On vérifiera que les flèches $v \leq v_{lim}$ (flèches verticales ou horizontales limites)

i. Valeurs de k_{def}

Valeurs de k_{def}

MATERIAU / CLASSE DE DUREE DE CHARGE	Classe de service		
	1	2	3
Bois Massif	0,60	0,80	2,00
Lamellé Collé	0,60	0,80	2,00

ii. Valeurs limites recommandées de flèches

Valeurs limites pour les flèches verticales ou horizontales	Bâtiments courants			
	Type d'ouvrage	$v_{inst}(Q)$	$v_{net,fin}$	v_{fin}
chevrons		-	$\ell / 150$	$\ell / 125$
Éléments structuraux		$\ell / 300$	$\ell / 200$	$\ell / 125$

Les trois valeurs doivent être vérifiées.

ℓ portée de la poutre ou la hauteur de l'élément étudié pour la flèche horizontale.

(pour les poutres en porte à faux, la longueur fictive ℓ à considérer est égale à deux fois la longueur réelle du porte à faux ; la valeur limite minimum est de 5 mm).

Panneaux de planchers ou supports de toiture : $v_{net,fin} \leq \ell / 250$.

Dans le cas d'éléments sans contreflèche, la vérification relative à $v_{net,fin}$ est plus défavorable que celle relative à v_{fin} .

ANNEXE 2 : EUROCODE 2 : CALCUL DES STRUCTURES EN BETON

Les bétons:

La résistance en compression du béton est désignée par des classes de résistance liées à la résistance caractéristique mesurée sur cylindre f_{ck} ou sur cube $f_{ck,cube}$.

Classes de résistance du béton														Expressions analytiques et commentaires	
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	Résistance caractéristique sur éprouvette cylindrique
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	Résistance caractéristique sur éprouvette cubique
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	Résistance moyenne à la traction $f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)}$ pour $\leq C50 / 60$
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	Module de Young du béton $E_{cm} = 22[f_{cm} / 10]^{0,3}$ f_{cm} en (MPa)
ε_{cu2} (%)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	Déformation maxi du béton

Les Aciers en barres

Diamètre	Poids	Périmètre	Section pour N barres en cm ²									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	0,154	1,57	0,196	0,393	0,589	0,785	0,982	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96
6	0,222	1,88	0,283	0,565	0,848	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
8	0,395	2,51	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,617	3,14	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
12	0,888	3,77	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
14	1,208	4,40	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39
16	1,578	5,03	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11
20	2,466	6,28	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
25	3,853	7,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
32	6,313	10,05	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42
40	9,865	12,57	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,66

Calcul des armatures longitudinales en flexion simple, section rectangulaire :

Données

Classe structurale : S4

Environnement : Classe d'exposition X..

Section poutre : largeur b_w ; Hauteur h

béton C../.. f_{ck}

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_C \quad \gamma_C = 1,5$$

acier S500 classe B $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

Actions de Calcul : $p_u = 1,35g + 1,5q \text{ kN/m}$

moment de flexion ELU $M_{Ed} = M_u$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur}; 10mm\}$$

Enrobage nominal : $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$

$$\Rightarrow d \quad d \leq 0,9h$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$\mu_u \leq 0,3717$$

Oui
Pivot B

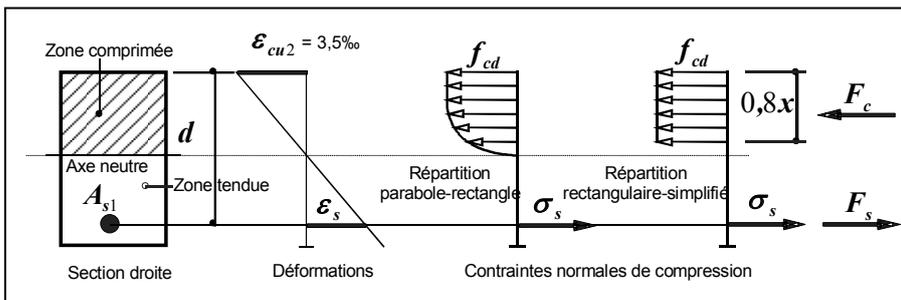
les armatures comprimées
sont nécessaires, ou on
redimensionne la section

NON

les armatures comprimées ne
sont pas nécessaires $A_{s2}=0$

$$\alpha_u = 1,25 \cdot (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

on pose $\alpha_u = \frac{x}{d}$



Déformation des aciers tendus

$$\varepsilon_s = 3,510^{-3} \frac{(1 - \alpha_u)}{\alpha_u}$$

$$\alpha_u = \frac{x}{d}$$

$$A_{s1} = \frac{M_u}{z_u \cdot f_{yd}}$$

$$A_{s1} > A_{s,min} = \max \left[0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_w d ; 0,0013 b_w d \right]$$

$$A_{s1} < 0,04 A_c$$

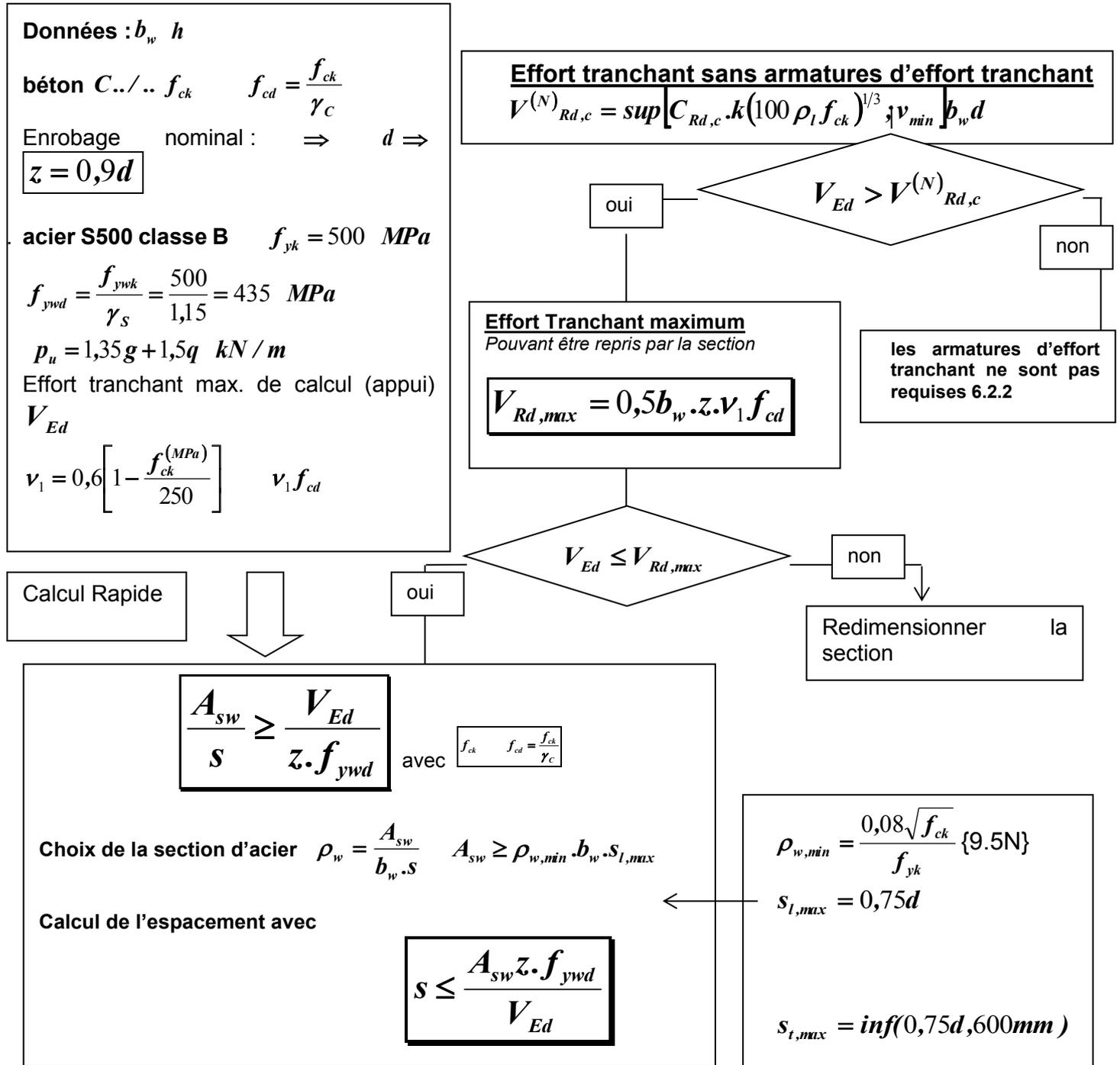
Le pourcentage d'armatures

$$\rho_{s1} = \frac{A_{s1}}{b_w d}$$

Il faut déterminer la hauteur utile réelle $d_{réelle}$, celle-ci doit être supérieure à la valeur forfaitaire considérée.



Organigramme simplifié de calcul des armatures transversales en flexion simple :



Données pour le calcul de $V_{Rd,c}^{(N)}$

$$k = \min \left[1 + \sqrt{\frac{200}{d^{(mm)}}}; 2 \right] \quad C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} \quad v_{min} = \frac{0,053}{\gamma_c} k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

Le pourcentage ρ_l d'acier longitudinal de flexion $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02$

A_{sl} : aire de la section des armatures tendues, prolongée d'une longueur supérieure à $d + l_{bd}$ au delà de la section considérée. (l_{bd} étant la longueur d'ancrage de calcul)

SEMELLES RECTANGULAIRES SOUS CHARGE CENTREE

Expression du moment réglementaire pour calculer les armatures en flexion simple avec une section rectangulaire de hauteur h .

<p>Diagram illustrating the cross-section of a rectangular foundation (semelle) under a central load. The foundation has a width b' and height h. The column has a width b and height c. The load N_{Ed} is applied at the center. The effective depth is d. The diagram shows the 'section de calcul' with dimensions $0,35b$ and $0,15b$ from the load center to the edges of the column. The effective depth d is split into d_y and d_x.</p>	<p>Semelle rectangulaire</p> $M_{Edx} = \frac{N_{Ed}}{2b'} \left[\frac{b'}{2} - 0,35b \right]^2 = \frac{N_{Ed} [b' - 0,7b]^2}{8b'}$ $M_{Edy} = \frac{N_{Ed}}{2c'} \left[\frac{c'}{2} - 0,35c \right]^2 = \frac{N_{Ed} [c' - 0,7c]^2}{8c'}$
---	---

Il n'y a pas lieu de prévoir des armatures d'effort tranchant pour une semelle rectangulaire si :

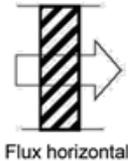
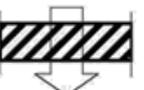
$$d_x \geq \frac{b' - b}{4} \quad d_y \geq \frac{c' - c}{4}$$

L'enrobage c_{nom} , est de 30 mm pour un béton de semelle coulé sur un béton de propreté, ou bien 65 mm pour un coulage directement au contact du sol.

