MINISTÈRES
ÉDUCATION
JEUNESSE
SPORTS
ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR
RECHERCHE
Liberté
Égalité
Fraternité

EAE SIC 3

SESSION 2026

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.

Il appartient au candidat de vérifier qu'il a reçu un sujet complet et correspondant à l'épreuve à laquelle il se présente.

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.
Le fait de rendre une copie blanche est éliminatoire

Tournez la page S.V.P.

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

IMPRIMERIE NATIONALE – 26 0110 – D'après documents fournis

LE CARREFOUR DU MAQUIS

Toutes les études sont indépendantes les unes des autres. En outre, au sein d'une même étude, les différentes parties sont indépendantes et un grand nombre de questions peuvent être traitées de manière indépendante. Pour chaque question, en complément des résultats de calculs proprement dits, il convient de justifier les choix effectués et les calculs réalisés ainsi que de commenter les résultats obtenus. Une attention particulière doit être apportée à la présentation et à la clarté des explications.

Études proposées :

Etudes	Temps conseillé	Parties
Prise en main du dossier	0h20	
Étude n°1 : acte de construire et bureau d'étude géotechnique	1h00	Parties 1.1. à 1.2.
Étude n°2 : réaliser, dimensionner et justifier la création d'un porche provisoire en phase EXE	1h50	Parties 2.1. à 2.4.
Étude n°3 : validation et analyse du CCTP CVC-plomberie	0h40	Parties 3.1. à 3.3.
Étude n°4 : passage du projet en RE2020	2h10	Parties 4.1. à 4.3.

Documents Techniques (DT) :

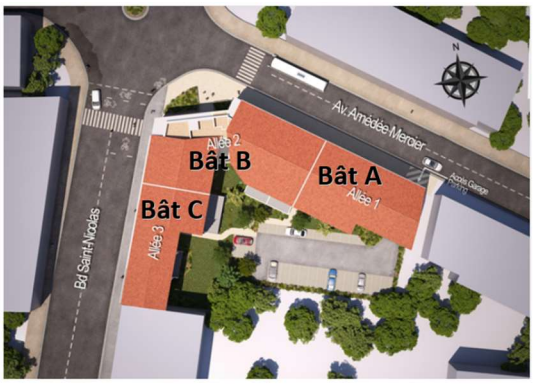
- DT1 : extraits de l'étude géotechnique G2 PRO
- DT2 : les trois phases du plan d'installation de chantier
- DT3 : extraits des plans de coffrage
- DT4 : organigramme de calcul des armatures longitudinales, flexion simple
- DT5 : organigramme de calcul des armatures transversales, flexion simple
- DT6 : plans d'armatures issus des notes de calcul
- DT7 : plan d'un étage courant des bâtiments
- DT8 : schéma de principe CVC
- DT9 : dimensionnement ECS - méthode
- DT10 : documentation technique préparateur ECS
- DT11 : performances de la pompe à chaleur (PAC)

Documents Réponses (DR) :

- DR1 : analyse structurelle et fonctionnelle de la structure porteuse
- DR2 : organigramme du cheminement des efforts
- DR3 : découpage des zones de dalles reprises par les porteurs linéaires
- DR4 : plans d'armatures de la poutre définitive réalisée
- DR5 : données météorologiques
- DR6 : bilan des puissances PAC et chaudière
- DR7 : courbes des puissances
- DR8 : bilan de consommation en énergie primaire

Contexte de l'étude :

Le projet consiste en la construction de 40 logements sociaux collectifs R+4 en accession avec 40 places de stationnement (22 fermées en rez-de-chaussée + 1 abritée + 17 en cœur d'îlot à l'extérieur).
Il se situe sur la commune de Bourg-en-Bresse dans le département de l'Ain (01), place (carrefour) du Maquis. Ce projet, ancré dans le contexte historique de la seconde guerre mondiale, vise à favoriser la mixité sociale et à réduire les inégalités territoriales.



Vue aérienne sur les trois bâtiments

Vue 3D Nord-Ouest

S.D.P. = 3 151 m² S.HAB = 2 851 m²

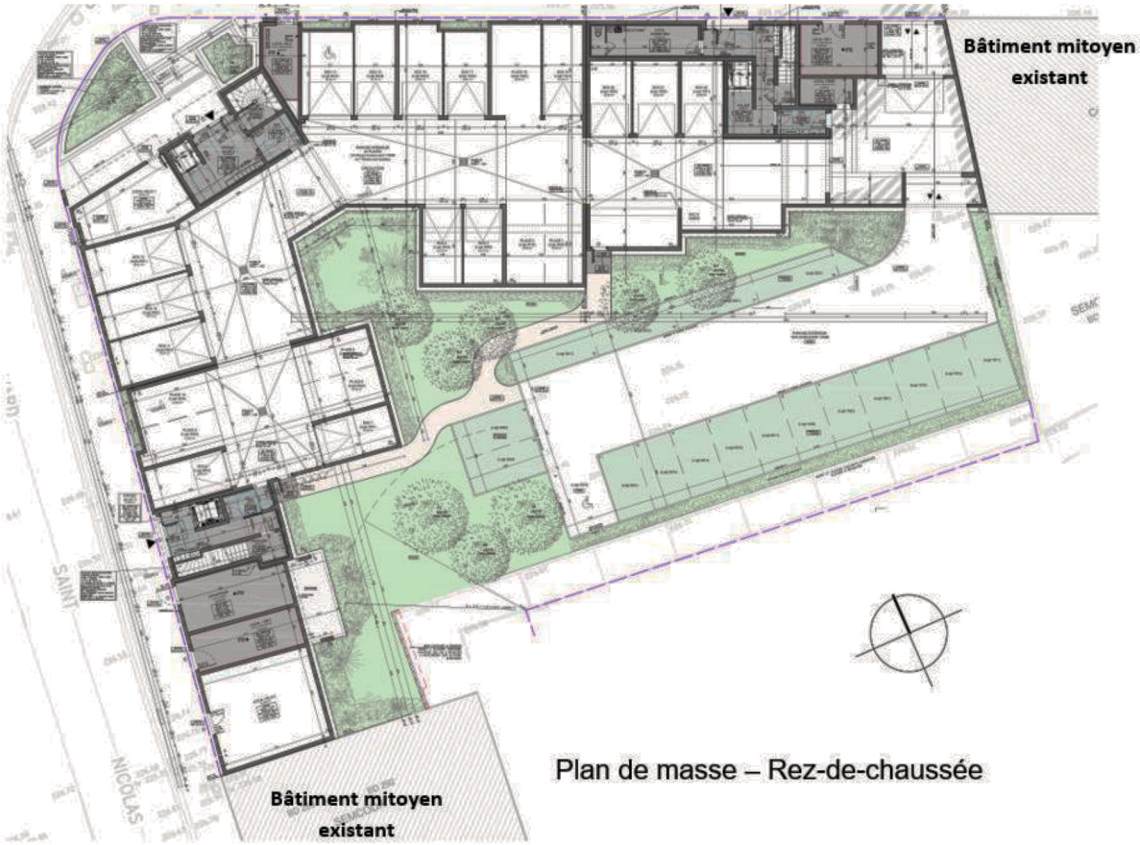
Initié en 2016, il a été amendé pour correspondre aux tendances socio-démographiques et aux impératifs de réglementation environnementale en répondant aux besoins estimés par l'Union Social de l'Habitat de 518 000 logements construits par an entre 2024 et 2040, dont 198 000 pour le logement social. Les travaux ont commencé en 2024 pour une durée globale de 20 mois (T.C.E.).