Ancrages des armatures

si $l_{bd} \leq \frac{[b' - 0,70b]}{4}$, il n'est pas nécessaire de prévoir des crochets aux extrémités

Résistances superficielles R_{si} et R_{se}

Paroi donnant sur : – l'extérieur – un passage ouvert – un local ouvert ⁽¹⁾	R_{si} m ² .K/W	$R_{se}^{(2)}$ m ² .K/W	$R_{si} + R_{se}$ m ² .K/W
Paroi verticale Inclinaison ≥ 60 °  Flux horizontal	0,13	0,04	0,17
Paroi horizontale Inclinaison < 60 °  Flux ascendant	0,10	0,04	0,14
  Flux descendant	0,17	0,04	0,21
<p>1. Un local est dit « ouvert » si le rapport de la surface totale de ses ouvertures permanentes sur l'extérieur, à son volume, est égal ou supérieur à 0,005 m²/m³. Ce peut être le cas, par exemple, d'une circulation à l'air libre, pour des raisons de sécurité contre l'incendie.</p> <p>2. Si la paroi donne sur un autre local non chauffé, R_{si} s'applique des deux côtés.</p>			

Lames d'air non ventilées

Épaisseur de la lame d'air (mm)	Résistance thermique R (m ² .K)/W		
	Flux ascendant	Flux horizontal	Flux descendant
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23
<p>Note 1 : ces valeurs correspondent à une température moyenne de la lame d'air de 10 °C.</p> <p>Note 2 : les valeurs intermédiaires peuvent être obtenues par interpolation linéaire.</p>			

Tableau V Valeurs de la résistance thermique R

2.2 Bétons

2.2.1 Bétons de granulats courants siliceux, silico-calcaires et calcaires

Granulats conformes aux spécifications de la norme NF P 18-540.

2.2.1.1 Béton plein

Matériaux ou application	(ρ) en kg/m ³	(i) en W/(m.K)	(C_p) en J/(kg.K)	(μ)	
				Sec	Humide
	2 300 < ρ ≤ 2 600	2,00	1 000	130	80
	2 000 < ρ ≤ 2 300	1,65	1 000	120	70

2.2.1.3 Béton plein armé

Valeurs à prendre en compte lorsque le béton plein est armé avec un pourcentage en volume d'acier et dont au moins la moitié est disposée parallèlement au flux thermique.

Matériaux ou application	(ρ) en kg/m ³	(i) en W/(m.K)	(C_p) en J/(kg.K)	(μ)	
				Sec	Humide
Avec 1 < % d'acier ≤ 2	2 300 < ρ ≤ 2 400	2,3	1 000	130	80
Avec % d'acier > 2	ρ > 2 400	2,5	1 000	130	80

Béton plein armé

2.1.2.2 Blocs creux en béton de granulats courants conformes à la norme NF EN 771-3 et répondant aux spécifications suivantes

Masse volumique apparente du béton constitutif : 1 900 à 2 150 kg/m³.

Vides : 45 à 55 %.

Épaisseur des parois extérieures : 17 à 19 mm.

Épaisseur des parois intérieures : 17 mm environ.

Tableau 10 : Blocs creux à parois fines – Résistance thermique

Blocs creux Profil	Caractéristiques géométriques					Résistance thermique (m ² .K/W)
	Dimensions de coordination modulaire	Épaisseur (cm)	Hauteur (cm)	Longueur (cm)	Nombre de rangées d'alvéoles	
	5 x 20 x 50	5 ± 0,4	19 ± 0,4	49,4 ± 0,5	1	0,07
	7,5 x 20 x 50	7,5 ± 0,4	19 ± 0,4	49,4 ± 0,5	1	0,10
	10 x 20 x 50	10 ± 0,4	19 ± 0,4	49,4 ± 0,5	1	0,12
	12,5 x 20 x 50	12,5 ± 0,5	19 ± 0,4	49,4 ± 0,5	1	0,13
	15 x 20 x 50	15 ± 0,5	19 ± 0,4	49,4 ± 0,5	1	0,14
	15 x 25 x 50	15 ± 0,5	24 ± 0,4	49,4 ± 0,5	1	0,14
	15 x 20 x 50	15 ± 0,5	19 ± 0,4	49,4 ± 0,5	2	0,18
	15 x 25 x 50	15 ± 0,5	24 ± 0,4	49,4 ± 0,5	2	0,18
	17,5 x 20 x 50	17,5 ± 0,5	19 ± 0,4	49,4 ± 0,5	2	0,21
	20 x 20 x 50	20 ± 0,5	19 ± 0,4	49,4 ± 0,5	2	0,23 (0,21)*
	20 x 25 x 50	20 ± 0,5	24 ± 0,4	49,4 ± 0,5	2	0,23 (0,21)*
	20 x 20 x 50	20 ± 0,5	19 ± 0,4	49,4 ± 0,5	3	0,29 (0,26)
	22,5 x 20 x 50	22,5 ± 0,5	19 ± 0,4	49,4 ± 0,5	2	0,24
	25 x 20 x 50	25 ± 0,5	19 ± 0,4	49,4 ± 0,5	3	0,32 (0,28)
	27,5 x 20 x 50	27,5 ± 0,5	19 ± 0,4	49,4 ± 0,5	3	0,34 (0,30)

Note : les valeurs entre parenthèses correspondent à la résistance thermique avec joint central rempli de mortier (application parasismique).

* Dans le cas où ces blocs sont montés à joints minces (épaisseur < 2mm), la résistance thermique de la paroi maçonnée est alors de :
 - 0,27 (0,26) K.m²/W pour des blocs avec voiles de poses ;
 - 0,28 (0,27) K.m²/W pour les blocs sans voiles de poses.

Pour l'usage en joint mince :

- ces blocs creux en béton de granulats courants doivent être marqués NF et destinés à la pose collée (lettre « C » associée au logo « NF ») ;
- les mortiers utilisés doivent faire l'objet d'une évaluation technique appropriée pour permettre de s'assurer de la compatibilité entre le mortier, le bloc et l'outil d'application (Avis Technique, Document Technique d'Évaluation, certification).

Type d'isolant		Masse volumique sèche (ρ) en kg/m^3	Conductivité thermique utile (λ) en W/(m.K)	
Isolants dérivés du bois	Liège défini conformément à la norme NF B 57-000	Comprimé	$\rho \leq 500$	0,10
		Expansé pur conforme à la norme NF EN 13170 (ICB)	$100 \leq \rho \leq 150$	0,049
		Expansé aggloméré au brai ou aux résines synthétiques	$100 \leq \rho < 150$ $150 \leq \rho \leq 250$	0,049 0,055
	Panneaux de fibres de bois définis selon la norme NF EN 316		$750 \leq \rho \leq 1\ 000$	0,20
			$550 \leq \rho \leq 750$	0,18
			$350 \leq \rho \leq 550$	0,14
			$200 \leq \rho \leq 350$	0,10
			$\rho \leq 200$	0,07
	Panneaux de laine de bois	Panneaux de laine de bois agglomérés avec un liant hydraulique, définis conformément à la norme NF EN 13168	$350 \leq \rho \leq 450$	0,10
			$30 \leq \rho \leq 350$	0,08
Panneaux de laine de bois agglomérés		$450 \leq \rho \leq 600$	0,10	
Isolants à base de fibres végétales	Cellulose		$20 \leq \rho \leq 100$	0,049
	Chanvre et lin	Fibres liées	$20 \leq \rho \leq 200$	0,048
		Fibres lâches (isolant en vrac, fibres non liées)	$20 \leq \rho \leq 200$	0,056
	Paille comprimée	Transversalement au sens de la paille	$80 \leq \rho \leq 120$	0,052
		Dans le sens de la paille	$80 \leq \rho \leq 120$	0,080
	Autres isolants à base de fibres végétales		$20 \leq \rho < 40$	0,065
			$40 \leq \rho < 60$	0,060
		$60 \leq \rho < 200$	0,065	
Isolants à base de fibres animales	Laine de mouton		$10 \leq \rho < 100$	0,046
	Autres isolants à base de fibres animales	$10 \leq \rho < 20$	0,065	
		$20 \leq \rho < 50$	0,060	
		$50 \leq \rho < 100$	0,050	

2.5.2 Panneaux à base de bois

Définis conformément à la norme PR NF EN 13986 (octobre 2000).

2.5.2.1 Panneaux contreplaqués

Définis selon les normes NF EN 313 -1 et NF EN 313 -2 et bois panneautés définis selon la norme NF EN 12775.

Matériaux ou application	(ρ) en kg/m ³	(λ) en W/(m.K)	(C_p) en J/(kg.K)	(μ)	
				Sec	Humide
Panneaux de masse volumique nominale 850 à 1 000 kg/m ³	750 < ρ ≤ 900	0,24	1 600	250	110
Panneaux de masse volumique nominale 700 à 850 kg/m ³	600 < ρ ≤ 750	0,21	1 600	250	110
Panneaux de masse volumique nominale 600 à 700 kg/m ³	500 < ρ ≤ 600	0,17	1 600	220	90
Panneaux de masse volumique nominale 500 à 600 kg/m ³	450 < ρ ≤ 500	0,15	1 600	200	70
Panneaux de masse volumique nominale 400 à 500 kg/m ³	350 < ρ ≤ 450	0,13	1 600	200	70
Panneaux de masse volumique nominale 300 à 400 kg/m ³	250 < ρ ≤ 350	0,11	1 600	200	50
Panneaux de masse volumique inférieure à 300 kg/m ³	ρ ≤ 250	0,09	1 600	200	50

Panneaux contreplaqués

2.5.2.2 Panneaux à lamelles longues et orientées (OSB)

Définis selon la norme NF EN 300.