Trois bâtiments (A, B et C) séparés par des joints de dilatation doivent être réalisés à l'angle d'un carrefour très fréquenté, aux franges du centre-ville, sur un terrain faisant l'objet d'opérations de démolitions d'anciens bâtiments avant que le terrain ne devienne libre de toute construction au démarrage des travaux.

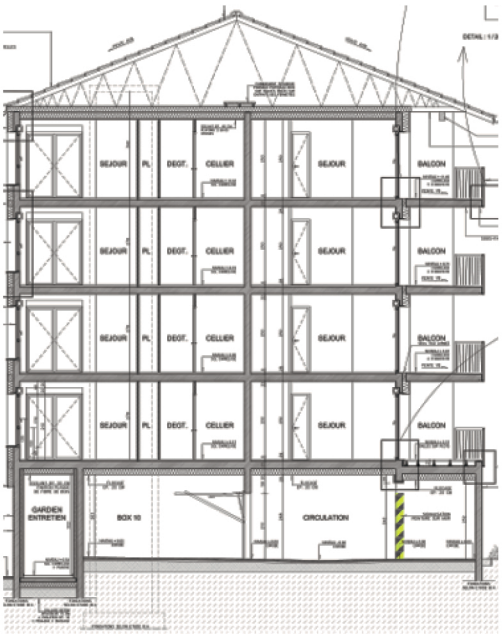
Façade Nord

Situation du projet				
Altitude N.G.F. (en m)	Région climatique		Sismicité	Portance du sol
	Neige 2009	Vent		
Niveau bas fini 226,7 *Arase du faîtage 244,02*	**Zone A2**	**Zone 2**	**Zone 3**	$q_{ELS} = 0,4\ MPa$ $q_{ELU} = 0,6\ MPa$

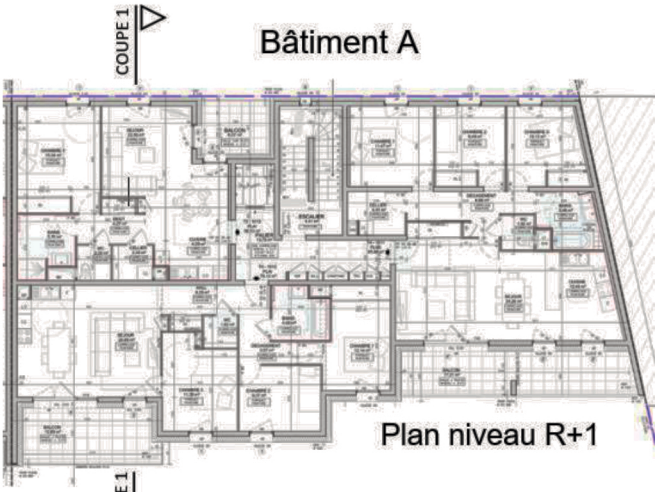
Plans d'architecte : extraits des plans (sans échelle)



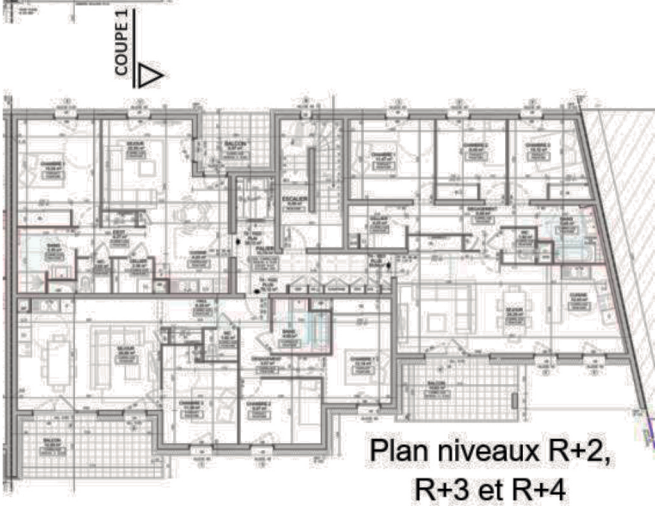
Plan de masse – Rez-de-chaussée



Coupe 1-1



Plan niveau R+1



Plan niveaux R+2, R+3 et R+4

Plans fournis à titre indicatif afin de permettre d'avoir une vision d'ensemble.

Aucune valeur n'est à lire sur ces plans.

Étude 1 : acte de construire et bureau d'étude géotechnique

L'objectif de l'étude est de justifier et de dimensionner une partie des fondations de l'ouvrage au niveau du bâtiment A.

Partie 1.1. : étude géotechnique et principes constructifs

L'étude géotechnique de conception G2 permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Cette mission est à la charge du maître d'ouvrage ou de son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre. Elle se positionne entre l'étude géotechnique préalable G1 et l'étude géotechnique de réalisation G3-G4 et comprend trois phases : G2 (AVP) – G2 (PRO) – G2 (DCE/ACT).

Missions normalisées NF P 94-500	**G1** ES	**G1** PGC	**G2** AVP	**G2** PRO	**G2** DCE/ACT	**G3** Etude	**G3** Suivi	**G4** Etude	**G4** Suivi	**G5** -
Mission réalisée par le B.E.				x						
Phase de la maîtrise d'œuvre	-	APS	APD / AVP	**PRO**	DCE / ACT	EXE	DET	VISA	AOR	Diag

Figure 1 : les missions normalisées en géotechnique

Des extraits de l'étude géotechnique G2 PRO sont mis à disposition dans le document technique DT1 afin d'argumenter les réponses à l'ensemble du questionnement de cette partie.

L'étude géotechnique s'inscrit dans le cadre d'une mission G2 phase projet (figure 1) strictement limitée aux fondations et au dallage au sens de la norme NF P 94-500.

Question 1.1. **Expliquer** en quoi consiste l'étude géotechnique et la mission PRO dans laquelle elle s'inscrit.

Question 1.2. **Commenter** le plan d'implantation des sondages puis **réaliser** une coupe transversale sur la géométrie des fondations pour le sondage P8 + Pz. **Repérer** bien distinctement les cotes de niveau du sondage, de niveau du bon sol, du niveau piézométrique, ainsi que l'ancrage de la fondation et sa cote hors gel.

Question 1.3. **Citer** les différents essais in situ réalisés. **Préciser** les propriétés (caractéristiques) des sols que permet de mesurer chacun de ces essais, **justifier** les valeurs de q_c et **commenter** l'ensemble des résultats obtenus.

Le volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre l'ouvrage ou l'aménagement du terrain (du fait de sa réalisation et de son exploitation) et l'environnement (sols et ouvrages environnants) se définit sous l'acronyme « Z.I.G. » (Zone d'Influence Géotechnique, NFP 94-500). Cette zone est celle où les modifications du sol influencent la stabilité des terrains environnants et des structures adjacentes. Sa forme et son extension sont spécifiques à chaque site et chaque ouvrage.

Question 1.4. À partir de la sensibilité générale de la structure et des particularités du sol, **identifier**, au niveau de la Z.I.G. les risques liés aux contraintes géotechniques et **conclure** sur le risque majeur à prendre en compte.

Question 1.5. **Établir** une liste exhaustive des principes constructifs permettant d'adapter le sol au futur ouvrage. **Justifier** les choix du système des fondations et du type de dallage de l'étude géotechnique G2 PRO. **Conclure.**

Partie 1.2. : étude des fondations le long du bâtiment mitoyen existant

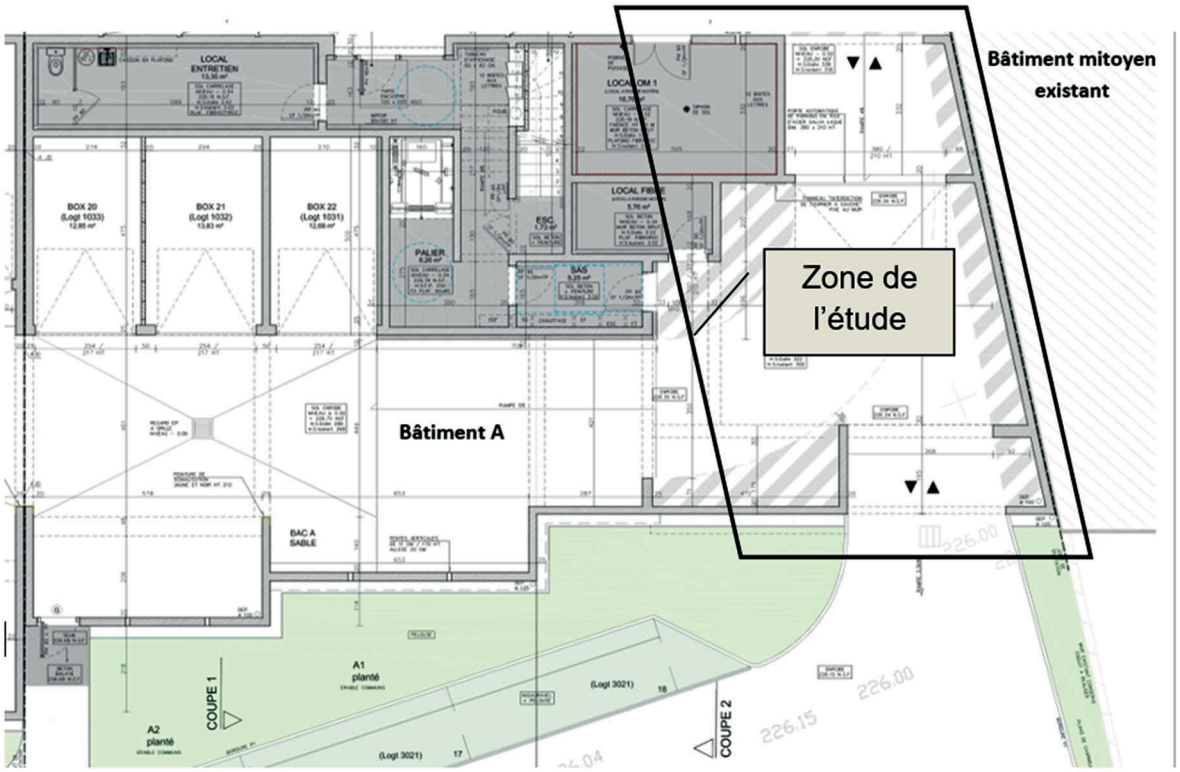


Figure 2 : repérage de la zone d'étude sur le plan de masse (sans échelle)

Le système de fondation à concevoir entre le bâtiment A et le bâtiment mitoyen existant (voir la figure 2 pour le repérage de la zone de l'étude) implique de prendre des dispositions constructives particulières. En première approche, la solution constructive étudiée par le bureau d'études est celle de la semelle filante excentrée contre existant.

Question 1.6. **Expliquer** le principe de fonctionnement d'une semelle excentrée et en **déduire** les dispositions constructives à prendre en compte dès les phases de conception.

Afin de respecter les dispositions constructives particulières à l'ouvrage, de nombreuses précautions doivent être prises en compte au moment de la réalisation des travaux par l'entreprise responsable des lots terrassement et gros œuvre.

Question 1.7. **Établir** la liste des erreurs pouvant intervenir au cours de l'exécution des semelles filantes excentrées. **Identifier** les moyens à la disposition de la maitrise d'œuvre pour garantir la bonne exécution des travaux.

Le bureau d'études doit fournir une note de calcul permettant de dimensionner l'élément d'ouvrage en faisant apparaître notamment la vérification de l'excentrement et de la capacité portante.

La note de calcul donne une charge à reprendre pour la semelle filante excentrée égale à 38,5 $t \cdot m^{-1}$ (combinaison d'actions la plus défavorable à l'E.L.U.). L'équilibre d'une telle semelle suppose une répartition linéaire et triangulaire des contraintes dans le sol. L'allure de cette répartition est donnée à la figure 3.

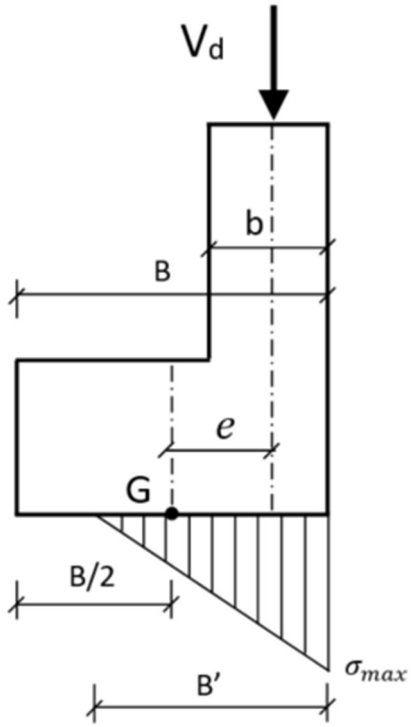


Figure 3 : répartition triangulaire des contraintes sous la semelle

Données complémentaires :

La répartition triangulaire, engendrée par le torseur des efforts appliqué sur la semelle, dépend de la valeur d'excentrement $e \geq \frac{B}{6}$.

Condition à vérifier : $\frac{3}{4}\ \sigma_{\max} < q_{ELU}$

Où :

- V_d est la valeur de calcul de l'effort vertical par unité de longueur ;
- e est la valeur de calcul de l'excentrement ;
- B est la largeur de la semelle ;
- B' est la largeur comprimée « effective » ;
- σ_{max} est la contrainte maximale.

Question 1.8. À partir de la figure 3, **déterminer** l'action de la fondation sur le sol afin de **calculer** la largeur de la semelle permettant de vérifier sa capacité portante à l'E.L.U. **Conclure** sur les résultats et la faisabilité de ce mode constructif.

Dans la suite de l'étude, la solution de la semelle filante excentrée est écartée par le bureau d'études. Le procédé retenu consiste en la réalisation de puits (massifs) couplés à des poutres consoles et des longrines (figure 4).