Matériaux ou application	(ρ) en kg/m ³	(λ) en W/(m.K)	(C_p) en J/(kg.K)	(μ)	
				Sec	Humide
	ρ ≤ 650	0,13	1 700	50	30

Panneaux à lamelles longues et orientées (OSB)

2.2.6 Bétons de bois

2.2.6.1 Béton de copeaux de bois (conforme aux documents d'Avis Technique)

Matériaux ou application	(ρ) en kg/m ³	(λ) en W/(m.K)	(C_p) en J/(kg.K)	(μ)	
				Sec	Humide
	450 ≤ ρ ≤ 650	0,16	1 000	15	10

Béton de copeaux de bois (conforme aux documents d'Avis Technique)

2.2.6.2 Autre béton de copeaux de bois

Matériaux ou application	(ρ) en kg/m ³	(λ) en W/(m.K)	(C_p) en J/(kg.K)	(μ)	
				Sec	Humide
Béton de fibres végétales (fibre de chanvre)	100 ≤ ρ ≤ 200	0,1	1 000		
	200 ≤ ρ ≤ 600	0,2	1 000		

Autre béton de copeaux de bois

2.3 Plâtres

Conventionnellement, la masse volumique sèche des plâtres est obtenue après séchage en étuve ventilée à 55 °C au lieu de 70 °C (cf. norme NF B 12-001).

2.3.1 Plâtres sans granulats

Matériaux ou application	(ρ) en kg/m ³	(λ) en W/(m.K)	(C_p) en J/(kg.K)	(μ)	
				Sec	Humide
Plâtre « gaché serré » ou « très serré » (plâtre de très haute dureté (THD), plâtre projeté et plâtre fin)	1 200 < ρ ≤ 1 500	0,56	1 000	10	4
	900 < ρ ≤ 1 200	0,43	1 000	10	4
	600 ≤ ρ ≤ 900	0,30	1 000	10	4
	ρ ≤ 600	0,18	1 000	10	4
Plâtre courant d'enduit intérieur (plâtre fin de construction (PFC) ou plâtre gros de construction (PGC))	1 000 ≤ ρ ≤ 1 300	0,57	1 000	10	6
	ρ ≤ 1 000	0,40	1 000	10	6
Enduit intérieur à base de plâtre et de sable	ρ ≤ 1 600	0,80	1 000	10	6
Plaques de plâtres à parement de carton « standard » et « haute dureté » ou éléments préfabriqués en plâtre à parements lisses	750 ≤ ρ ≤ 900	0,25*	1 000	10	4
	ρ < 750	0,21	1 000	10	4

(*) valeur par défaut à considérer en l'absence d'une connaissance précise de la masse volumique

Plâtres sans granulats

2.9.2 Mortiers d'enduits et de joints de ciment ou de chaux

Les mortiers de masse volumique inférieure à 1 800 kg/m³ sont considérés comme non traditionnels.

Matériaux ou application	(ρ) en kg/m ³	(λ) en W/(m.K)	(C_p) en J/(kg.K)	(μ)	
				Sec	Humide
	ρ > 2 000	1,8	1 000	10	6
	1 800 < ρ ≤ 2 000	1,3 (*)	1 000	10	6
	1 600 < ρ ≤ 1 800	1,0	1 000	10	6
	1 450 < ρ ≤ 1 600	0,80	1 000	10	6
	1 250 < ρ ≤ 1 450	0,70	1 000	10	6
	1 000 < ρ ≤ 1 250	0,55	1 000	10	6
	750 < ρ ≤ 1 000	0,40	1 000	10	6
	500 < ρ ≤ 750	0,30	1 000	10	6

(*) La masse volumique moyenne d'un mortier de pose est de 1 900 kg/m³.

Mortiers d'enduits et de joints de ciment ou de chaux

2.5 Végétaux

On caractérise les bois par leur masse volumique normale moyenne t_n , c'est-à-dire avec une teneur en humidité t_h de 15 % selon la terminologie de la norme NF B 51-002.

La densité ainsi caractérisée est donc plus élevée que la masse volumique sèche indiquée dans la deuxième colonne.

2.5.1 Bois

On donne dans les tableaux ci-après, la conductivité thermique du bois en fonction de l'essence ou de la masse volumique.

2.5.1.1 Essence de Bois

Lorsque l'essence de bois est connue lors de l'étude thermique du projet de construction, il sera préférentiellement retenu la valeur de conductivité thermique associée au nom de l'essence.

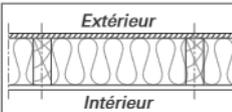
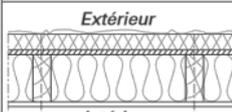
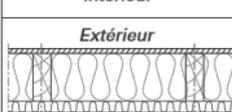
Matériaux ou application	Conductivité thermique utile (λ) en W/(m.K)
Epicéa, Sapin blanc, Western Red Cedar	0,11
Acajou d'Afrique, Cèdre, Douglas, Framiré, Mélèze, Meranti light red, Peuplier blanc, Pin maritime, Pin noir d'Autriche et Laricio, Pin sylvestre, Western Hemlock	0,13
Bossé clair, Châtaignier, Jequitiba, Limba / Fraké, Tauari, Tiama, Tola	0,15
Iroko, Louro vermelho (Grignon franc), Makoré / Douka, Mengkulang (Palapi), Mengkulang (Palapi), Meranti dark red, Niangon, Sapelli, Sipo, Teck	0,16
Bintangor, Bossé foncé, Chêne (rouvre et/ou pédonculé), Curupixa, Doussié, Eucalyptus globulus, Eucalyptus grandis, Frêne, Hêtre, Kosipo, Kotibé, Merbau, Moabi, Movingui, Robinier (faux Acacia)	0,18

Essence de Bois

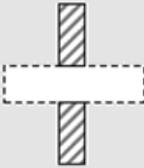
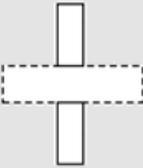
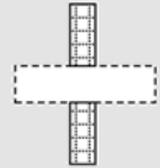
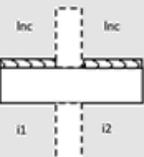
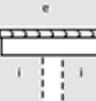
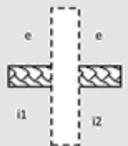
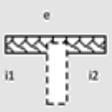
3.9.3.2 Les murs extérieurs

3.9.3.2.1 Ossatures

Tableau LXX

		ψ (W/(m.K))		ΔU (W/(m ² .K))			
		Montant 36 mm	Montant 50 mm	Entraxe 400 mm		Entraxe 600 mm	
				Montant 36 mm	Montant 50 mm	Montant 36 mm	Montant 50 mm
	Isolation entre montants	0,03	0,04	0,08	0,10	0,05	0,07
	Isolation entre montants + isolation complémentaire ^(*)	0,02	0,02	0,05	0,05	0,03	0,03
							

* Résistance minimale de l'isolation complémentaire extérieure ou intérieure = 0,75 m².K/W

Refend		A	B	C
		Maçonnerie	Béton	Isolation répartie
Plancher				
Béton, entrevous béton ou terre cuite isolé au-dessus				
33 ⁽¹⁾		0,42 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,87 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,10
34		0	0	0
Léger				
35		0,38 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,88 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,15 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$
36		0,05 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$	0,05	0,05 $\Psi_1 = 0.50\Psi$ $\Psi_2 = 0.50\Psi$

⁽¹⁾ Dans le cas de parois donnant sur l'extérieur, les valeurs de Ψ doivent être majorées de 30%.

3°/ ETUDE ACOUSTIQUE LOGEMENTS

Nous indiquons ci-après les dispositions minimales à mettre en œuvre pour respecter les contraintes réglementaires :

Les éléments de construction communs :

- Refend entre logements individuels :
 - Mur en blocs de béton plein de 20 cm d'épaisseur avec enduit ciment 15mm sur une face : $R_w (C ; C_{tr}) = 59 (-2 ; -7)$ dB
 - Doublage composé de 40mm de fibre de bois et 1 plaque de plâtre BA13 sur ossature rails Placostil M36 : $\Delta(R_{w+c}) = 5$ dB

- Refend entre logements collectifs :
 - Mur en blocs de béton plein de 20 cm d'épaisseur avec enduit ciment 15mm sur une face : $R_w (C ; C_{tr}) = 59 (-2 ; -7)$ dB
 - Doublage composé de 40mm de fibre de bois et 1 plaque de plâtre BA13 sur ossature rails Placostil M36 : $\Delta(R_{w+c}) = 5$ dB

- Plancher entre R+1 et dernier étage des logements collectifs :
 - Plancher en béton de 20 cm d'épaisseur : $R_w (C ; C_{tr}) = 63 (-1 ; -6)$ dB
 - résilient sous chape sur sous-couche de type VELAPHONE 22 assurant un affaiblissement aux bruits d'impacts $\Delta L_w \geq 22$ dB.

- Plancher entre parking et logements collectifs :
 - Plancher en béton banché d'épaisseur 23 cm : $R_w (C ; C_{tr}) = 66 (-1 ; -5)$ dB
 - résilient sous chape laine de bois de type STEICO THERM de 100 mm d'épaisseur assurant un affaiblissement aux bruits d'impacts $\Delta L_w \geq 19$ dB.

- Plancher entre logements individuels TM02 et TM11 :
 - Plancher en solive de bois massif d'épaisseur 280mm doublé par 100mm de laine de verre ISOCONFORT 35 entre solives et 2 BA13 : $R_w (C ; C_{tr}) = 56 (-2 ; -8)$ dB
 - résilient sous chape sur sous-couche de type DOMISOL LV de 15mm d'épaisseur assurant un affaiblissement aux bruits d'impacts $\Delta L_w \geq 29$ dB.

- Plancher entre logements individuels :
 - Plancher en solive de bois massif d'épaisseur 280mm avec 100mm de paille de riz entre solives, un BA18 et un BA13 sous plénum
 - mise en place d'un sol souple assurant un affaiblissement aux bruits d'impacts $\Delta L_w \geq 19$ dB.

ATTENTION : Les tubes chauffants des planchers RESIDIA 24/54 devront être entourés par le résilient au droit de toutes traversées vers l'extérieur de l'appartement (vers les gaines techniques, circulations etc...).

- Toiture logements collectifs :

- Le plafond sera composé de 2BA13 (ou un BA25) sous plénum de 150mm, d'un BA18 et au moins 300mm de paille de riz.

- Toiture logements individuels :

- Le plafond sera composé d'un BA18 sous au moins 900mm de laine minérale, d'un BA18 et au moins 200mm de paille de riz.

ATTENTION : Aucun élément ne doit être encastré en face à face dans les murs mitoyens entre appartements, un décalage d'au moins 60cm doit être assuré. Les percements seront limités au strict minimum dans les murs mitoyens entre appartements.