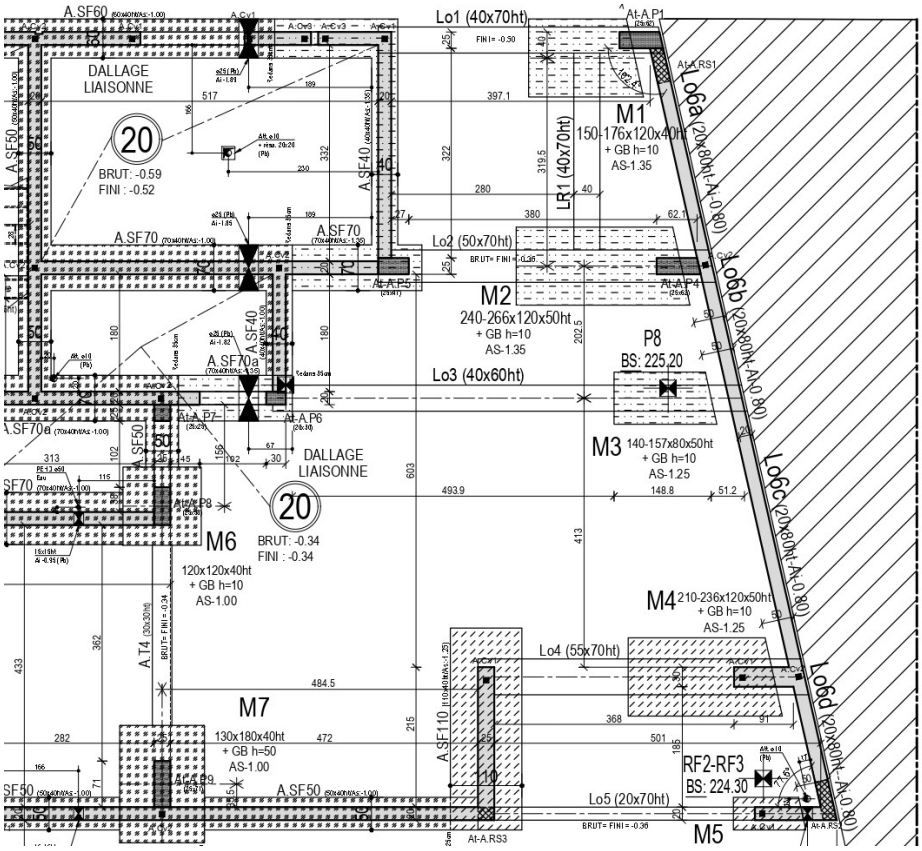


Figure 4 : plan de coffrage des fondations

Question 1.9. À partir de la figure 4, **commenter** le procédé constructif retenu par le bureau d'études et **expliquer** le rôle structurel de chacun des éléments suivants : les massifs M1 et M2, les longrines Lo1 et Lo6a et la longrine de redressement LR1.

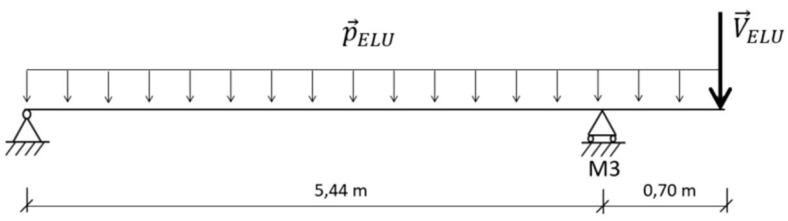


Figure 5 : schéma mécanique retenu pour la longrine Lo3

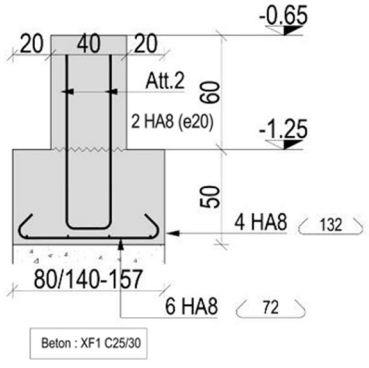


Figure 6 : plan d'armatures M3

Question 1.10. À partir des figures 5 et 6, en prenant $\|\overrightarrow{p_{ELU}}\| = 30$ kN·m^{-1} et $\left\|\overrightarrow{V_{ELU}}\right\| = 0{,}460$ MN, **calculer** la valeur de l'effort tranchant appliqué sur le massif M3 et **vérifier** sa capacité portante avant de **conclure** sur son principe de ferraillage.

Étude 2 : réaliser, dimensionner et justifier la création d'un proche provisoire en phase EXE

L'objectif de cette étude est d'analyser l'organisation du chantier et les solutions constructives structurelles retenues avant de dimensionner une poutre de la superstructure en phase provisoire et définitive.

Partie 2.1. : plan d'installation de chantier (P.I.C.)

Au cours de la phase de consultation des entreprises, après l'élaboration du dossier de consultation des entreprises (D.C.E.), le bureau d'études structure reçoit une demande d'adaptation entreprise.

Le bureau des méthodes de l'entreprise gros œuvre qui va obtenir le marché envisage trois phases distinctes au niveau du plan d'installation de chantier (P.I.C.).

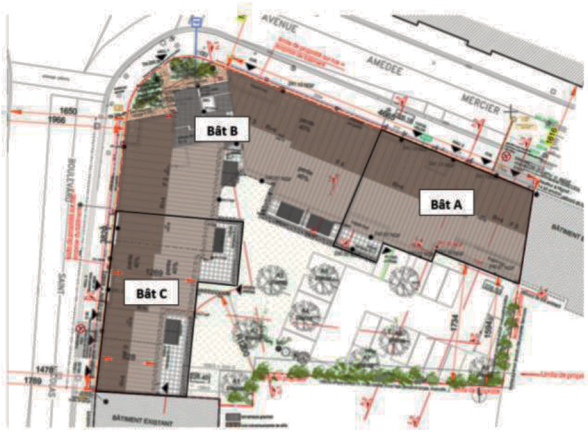


Figure 7 : plan de masse (sans échelle)

Une première phase avec la réalisation des bâtiments A et B. Puis une deuxième phase avec la réalisation du bâtiment C. Enfin, la troisième phase est réservée aux corps d'état secondaires.

L'adaptation demandée au bureau d'études structure consiste à créer un accès au chantier lors de la phase numéro deux en réalisant un porche provisoire au moment de la construction du bâtiment A (voir la figure 7 et le document technique DT2).

La création de cette entrée (porche) provisoire qui n'était pas prévue initialement au marché ni lors de la conception structurelle réalisée par la maitrise d'œuvre doit à présent être prise en compte.

Question 2.1.	À partir du document technique DT2, **analyser** la proposition du bureau des méthodes de prévoir un P.I.C. en trois phases et **indiquer** les contraintes qui doivent être prises en compte par le bureau d'études structure afin de pouvoir répondre à cette demande d'adaptation (phase PRO) ainsi que les contraintes chantier de réalisation pour l'entreprise gros œuvre (phase EXE).

La quantité de béton à couler pour l'ensemble de la construction est égale à 2 700 m^3. La benne à béton utilisée a une capacité de 1 000 litres et pèse 380 kg. Il n'y a pas de pièces préfabriquées à poser à l'exception des escaliers. L'effectif de pointe sur le chantier est de 20 personnes (y compris les corps d'état secondaires) et le nombre d'ouvriers moyens pour l'entreprise gros œuvre est égal à 12 (y compris le chef de chantier et le grutier).

Question 2.2.	**Identifier** les postes principaux du P.I.C. et **valider** les choix effectués par l'entreprise gros œuvre.

<u>Partie 2.2.</u> : structuration du bâtiment au niveau de l'entrée provisoire à réaliser

La structuration d'un ouvrage est primordiale. C'est l'ingénieur qui décide de l'orientation à donner aux charges appliquées au bâtiment. La structuration primaire consiste à donner des porteurs linéaires à chaque zone de dalles. La secondaire, quant à elle s'occupe des impacts des niveaux supérieurs. L'ingénieur dispose de nombreux « outils » qui sont des éléments de structure comme un voile ou une poutre pour effectuer ce travail qui permet au final d'obtenir les charges appliquées à l'élément à dimensionner (voir figure 8).

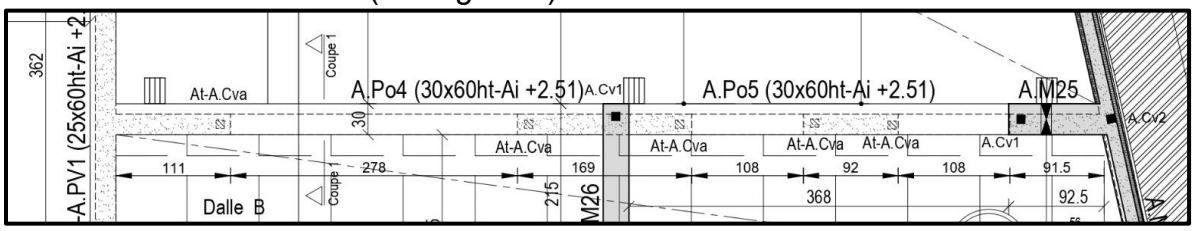


Figure 8 : poutre continue à deux travées en phase définitive

Question 2.3. À partir des deux extraits de plans de coffrage fournis dans le document technique DT3, **renseigner** le document réponse DR1 sur l'analyse structurelle et fonctionnelle de la structure porteuse.