3.1 Niveau de bruit d'impacts :

Art. 4. - La constitution des parois horizontales, y compris les revêtements de sol, et des parois verticales doit être telle que le niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé, $L'_{v,im}$ défini dans l'article 4 de l'arrêté prévu par l'article 9 du présent arrêté et perçu dans chaque pièce principale d'un logement donné, ne dépasse pas 58 décibels, lorsque des impacts sont produits sur le sol des locaux extérieurs à ce logement au sens de l'article 1^{er}, à l'exception :

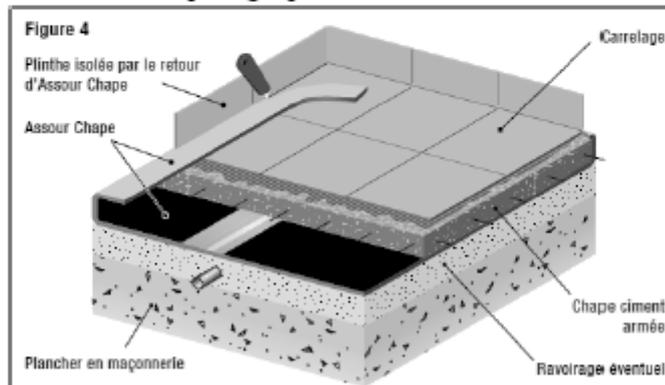
- des balcons et loggias non situés immédiatement au-dessus d'une pièce principale ;
- des escaliers dans le cas où un ascenseur dessert le bâtiment ;
- des locaux techniques."

Afin de respecter les exigences réglementaires de bruit reçu aux impacts, les planchers seront composés :

- D'un plancher en béton de 20cm d'épaisseur avec un résilient sous chape sur sous couche de type VELAPHONE 22 assurant un affaiblissement aux bruits d'impacts $\Delta L_w \geq 22$ dB entre étages courants du logements collectifs
- D'un plancher en solive de bois massif d'épaisseur 280mm avec 100mm de paille de riz entre solives, un BA18, un BA13 sous plénum et avec un sol souple assurant un affaiblissement aux bruits d'impacts $\Delta L_w \geq 19$ dB entre logements individuels.
- D'un plancher en solive de bois massif d'épaisseur 280mm doublé par 100mm de laine de verre ISOCONFORT 35 entre solives, 2 BA13 et avec un résilient sous chape sur sous-couche de type DOMISOL LV de 15mm d'épaisseur assurant un affaiblissement aux bruits d'impacts $\Delta L_w \geq 29$ dB entre logements individuels TM02 et TM11
- D'un plancher en béton de 23 cm d'épaisseur entre le parking et le R+1 des logements collectifs avec un résilient sous chape de 100 mm d'épaisseur assurant un affaiblissement aux bruits d'impacts $\Delta L_w \geq 19$ dB.

Le résilient retenu devra posséder un PV d'essai acoustique satisfaisant aux exigences fixées et répondre aux normes et DTU de la législation française.

La mise en œuvre doit faire l'objet d'une attention particulière, suivant le schéma ci-après. Toutes les précautions devront être prises pour éviter les "liens solidiens" entre chape et parties maçonnées. Les feuilles de résilient devront être suffisamment superposées et devront remonter le long des murs. La périphérie de la chape supérieure devra être équipée d'une bande de désolidarisation pour supprimer toute liaison rigide avec les murs périphériques, y compris les dormants de porte. De même, les plinthes devront être désolidarisées du carrelage. Les percements et passage de gaine dans le plancher devront être limités au strict minimum et les passages parfaitement rebouchés.



Les escaliers devront être désolidarisés des murs des logements, et des planchers haut et bas, y compris dans les duplex

3.2 Isolement aux bruits aériens :

Art. 2. - Les exigences relatives aux bruits aériens intérieurs au bâtiment sont les suivantes. L'isolement acoustique standardisé pondéré, $D_{nt,A}$, entre le local d'un logement, considéré comme local d'émission, et la pièce d'un autre logement du bâtiment, considérée comme local de réception, doit être égal ou supérieur aux valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous, $D_{nt,A}$ étant défini dans l'article 2 de l'arrêté prévu par l'article 9 du présent arrêté :

ISOLEMENT ACOUSTIQUE standardisé pondéré $D_{nt,A}$ (en décibels)		LOCAL DE RÉCEPTION : pièce d'un autre logement	
		Pièce principale	Cuisine et salle d'eau
Local d'émission : local d'un logement à l'exclusion des garages individuels.		53	50
Local d'émission : circulation commune intérieure au bâtiment	Lorsque le local d'émission et le local de réception ne sont séparés que par une porte palière ou par une porte palière et une porte de distribution.	40	37
	Dans les autres cas.	53	50
Local d'émission	Garage individuel d'un logement ou garage collectif.	55	52
	Local d'activité, à l'exclusion des garages collectifs.	58	55

...

ANNEXE 5 : COMPLEXES DE MURS :

Murs de façade en ossature bois	Ep. (mm)	G (kN/m ²)
Localisations : Mur de façade en ossature bois		
• Plaque de plâtre BA25	25	0,19
• Tasseaux bois 60x40	40	0,03
• Pare vapeur	-	-
• Ossature bois 45x145mm	145	0,07
• Isolation paille de riz 60kg/m ² , ép. 145mm (R=3.72 m ² .K/W)	-	0,09
• Panneau OSB 12mm	12	0,09
• Pare pluie	-	-
• ITE fibre de bois support d'enduit type PAVAWALL GF ép.60mm $\lambda = 0,039 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	60	0,12
• Enduit	15	0,30
Total :	297	0,94

Mur pignon extérieurs	Ep. (mm)	G (kN/m ²)
Localisation : Mur pignons extérieurs		
• Plaque de plâtre BA13	13	0,10
• Ossature métalliques type placostil 36mm	40	0,03
• Pare vapeur	-	-
• Mur en agglo creux chaînés	200	2,00
• ITE en fibre de bois support d'enduit type PAVAWALL SMART, ép.140mm $\lambda = 0,039 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$	140	0,16
• Enduit	15	0,20
Total :	408	2,54

ANNEXE 6 DONNEES CONCERNANT LE TRANSFERT DE VAPEUR A TRAVERS LES PAROIS.

Où P_v représente la pression partielle de vapeur d'eau, e l'épaisseur du matériau, et π la perméabilité du matériau. Dans les ThBat, ce sont les « facteurs de résistance à la diffusion de vapeur d'eau » μ qui sont donnés. On définit $\mu_{\text{mater}} = \pi_{\text{air}} / \pi_{\text{mater}}$. Les pare-vapeur ou frein-vapeur sont souvent caractérisés par l'épaisseur équivalente de diffusion S_d qui correspond à l'épaisseur d'air statique qui provoquerait la même résistance à la diffusion que la barrière vapeur.

1 PERMEABILITE DE L'AIR A LA DIFFUSION DE VAPEUR D'EAU

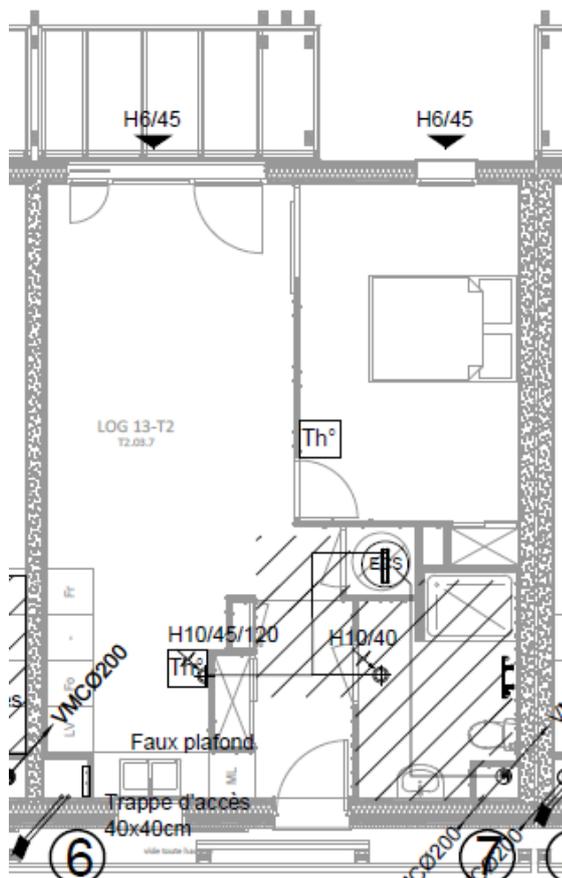
$$\pi = 1,85 \cdot 10^{-10} \text{ kg.s}^{-1}.\text{m}^{-1}.\text{Pa}^{-1}$$

Les isolants fibreux ou constitués d'une paille sont réputés avoir la même perméabilité à la diffusion de la vapeur que l'air.

2 PRESSION DE VAPEUR SATURANTE DE L'AIR EN FONCTION DE LA TEMPERATURE

θ (°C)	P_{vs} (Pa)						
-10	260	0	611	10	1282	20	2339
-9	284	1	657	11	1313	21	2488
-8	310	2	706	12	1403	22	2645
-7	338	3	758	13	1498	23	2811
-6	369	4	813	14	1599	24	2986
-5	402	5	873	15	1706	25	3170
-4	437	6	935	16	1819	30	4247
-3	476	7	1002	17	1938	35	5629
-2	518	8	1073	18	2065	40	7384
-1	563	9	1148	19	2198	50	12351

ANNEXE 7: EXTRAIT DE PLAN VMC :



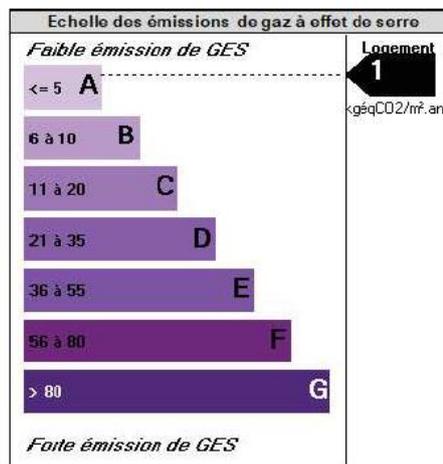
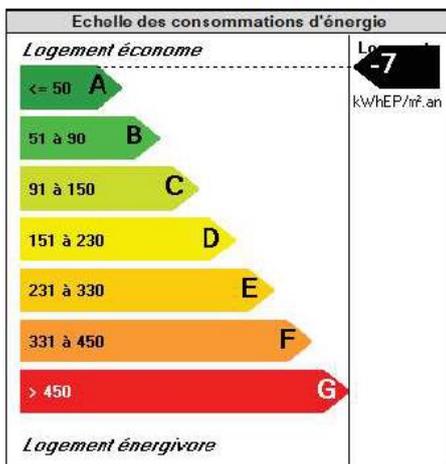
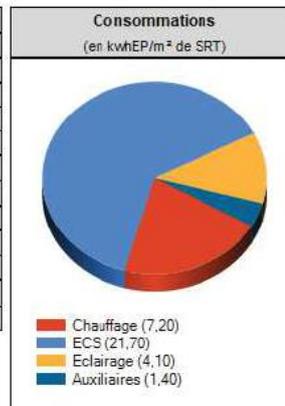
Légende :