Le cheminement des efforts dans la structure porteuse peut se représenter sous la forme d'un organigramme qui permet la mise en place d'une méthodologie à suivre pour réaliser la descente de charges sur la poutre continue.
Les niveaux 2,3 et 4 sont considérés comme identiques au niveau de la structure porteuse.

Question 2.4. À partir de la structuration réalisée par le bureau d'études (document technique DT3), **compléter** l'organigramme du document réponse DR2 permettant d'illustrer le cheminement des efforts de la toiture jusqu'aux fondations. L'étude se limite à la zone reprise par la poutre continue représentée sur la figure 8.

Le schéma mécanique retenu pour la poutre continue est représenté figure 10. On souhaite exprimer les intensités des charges ponctuelles en kN et les charges uniformément réparties en $kN \cdot m^{-1}$.

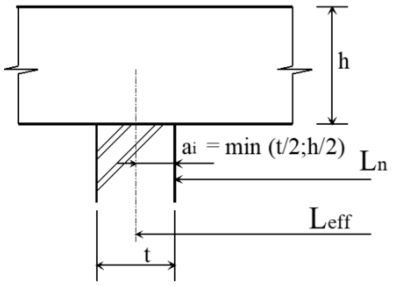


Figure 9 : portées utiles (de calcul) L_{eff} des poutres et dalles **continues** dans les bâtiments (extrait de l'eurocode 2)

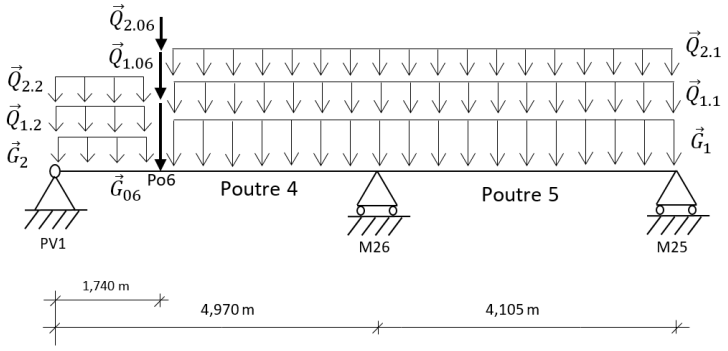


Figure 10 : schéma mécanique de la poutre continue (sans échelle)

Question 2.5. À l'aide du document technique DT3 et des figures 9 et 10, **justifier** le schéma mécanique de la poutre étudiée : le nombre d'appuis, le type de liaisons, les longueurs entre les appuis, la continuité, ainsi que les actions mécaniques extérieures (sans les quantifier).

Le bureau d'études doit à présent déterminer l'ensemble des charges appliquées à la structure. Il a l'obligation contractuelle de rendre les plans d'exécution alors que le charpentier n'a toujours pas fourni les siens. Le bureau d'études décide de prendre comme hypothèse une charge permanente surfacique de 1,10 kN·m^{-2} pour la toiture.

Question 2.6. **Proposer** une solution permettant au bureau d'études de poursuivre la conception de la structure porteuse sans avoir à attendre les plans définitifs du charpentier.

Données complémentaires :

- Actions permanentes (notées « G_i ») :
  - le poids propre volumique du béton armé est pris égal à 25 kN·m^{-3}.
  - réserve de 6 cm (dalle intérieure) : chape de 5 cm de poids volumique 20 kN·m^{-3} + revêtement de sol de poids surfacique 0,2 kN·m^{-2}.
  - les cloisons sont intégrées au poids propre de la structure avec une valeur égale à 0,8 kN·m^{-2}.

- Actions variables (notées « Q_i ») :
  - les valeurs caractéristiques des charges d'exploitation (eurocode 1) sont définies comme suit pour un bâtiment d'habitation collectif de catégorie A : 1,5 kN·m^{-2} (les planchers), 2,5 kN·m^{-2} (les escaliers) et 3,5 kN·m^{-2} (les balcons).
  - la charge exploitation sur la toiture est égale à 0,4 kN·m^{-2}.
  - la charge de neige sur la toiture est égale à 0,5 kN·m^{-2}.
  - la pression du vent est négligée.
  - la règle du facteur de dégressions des charges d'exploitation n'est pas appliquée.

Question 2.7. **Calculer** les charges surfaciques appliquées sur la dalle « A » (dalle intérieure du PHRdC), repérée sur le document technique DT3.

Données complémentaires : une dalle délimitée par ses porteurs linéaires doit être décomposée en différentes zones afin d'obtenir la surface que chaque porteur linéaire va reprendre. La méthodologie suivante doit être respectée :

Si $\boxed{L_x / L_y < 0,5}$ alors la dalle porte sur « deux côtés » et se décompose en 4 zones selon les indications de la figure 11.

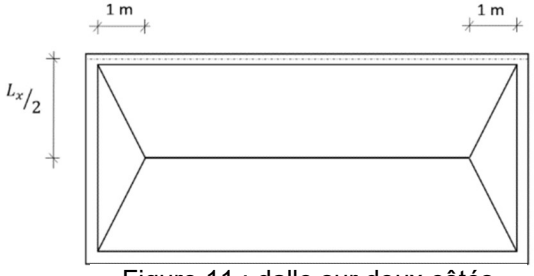


Figure 11 : dalle sur deux côtés

Tournez la page S.V.P.

Si $\boxed{L_x/L_y \geq 0,5}$ alors la dalle porte sur « 4 côtés » et se décompose en 4 zones selon les indications de la figure 12.

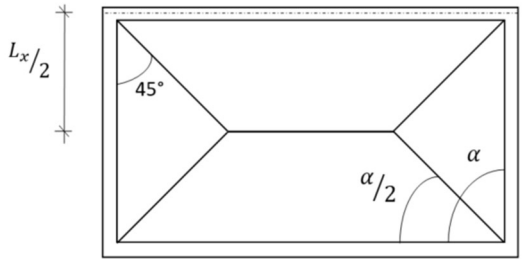


Figure 12 : dalle sur quatre côtés

Avec

- L_x et L_y représentant les portées utiles L_{eff} des dalles telles qu'elles sont définies à la figure 9.
- $L_x \leq L_y$.

Question 2.8. À partir des figures 11 et 12, **tracer** sur le document réponse DR3, en respectant l'échelle du fond de plan, le découpage des différentes zones de la dalle « A » puis **calculer** les aires des différentes surfaces dessinées.

Il s'agit à présent de déterminer les intensités des actions mécaniques extérieures appliquées à la poutre continue et d'établir la note de calcul correspondante.

Données complémentaires :

- Dalle « B » (dalle sur balcon du PH RdC) : g = 6,4 kN·m^{-2} et q = 3,5 kN·m^{-2}.
- Dalle « C » (dalle intérieure du PH R+1) : g = 7,5 kN·m^{-2} et q = 1,5 kN·m^{-2}.
- L'aire de la surface de la dalle « B » reprise par la poutre Po4 est égale à 3,44 m².
- L'aire de la surface de la dalle « C » reprise par les voiles aux niveaux 1, 2 et 3 est égale pour chacun d'entre eux à 19 m².
- L'aire de la surface de toiture reprise par le voile du niveau 4 est égale à 39 m².
- La hauteur des voiles de chaque niveau est prise égale à 2,78 m.
- Les ouvertures sont considérées comme pleines en première hypothèse : « vide pour plein ».
- Les surfaces peuvent être « linéarisées » afin de faciliter les calculs. Les notions de la surface équivalente et de la largeur d'influence sont alors à introduire dans les calculs.

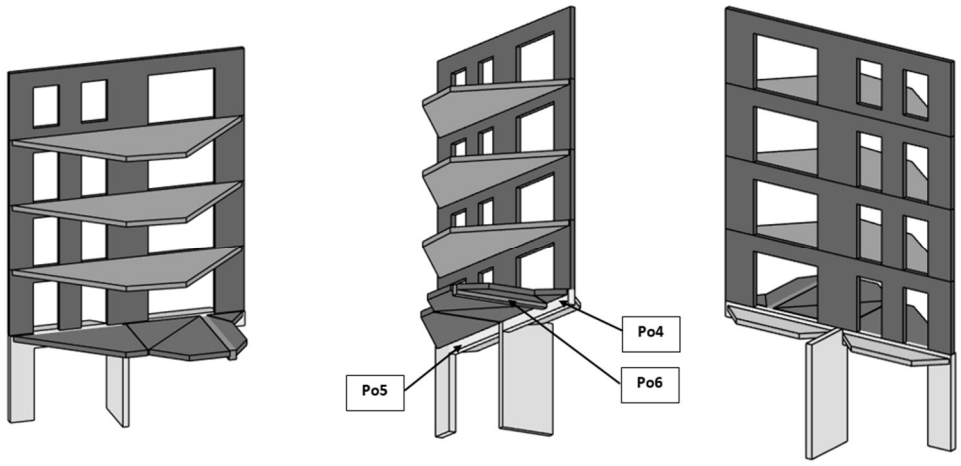


Figure 13 : extrait du modèle 3D revit - la charpente n'est pas représentée

Question 2.9. **Effectuer** la descente des charges sur la travée Po4 de la poutre continue étudiée (figure 13) et **en déduire** les intensités des charges ponctuelles (en kN) et les intensités par unité de longueur des charges uniformément réparties (en $kN \cdot m^{-1}$) représentées sur le schéma mécanique de la figure 10. **Conclure.**

Partie 2.3. : dimensionnement de la poutre continue définitive

À partir des questions suivantes, tous les résultats fournis proviennent de logiciels de calcul. L'ingénieur fait en première hypothèse le choix de dimensionner la poutre continue en section rectangulaire. Les hypothèses retenues pour l'équilibre des sections droites sont représentées sur la figure 14.

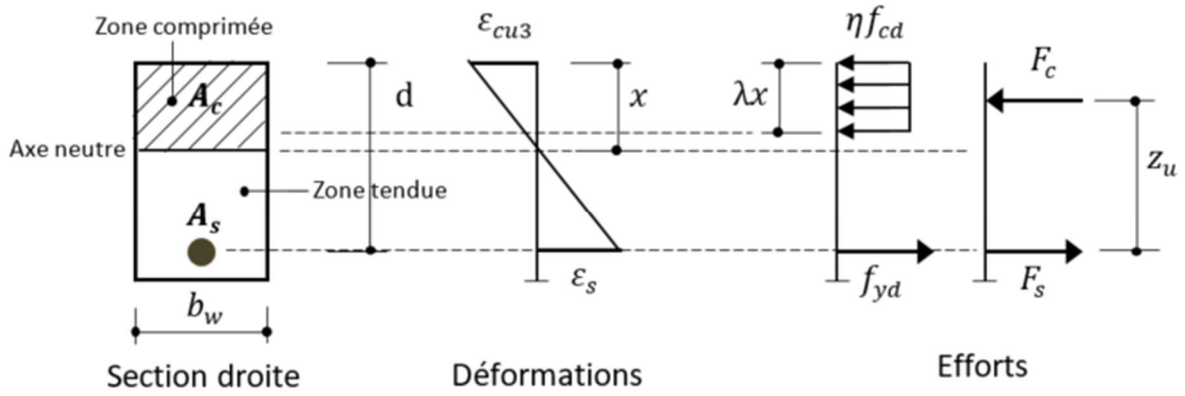


Figure 14 : diagramme rectangle simplifié

Avec

- A_s : aire de la section des armatures longitudinales tendues ;
- A_c : aire de la section droite de béton comprimé ;
- f_{cd} : résistance de calcul à la compression du béton ;
- f_{yd} : limite d'élasticité de calcul de l'acier en béton armé ;
- ε_s : déformation des aciers tendus ;
- ε_{cu3} : déformation de compression ultime du béton ;
- F_s : résultante des efforts dans les armatures tendues ;
- F_c : résultante des efforts de compression dans le béton ;
- d : hauteur utile ;
- x : hauteur de la zone comprimée ;
- Pour $f_{ck} \leq 50$ MPa, $\eta = 1$, $\lambda = 0{,}8$ et $\varepsilon_{cu3} = 3{,}5$ ‰.

Question 2.10. À partir de la figure 14, **écrire** les deux équations permettant d'assurer l'équilibre statique de la section droite. En posant $x = \alpha_u \times d$, **en déduire** l'expression donnant l'aire de la section d'armatures longitudinales $A_{s1} = \frac{0{,}8 \times \propto_u \times d \times b_W \times f_{cd}}{f_{yd}}$.

Le logiciel de calcul permet de générer l'ensemble des combinaisons d'actions fondamentales aux états limites de services (E.L.S.) et ultimes (E.L.U.) afin d'identifier les cas les plus défavorables correspondants aux efforts maximums appliqués à la poutre.

Tournez la page S.V.P.

Question 2.11. À partir de la méthode de dimensionnement du document technique DT4, **déterminer** les sections d'armatures longitudinales à l'eurocode 2 équilibrant le moment maximal dans la travée « Po4 » (M_{Ed} = 259 kN·m) et le moment maximal sur l'appui intermédiaire M26 (M_{Ed} = 288 kN·m). **Effectuer** toutes les vérifications nécessaires.

Question 2.12. À partir de la méthode de dimensionnement du document technique DT5 et en considérant un V_{ED} au nu de l'appui intermédiaire (à gauche) égal à 570 kN, **déterminer** la section des armatures transversales à l'eurocode 2. Pour cela, **vérifier** que les armatures d'effort tranchant sont nécessaires avant de **vérifier** que la compression des bielles (équilibre de la bielle de béton sur appui simple d'about) est surabondante.

Le bureau d'études décide au niveau des dispositions constructives de répartir des armatures longitudinales en trois brins sur deux lits.

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

Figure 15 : tableau des sections d'armatures

Les enrobages à prendre en compte pour la poutre sont les suivants :

- Enrobage supérieur = 5 cm
- Enrobage inférieur = 3 cm
- Enrobage latéral = 3 cm

Question 2.13. **Définir** l'enrobage puis **commenter** les valeurs prises en compte. **Donner** les paramètres qui influent sur ces valeurs.

Question 2.14. **Justifier** la répartition des armatures du bureau d'études. À partir de la figure 15, **effectuer** le choix des armatures à mettre en œuvre. **Représenter,** à l'échelle 1 :10, les armatures de cette poutre en réalisant deux coupes transversales, l'une à mi- travée sur Po4, l'autre sur l'appui intermédiaire (une légende est demandée). **Vérifier** la hauteur utile réelle et **calculer** le 1^{er} espacement du cadre au niveau de l'appui intermédiaire (documents techniques DT4 et DT5).

Partie 2.4. : poutre continue définitive réalisée en phase EXE

La poutre continue définitive (à deux travées Po4 et Po5) étudiée lors des deux parties précédentes doit tenir compte de la phase provisoire et être modifiée en conséquence car elle a été dimensionnée par le bureau d'études sans l'hypothèse de réaliser un porche provisoire.