 Zone avec faux plafond

ANNEXE 8: RESULTATS ETUDE RT2012

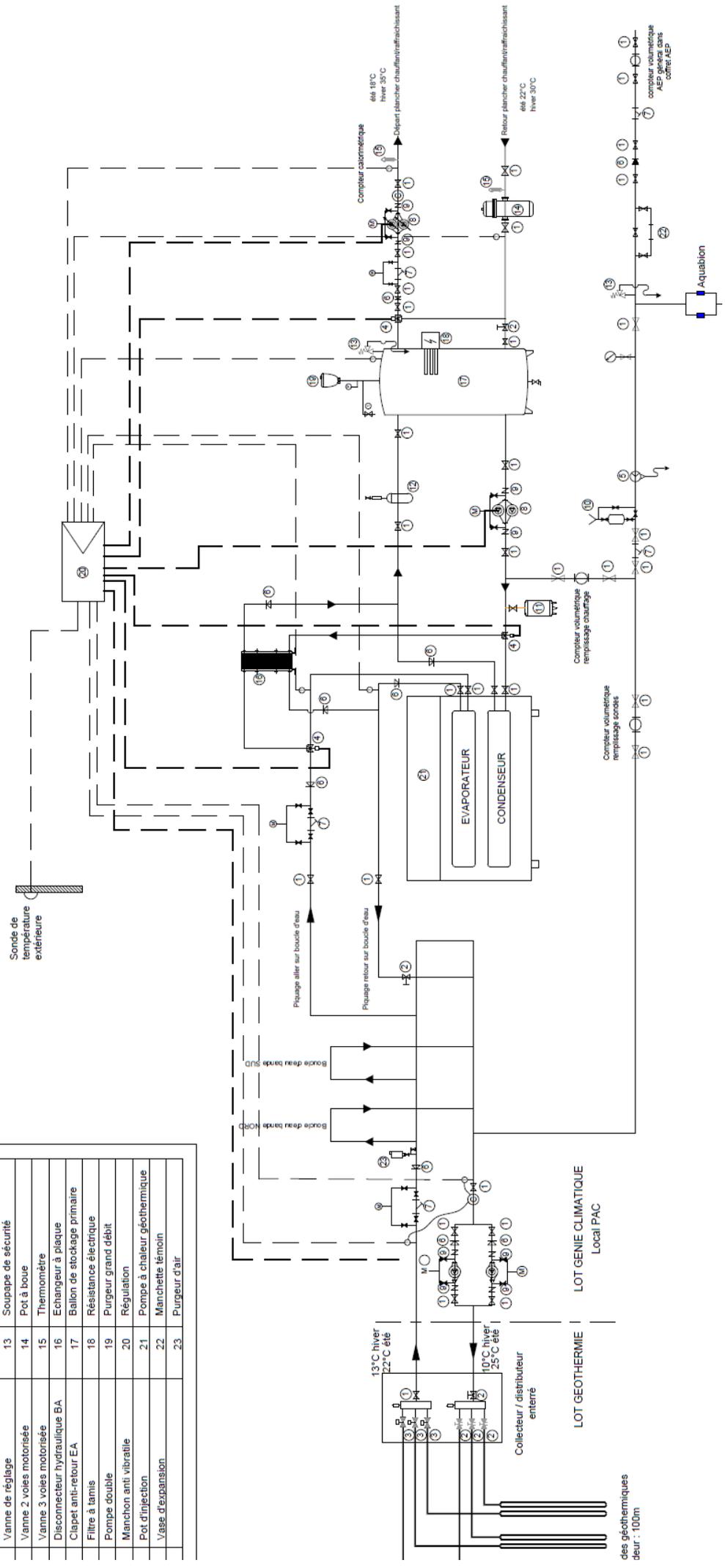
Bâtiment: COLLECTIF S - bâtiment neuf					
Zone		Type	Surface m ²		
COLLECTIFS		Immeuble collectif	996,90		
Groupe	Refroidissement	Catégorie	Tic	Tic Réf.	
COLLECTIFS	Groupe non refroidi	CE 1	29,20	31,40	
		Bbio	Bbio Max	Gain en %	
		Bbio	19,900	42,000	52,62
		Cep	Cep Max	Gain en %	
		Cep	0,100	47,500	99,79

Les garde-fous sont conformes.
Le bâtiment est conforme à la RT2012 au sens des ThBCE.

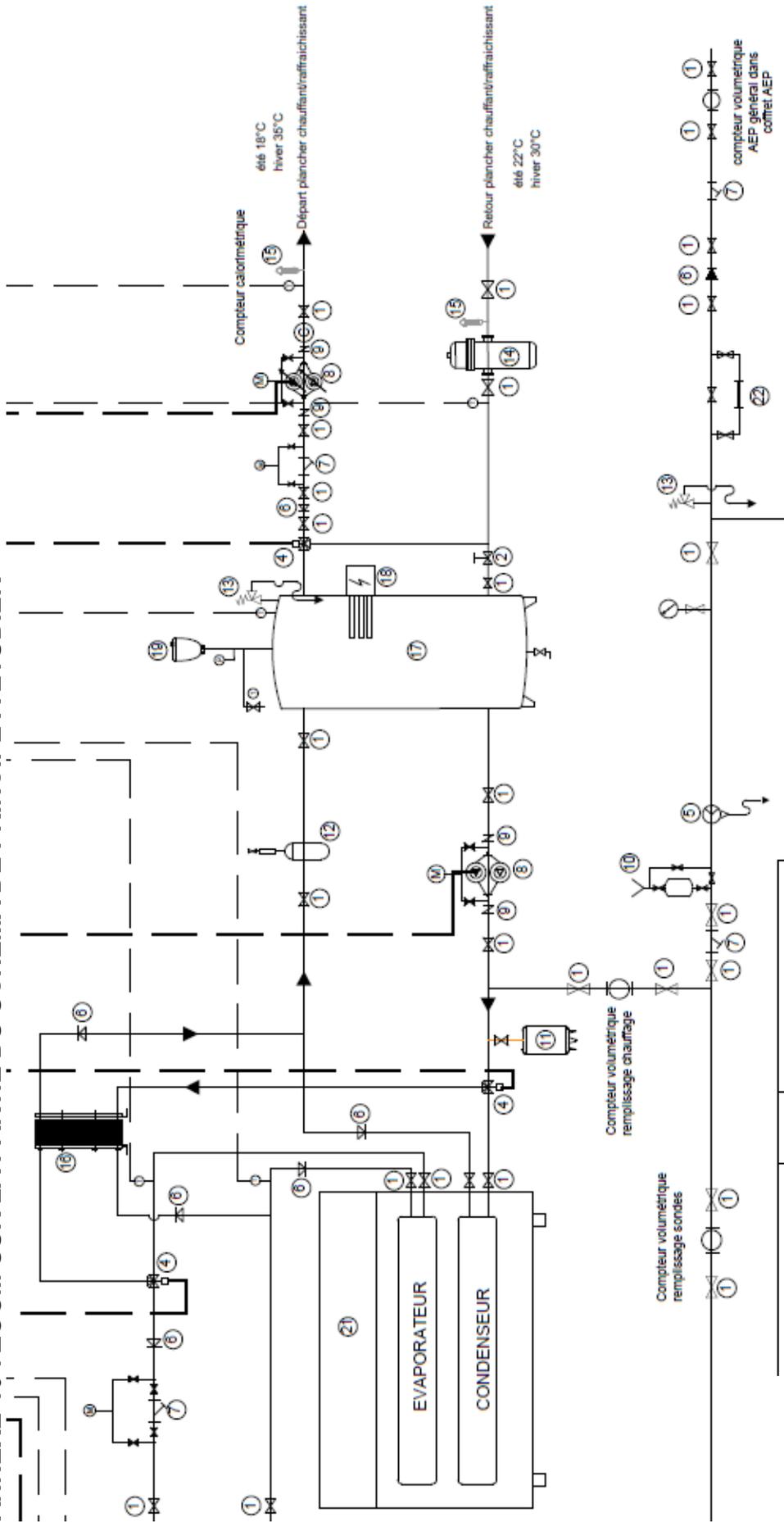


ANNEXE 9 : SCHEMA DE PRINCIPE DE L'INSTALLATION

no	Désignation	Numéro	Désignation
	Vanne d'arrêt / vanne de vidange	12	Séparateur d'air
	Vanne de réglage	13	Souplesse de sécurité
	Vanne 2 voies motorisée	14	Pot à boue
	Vanne 3 voies motorisée	15	Thermomètre
	Disconnecteur hydraulique BA	16	Echangeur à plaque
	Clapet anti-retour EA	17	Ballon de stockage primaire
	Filter à tamis	18	Résistance électrique
	Pompe double	19	Purgeur grand débit
	Manchon anti vibratile	20	Régulation
	Pot d'injection	21	Pompe à chaleur géothermique
	Vase d'expansion	22	Manchette témoin
		23	Purgeur d'air



ANNEXE 10 : ZOOM SUR LA PARTIE DU SCHEMA DE PRINCIPE A ETUDIER



Numéro	Désignation
12	Séparateur d'air
13	Souppape de sécurité
14	Pot à boue
15	Thermomètre
16	Echangeur à plaque
17	Ballon de stockage primaire
18	Résistance électrique
19	Purgeur grand débit
20	Régulation
21	Pompe à chaleur géothermique
22	Manchette témoin
23	Purgeur d'air

ANNEXE 11 : EAUX PLUVIALES ET BASSIN DE RÉTENTION

CALCUL DU DÉBIT D'UNE CANALISATION AVEC LA FORMULE DE MANNING-STRICKLER:

$$Q = K \times S \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Q représente le débit de l'effluent (m³/s)

K le coefficient global d'écoulement : **K= 70 pour une canalisation en béton**

S la section d'écoulement (m²)

R_h le rayon hydraulique qui est par définition le rapport de la section d'écoulement au périmètre mouillé.

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

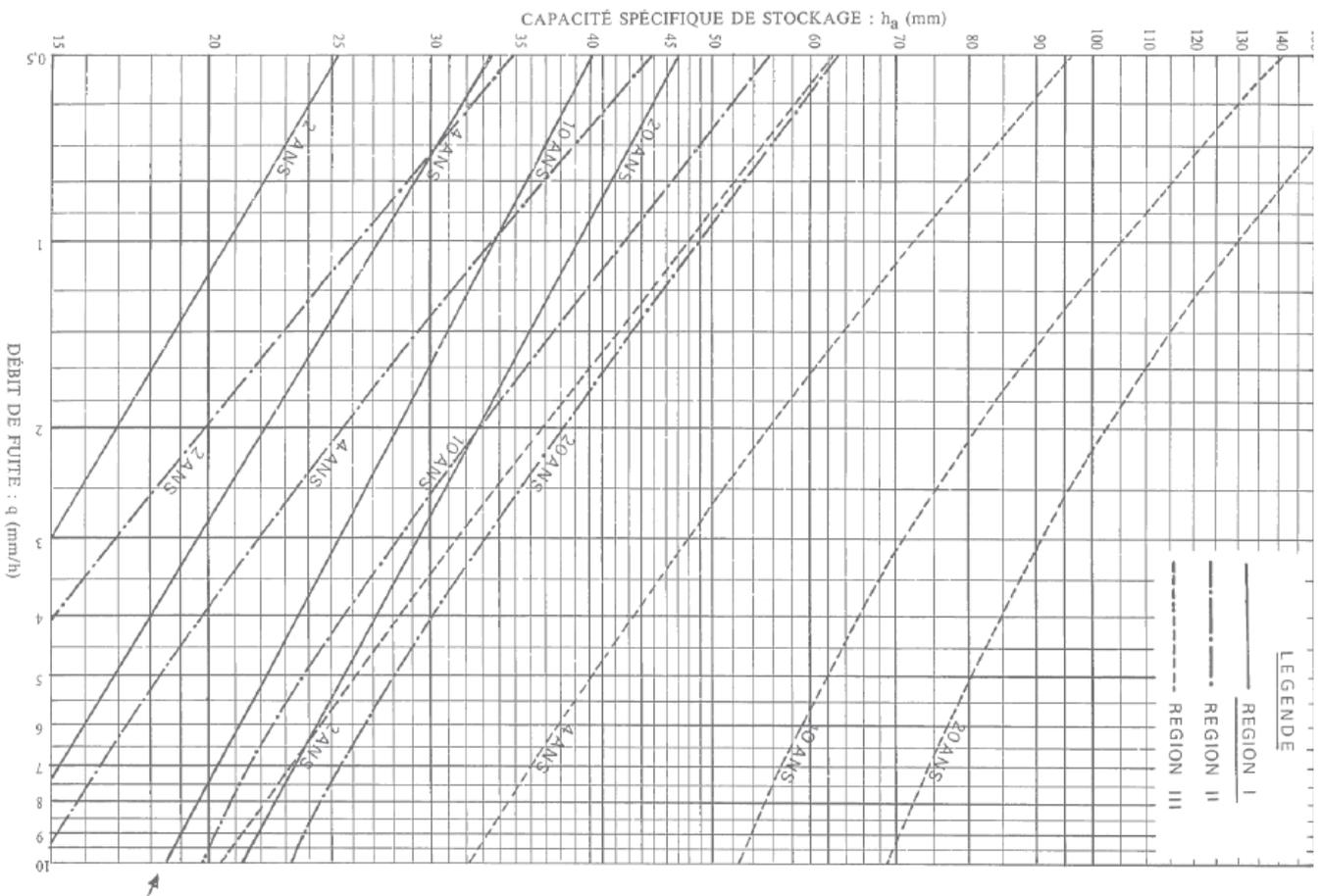
CALCUL DU BASSIN DE STOCKAGE des EAUX PLUVIALES

Débit de fuite du bassin : $Q_f = 1,5 \text{ litres/sec.}$

Surface Active du projet : $S_a = 4880 \text{ m}^2$

DÉBIT DE FUITE par rapport à la surface active : $q = \frac{Q_f}{S_a}$

Le



Le volume d'eau à stocker dans le bassin de rétention est obtenu en multipliant la CAPACITÉ SPÉCIFIQUE DE STOCKAGE par la surface active:

$$V = h_a \times S_a$$

EXECUTION DES TERRASSEMENTS PARTICULIERS POUR OUVRAGES DE DRAINAGE ET D'ASSAINISSEMENT

A. Exécution des tranchées

Les tranchées pour canalisations et regards sont établies à la profondeur nécessaire pour que, compte tenu de l'épaisseur des canalisations et de celle prévue pour le lit de pose en sable (épaisseur uniforme égale à 10 cm) sous les canalisations de tout diamètre, le fil d'eau des canalisations se trouve aux cotes de niveau fixées aux plans du marché.

Les travaux sont conduits de manière à ne pas causer de dommages aux propriétés, habitations ou canalisations voisines.

Fouille en tranchée, en terrain de toute nature, pouvant nécessiter l'emploi de brise roche hydraulique, largeur minimale devra répondre aux directives du fascicule 70 V.6.3 (Diamètre extérieur de la canalisation + 2 fois 0,30 m)

Fond nivelé et réglé, compris toutes sujétions pour blindage de sécurité, étaieement, épouséement des eaux d'infiltration etc...

Façon de niche au droit des raccords, joints, pièces diverses.

Enlèvement de toutes les poches de mauvais terrain, et remplacement par du sable ; purge de toutes les parties dures sur 10 cm d'épaisseur.

Enlèvement des déblais aux décharges publiques.

Y compris le croisement d'ouvrages existants quelle que soit leur nature.

Lorsque l'entreprise souhaite poser les réseaux en tranchée commune, elle devra fournir au maître d'œuvre des coupes sur ces tranchées. Les distances entre réseaux devront être conforme aux directives du fascicule 70 et à la norme NFP 98-332

B. Etaisements et blindages

L'entrepreneur doit étayer si besoin les fouilles par tous moyens appropriés (plinthes, boisages, blindages) prescrits par la réglementation en vigueur et conformes aux règles de l'art, en vue d'éviter tout éboulement et d'assurer la sécurité du personnel.

Ainsi, les fouilles en tranchée de plus de 1,30 mètre de profondeur et d'une largeur égale ou inférieure aux deux tiers de la profondeur doivent, lorsque leurs parois sont verticales ou sensiblement verticales, être blindées, étrésoillonnées ou étayées, conformément aux directives du fascicule 70.

Ces mesures de protection prescrites ne doivent pas être réduites ou supprimées lorsque les terrains sont gelés sous l'influence des conditions atmosphériques.

C. Remblai des tranchées

La mise en œuvre des remblais de tranchées sera effectuée conformément aux prescriptions de la norme NF P 98.331.

Lit de pose en sable de carrière concassé ou grain de riz d'une épaisseur de 0.10 m en dessous de la génératrice inférieure.

Remblaiement en grain pour les canalisations béton (eau pluviale) et PVC (eaux usées).

Le remblaiement en grain de riz se fera jusqu'à 0,20 m au-dessus de la génératrice supérieure.

Finition du remblai par couches successives de 20 cm, compactées et arrosées, en GNT 0 / 31,5.

Compactage donnant 98 % au moins du Proctor modifié. Réglage final pour obtenir des surfaces bien dressées.

ANNEXE 12 : ÉTUDE DES CHAUSSÉES DU PARKING

Extrait de l'étude géotechnique :

Analyses en laboratoire des alluvions au droit du futur parking.

Echantillon		
Point de prélèvement		F2
Profondeur	en mètres	0,8-1,0
Description		
Limon sableux brun clair parfois marron à concrétions carbonatées blanches		
Teneur en eau	w _{nat.} en %	9,9
Essai au bleu de méthylène		
Fraction de sol choisie		0/5mm
Passant de fraction choisie sur fraction 0/50mm	en %	94,8
Valeur de bleu sur fraction de sol choisie	Vb	2,15
Valeur de bleu sur le sol	VBS	2,04
Granulométrie		
Pourcentage sur sol sec de passant à	20mm	100,0
	2mm	90,9
	0,4mm	85,0
	0,08mm	71,8

Structure de chaussée du parking

La Partie Supérieure des Terrassements (PST) se situera au sein des alluvions se classant XX suivant le GTR. Ainsi, il sera obtenu une PST n°2 et les classes d'arase AR1.

La réalisation d'une couche de forme sera nécessaire par apport de matériaux sains (classé R21 suivant le GTR) sur xx cm d'épaisseur. Il n'est pas prévu de traitement de la couche de forme.

Des essais de chargement statique à la plaque seront réalisés sous la structure de chaussée pour vérifier que la plateforme obtenue est de type PF2 au minimum (le module Ev2 recherché est supérieur à 50 MPa).

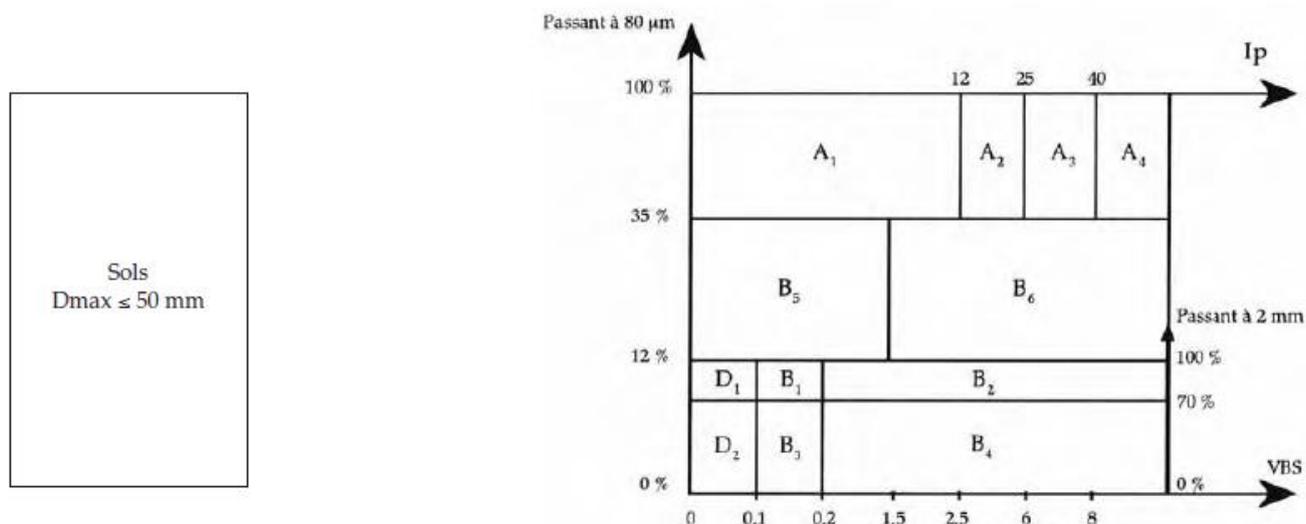
Nous proposons de retenir la structure de chaussée suivante, correspondant à une classe de trafic

TCi₂₀ (avec **T= 50 PL/jour**) :

- Couche de fondation xx cm de GNT 0/315
- Couche de base xx cm de GNT 0/20
- Couche de surface xx cm de BBS (Béton Bitumineux pour chaussée souple à faible trafic).