La poutre isostatique Po4i caractérise la phase provisoire (voir figure 16). Cette travée de la poutre continue définitive est réalisée seule au cours de la phase numéro une du chantier et doit être étudiée indépendamment.

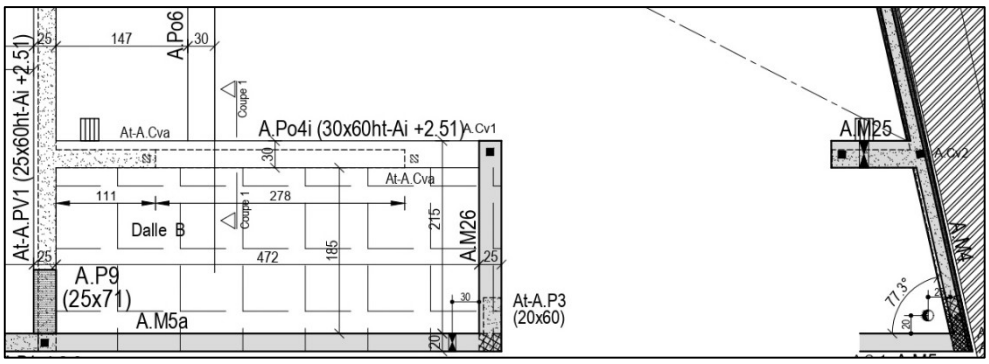


Figure 16 : poutre Po4i isostatique de la phase provisoire

Les plans d'armatures extraits directement du logiciel de calcul des deux poutres précitées et de la poutre Po6 sont fournis dans le document technique DT6.

La poutre continue définitive réalisée est dimensionnée par superposition des deux cas de figures précédents (voir l'extrait du plan de coffrage de la figure 17). Le logiciel ne peut pas effectuer cette tâche.

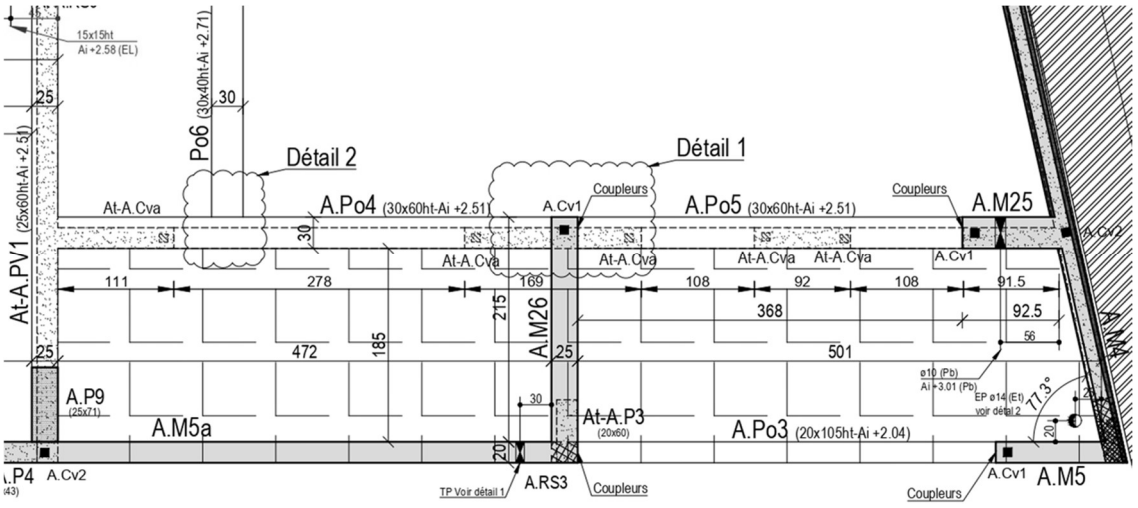


Figure 17 : poutre continue définitive réalisée (à deux travées)

Question 2.15. **Expliquer** la démarche à suivre pour produire le plan d'armatures de la poutre définitive réalisée. **Préciser** l'ensemble des points à contrôler afin de s'assurer que cette poutre soit capable de reprendre les efforts en phase provisoire, en phase définitive et puisse être mise en œuvre sur le chantier.

Tournez la page S.V.P.

Les coupleurs permettent de liaisonner deux barres HA munies de filetages en créant une continuité mécanique totale (diamètre de 12 à 32 mm).

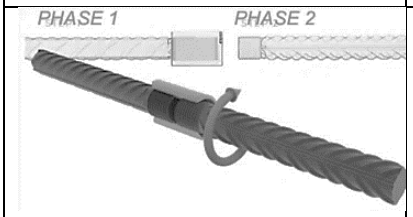
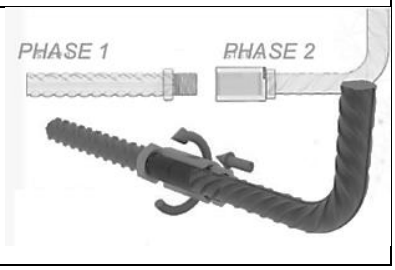
Liaison standard	Liaison sans rotation	Liaison à Contre-Ecrous
Rotation facile de la barre de phase 2.	Rotation limitée de la barre de phase 2 (serrage ¼ à ½ tour).	Pas de rotation possible de la barre de phase 2.
		

Figure 18 : trois types de liaison des coupleurs en fonction de la mobilité de la barre de 2ème phase

Question 2.16. À partir du document technique DT6 et des figures 17 et 18, **réaliser** en complétant le document réponse DR4, la coupe longitudinale (élévation) du plan des armatures de Po4 ainsi que les deux liaisons d'armatures au niveau du détail n°1 et du détail n°2.

Le porche provisoire restera ouvert plus longtemps que le planning tout corps d'état (T.C.E.) le prévoyait afin de permettre aux entreprises de second œuvre de travailler dans des conditions optimales.

L'entreprise gros œuvre doit revenir plusieurs mois après le retrait de son matériel et le démontage de la grue pour réaliser les travaux non exécutés : trois zones de dalles de 14 m², 28 m² et 9 m² (balcon), trois voiles avec ouvertures de 11 ml au total et quatre poutres (Po3 : 20×105ht lg 4,00 m, Po5 : 30×60ht lg 3,68 m, Po2 : 25×135ht lg 3,80 m, Po1 : 25×149ht lg 3,50 m). Le conducteur de travaux envisage d'envoyer une équipe de deux compagnons encadrée par un chef d'équipe pendant 2 semaines.

Question 2.17. **Identifier** les exigences réglementaires à respecter pour réaliser les travaux de reconstruction de la structure. **Proposer** un planning hebdomadaire des tâches à effectuer afin de **valider** les moyens humains et temporels prévus par l'entreprise gros œuvre.

L'entreprise qui réalise les travaux se positionne dans une démarche de Q.H.S.E. (Qualité Hygiène Sécurité et Environnement).

Question 2.18. **Proposer** le phasage d'exécution de la travée A.Po5 de la poutre continue définitive réalisée en faisant notamment apparaître les matériels et les matériaux utilisés. **Identifier** les risques encourus par les ouvriers et **proposer** les préventions à mettre en place. **Indiquer** le nom de la pièce écrite obligatoire à fournir par l'entreprise qui regroupe l'ensemble de ces informations.

Question 2.19. **Proposer** des actions concrètes visant à limiter les impacts environnementaux de l'activité de l'entreprise gros œuvre sur un chantier (d'une manière globale et sans rester dans le cadre restrictif de la réalisation de la poutre Po5). **Conclure**.