Extrait du Guide des Terrassements Routiers :

Tableau synoptique de la classification des matériaux selon leur nature



Conditions d'utilisation des matériaux en couche de forme

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Épaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plate-forme support de chaussée						
					PST n° 1		PST n° 2		PST n° 3		PST n° 4
					AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	AR 2	AR 2	
R ₂₁ R ₄₁ R ₆₁	Ces matériaux issus de roches saines et dures peuvent être utilisés en couche de forme : - soit dans leur état naturel après avoir éliminé ou fragmenté, les éléments grossiers ne permettant pas le réglage de la plate-forme conformément aux exigences formulées - soit traités avec un liant hydraulique. Le traitement n'est cependant envisageable que dans la mesure où un malaxage intime du liant avec le sol peut être réalisé soit en place avec des malaxeurs à outils animés (pulvimixers...) soit en centrale.	++ OU +	pluie même forte	G : Élimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme	3 0 0 0	e = 0,6 ou (2) e = 0,45 PF2	e = 0,5 ou (2) e = 0,4 PF2	e = 0,4 ou (2) e = 0,3 PF2	e = 0,3 ou (2) e = 0,2 PF2	(3)	
		= OU -	pas de pluie	Solution 1 : G : Élimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme	3 0 0 0						
				Solution 2 : G : Élimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique du mélange sol + liant T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	2 1 1 1	(1)	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF3	e = 0,35 PF3	

Tableau de compactage pour l'utilisation des matériaux en couche de forme

Compacteur / Matériau		P1	P2	P3	V1	V2	V3	V4	V5	VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	SP1	SP2	PQ3	PQ4	
		Q/S		0,025	0,035		0,025	0,035	0,050	0,060									
R ₂₁ (*)	e		0,20	0,30		0,25	0,30	0,35	0,30	0,50	0,30	0,60							0,20
R ₄₁ (*)	0				0										0	0	0	0	
R ₆₁ (*)	V		5,0	5,0		2,0	2,5	2,0	3,0	2,0	4,0	2,0							1,0
	N		8	9		10	9	10	6	10	5	10							8
	Q/L		125	175		50	90	70	150	100	240	120							25

Q/S : rapport entre le volume de sol compacté et la surface balayée par le compacteur (m)

e : épaisseur compactée (m)

V : vitesse de translation du compacteur (km/h)

N : nombre d'application de charge

Q/L : débit horaire par unité de largeur du compacteur (m³/h.m)

VOIES DU RÉSEAU NON STRUCTURANT (VRNS)

GNT/GNT

Structure :

Couche de base : Grave non traitée (GNT) de type B2 (B2C2 ou B2C1)

Couche de fondation : Grave non traitée (GNT) de type B2 (B2C2 ou B2C1)

- Couche de surface (CS) :



BBS Béton bitumineux pour chaussée souple à faible trafic.

Fiche

VRNS

2,5 millions PL
(2,5 millions NE)



1,5 million PL
(1,5 million NE)



0,5 million PL
(0,5 million NE)



	50 MPa	120 MPa	200 MPa
	PF 2	PF 3	PF 4
2,5 millions PL (2,5 millions NE) TC ₄₋₂₀			
1,5 million PL (1,5 million NE) TC ₃₋₂₀			
0,5 million PL (0,5 million NE) TC ₂₋₂₀			

La classe de trafic est obtenue à partir du nombre de poids lourds cumulé calculé à l'aide de la relation suivante : $TCi_{20} = 365 \times T \times 20$

Avec T : trafic poids lourd (PL)

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DOCUMENT REPONSE DR1 : Allure de la déformée

Q8. Commenter les allures des diagrammes représentatifs des efforts tranchants $V(x)$ et des moments fléchissants $M(x)$ ci-dessus. Tracer l'allure de la déformée sur le document réponse DR1.

Coupe longitudinale au droit de la poutre étudiée

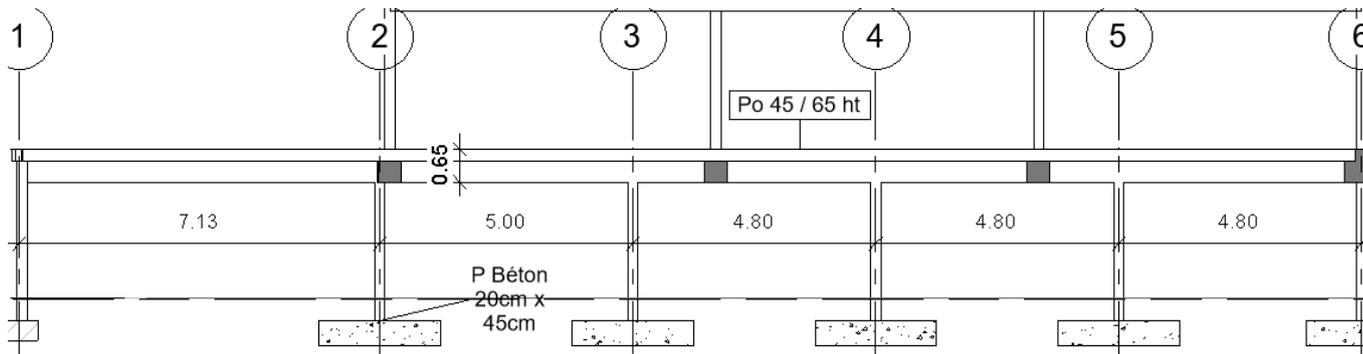
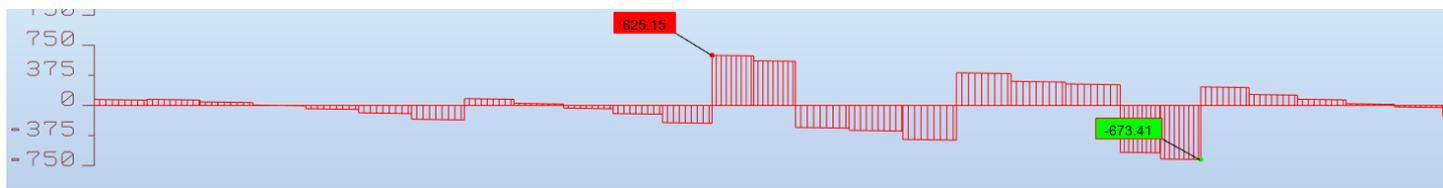


Diagramme représentatif des efforts tranchants $V(x)$ en kN



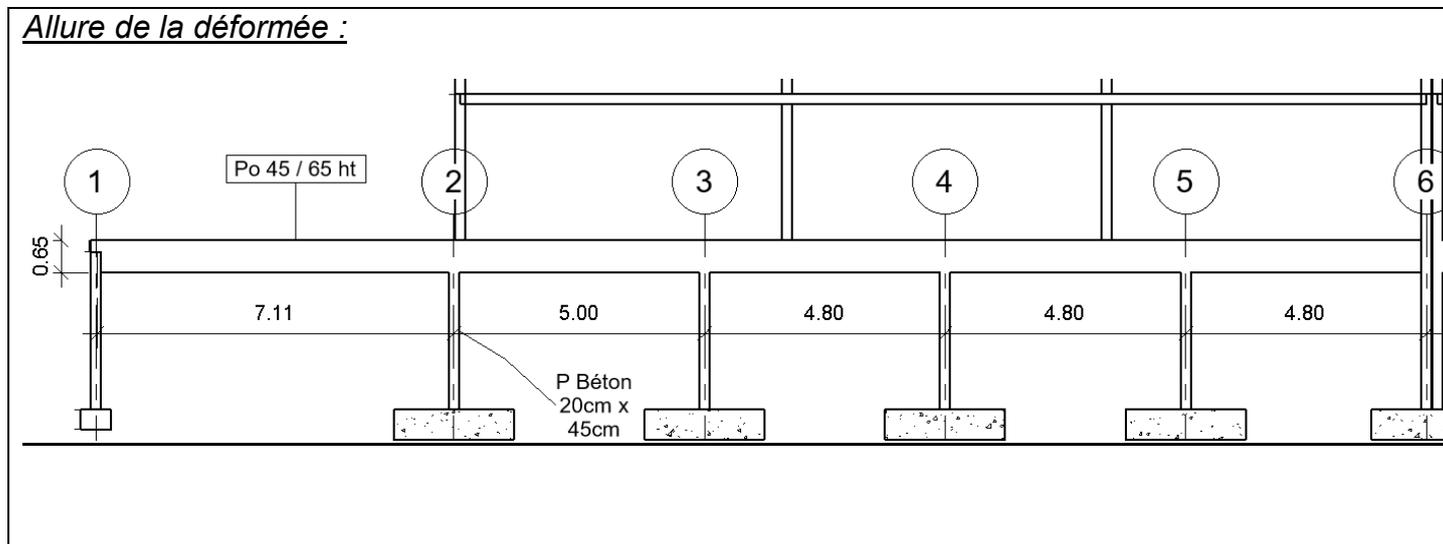
Commentaires ::

Diagramme représentatif des moments fléchissants $M(x)$ en kN.m



Commentaires :

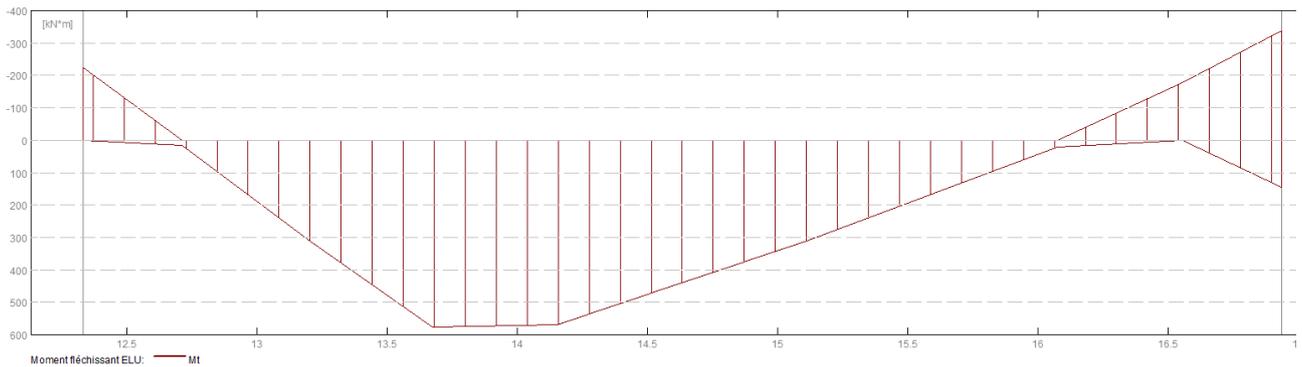
Allure de la déformée :



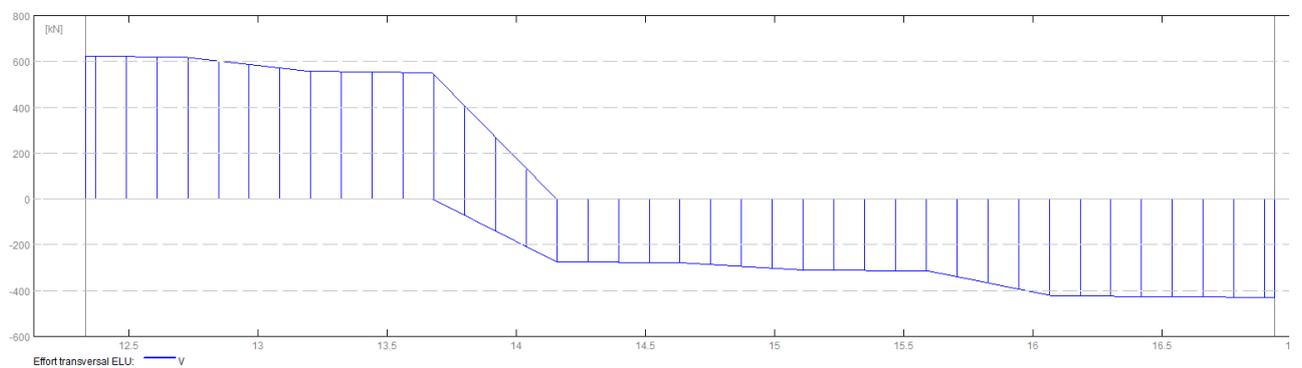
DOCUMENT REPONSE DR2 : Armatures de la Poutre 3-4 de l'étude 1.2

Q11. Représenter les armatures calculées sur le document réponse DR2.

Courbe enveloppe des Moments fléchissants

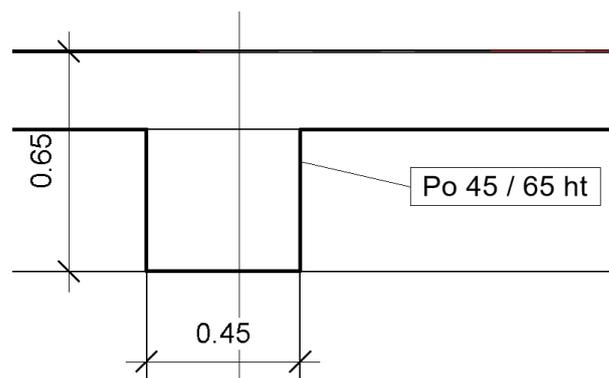
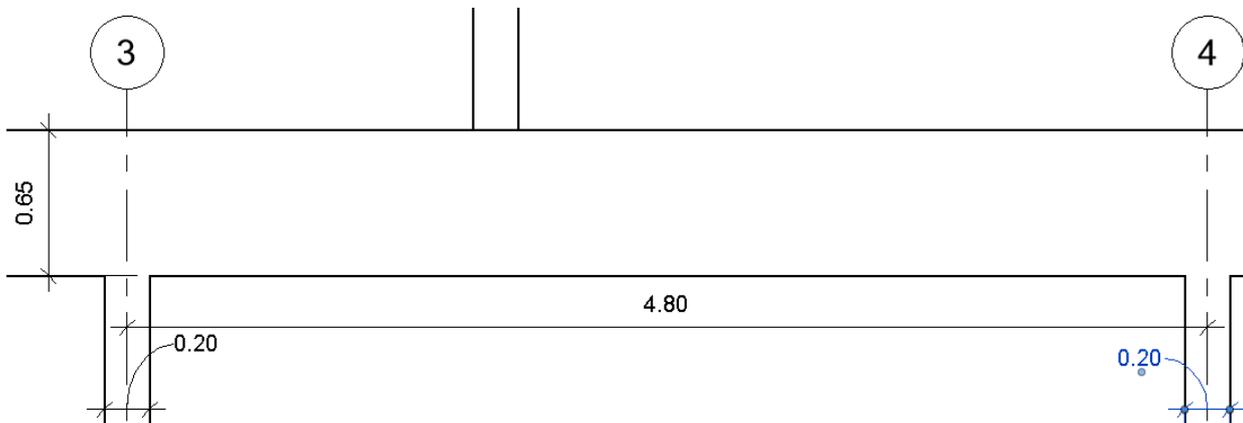


Courbe enveloppe des Efforts Tranchants



Dessin des armatures longitudinales et transversales :

Elévation poutre 3-4



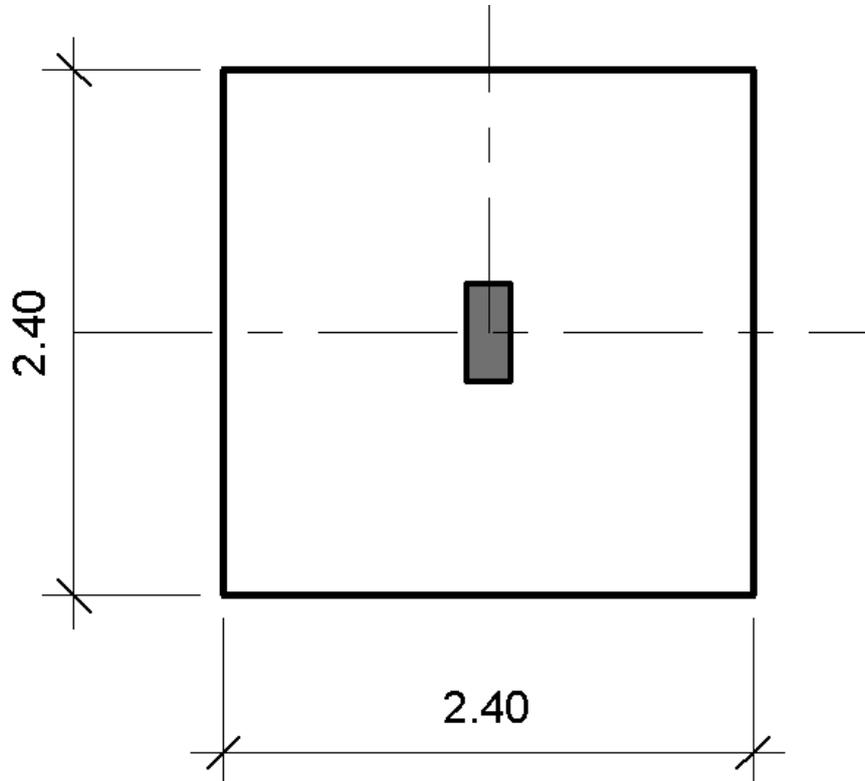
Coupe transversale poutre 3-4 :

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

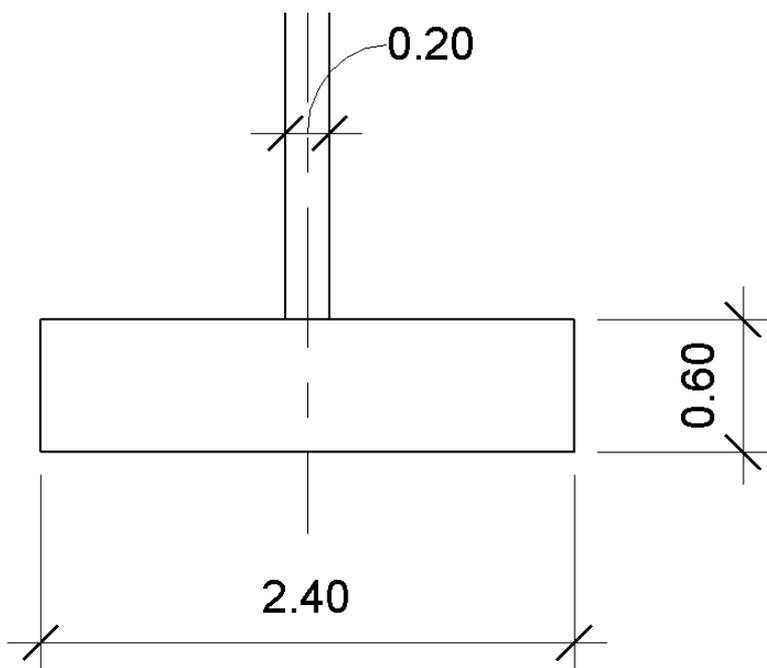
DOCUMENT REPONSE DR3 : Armatures de la semelle de l'étude 1.3

Q15. Représenter les armatures calculées sur le document réponse DR3.

Vue en plan de la semelle (sans échelle)

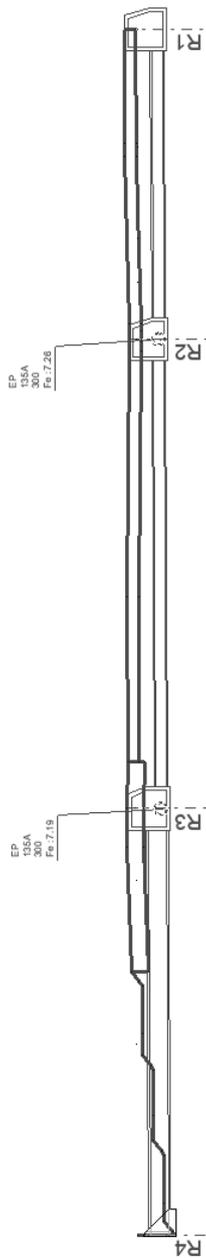


Coupe semelle (sans échelle)



DOCUMENT REPOSE DR4 : Q30 PROFIL EN LONG RESEAU EP à compléter

Réseau : EP
Axe : Profil R4 - R1



Plan Comp : 6.00

Cotes tampons EP	7.19	8.26			
Cotes radiers EP	7.13	7.19			
Profondeurs EP	0.06m	1.07m			
Longueurs EP	0.00m	11.84m	13.03m	8.60m	
Canalisations EP			500 135A		
Pentes EP			0.5%		