Étude 3 : validation et analyse du CCTP CVC-plomberie

L'objet de l'étude est la construction neuve d'un immeuble de 40 logements collectifs (du T2 au T4) en accession (via un promoteur privé). La date de dépôt du permis de construire est juin 2016.

Données générales :

- Site : Bourg-en-Bresse
- Zone climatique : H1c
- $T_{ext\ base}$: -11 °C - HR = 90%
- $T_{confort\ intérieure}$: 19 °C – HR = 50%

Surface habitable : 2 851 m^2

Équipements CVC prévus lors du dépôt du permis de construire 2016 :

- Chaudière gaz condensation au sol – brûleur modulant 15 à 100 % bas Nox.
- Régime nominal chaudière : 80/60 °C.
- Préparateur ECS semi-accumulation avec ballon comprenant un échangeur à serpentin.
    - Température moyenne annuelle eau froide sanitaire (EFS) : T_{EFS} = 10 °C.
    - Température de stockage eau chaude sanitaire (ECS) : T_{ECS} = 60 °C.
- Emission par radiateurs (régime nominal 70/50 °C).
- Ventilation mécanique simple flux basse consommation.

Partie 3.1. : déperditions

Bilan global					
Déperditions en [W]					
Transmission (a)	Infiltration (b)	Ventilation (c)	Dans locaux (d)	Dans CTA (e)	Totales (f=a+b+c=d+e)
54 072	1 821	63 650	119 543	0	119 543

Figure 19 : bilan des déperditions

Question 3.1. **Extraire** les déperditions statiques de l'immeuble de la figure 19.

Le document technique DT7 donne le plan d'architecte de l'étage 1 de l'immeuble. Les bâtiments A, B et C, pour une meilleure lisibilité sont détaillés séparément (en respectant les joints de dilatation présents). Les 4 étages de logements sont identiques.

Nombre de pièces principales du logement	DÉBITS À EXTRAIRE POUVANT ÊTRE ATTEINTS SIMULTANÉMENT OU NON (m³/h)						
	Global	Cuisine		Salle de bains ou de douches commune ou non avec les WC	Autres salles d'eau	WC	
	mini	mini	maxi			unique	multiples
1	35	20	75	15	15	15	15
2	60	30	90	15	15	15	15
3	75	45	105	30	15	15	15
4	90	45	120	30	15	30	15
5	105	45	135	30	15	30	15
6	120	45	135	30	15	30	15
7	135	45	135	30	15	30	15

Figure 20 : tableaux des débits règlementaires (arrêté du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983)

Question 3.2. À partir du document technique DT7 et des données de la figure 20, **calculer** les déperditions dynamiques minimales et maximales de l'immeuble.

Partie 3.2. : besoins ECS

Le bureau d'études a opté pour une production ECS en semi-accumulation (le schéma de principe global de l'installation est donné dans le document technique DT8). La méthode de dimensionnement d'un système semi-accumulation est détaillée dans le document technique DT9. Les caractéristiques techniques et performances du système sélectionné sont fournies dans le document technique DT10.

Données complémentaires :

- La chaudière est réglée en priorité ECS.
- Le thermostat de mise en route du circulateur du circuit primaire ECS est situé à 60% de la hauteur du ballon depuis le bas.
- Le besoin moyen quotidien en ECS à 60°C d'un logement standard est de 95 L.
- Le ballon choisi a une caractéristique générale de 750.

Question 3.3. À partir du document technique DT9, **vérifier** que le préparateur sélectionné permet une production semi-accumulation (volume de stockage et puissance conformes). **Préciser** les hypothèses de calcul.

Question 3.4. **Calculer** le temps de réchauffage du ballon à partir de la mise en route sans prendre en compte le bouclage. **En déduire** le nombre de mises en route quotidiennes et le temps de fonctionnement journalier du réchauffeur.

Question 3.5.	**Calculer** l'efficacité de l'échangeur immergé. **Vérifier** la cohérence des données de la documentation technique DT10 (puissance et débit du volume ECS). **En déduire** la température de retour dans la boucle primaire et **préciser** le pincement de l'échangeur.

<u>Partie 3.3.</u> : analyse et critique de la solution retenue

La chaudière gaz à condensation sélectionnée par le bureau d'études a une puissance nominale P = 237,6 kW (au régime 80/60 °C).

Question 3.6.	**Analyser** et **critiquer** le choix de la puissance de la chaudière sélectionnée.

Étude 4 : passage du projet en RE2020

L'objectif de cette étude est de permettre au projet initial, après changement d'architecte ayant occasionné des délais, de respecter la nouvelle réglementation en vigueur en 2023 soit la RE2020.

Le projet initial n'avait pu obtenir de label BEPOS-effinergie :

Label Effinergie plus					
satisfait	BBio	37.70	vs	57.60	
non satisfait	Cep	55.40	vs	49.00	
satisfait	Cep hors prod élec	55.40	vs	61.00	
Label Bepos Effinergie 2013					
non satisfait	Bilan Epnr	125.10	vs	42.40	

Figure 21 : étude thermique projet 2016 - extrait

Question 4.1. À partir de la figure 21, **citer** les critères qui n'étaient pas satisfaits, les **définir** et les **mettre en regard** du passage à la RE2020.

Partie 4.1. : installation d'une VMC double flux

La première piste envisagée pour une réduction de la consommation en énergie primaire est le passage d'une VMC simple flux à un système double flux.

Question 4.2. **Décrire** le fonctionnement d'une VMC double flux. **Réaliser** un schéma de principe, **préciser** le nom des différents éléments et le sens des flux.

Les systèmes double flux tendent à être installés de plus en plus souvent en habitat individuel. Cette solution est encore peu courante en habitat collectif : les systèmes sont bien plus coûteux en double flux (DF) qu'en simple flux (SF).

Après consultation de leurs fournisseurs habituels, les devis obtenus par le bureau d'études sont les suivants :

- Installation totale VMC SF : 125 800 € TTC
- Installation totale VMC DF : 298 100 € TTC

L'échangeur du système DF choisi a une efficacité de 85 %.

On cherche à déterminer le temps de retour sur investissement d'un système DF.

Rappel : le chauffage est assuré par une chaudière gaz condensation

- Gaz naturel : PCI = 10 kWh·m^{-3} – PCS = 11 kWh·m^{-3}
- Prix gaz 2024 : 0,1 €·kWh^{-1}

Tournez la page S.V.P.

Question 4.3. À partir des données météorologiques du document réponse DR5, **compléter** le tableau pour les données annuelles et **calculer** la température extérieure moyenne sur la saison de chauffe 2023/2024.

Question 4.4. **Calculer**, pour cette température saisonnière moyenne, la température de sortie d'échangeur de l'air neuf. **En déduire** l'énergie économisée (notée $E_{éco}$) sur la saison de chauffe (on considère un débit de renouvellement d'air de 3 540 $m^3 \cdot h^{-1}$).

Si cette question n'aboutit pas, considérer $E_{éco}$= 52 MWh.

Question 4.5. **Réaliser** une estimation grossière du temps de retour sur investissement. **Lister** les hypothèses. **Commenter**.

Partie 4.2. : choix d'une PAC hybride

Le bureau d'études explore une seconde piste afin de réduire la consommation énergétique du projet. En effet, la RE2020 favorise les solutions thermodynamiques et 80% des projets de construction neuve s'orientent vers ce choix.

Cela pose encore une fois souvent des problèmes de coût et, pour le cas de l'immeuble « Le Maquis », situé dans une zone d'habitat dense, des problèmes de bruit (unité(s) extérieure(s) de la PAC).

Le bureau d'études étudie donc une solution hybride. Le principe de l'hybridation est l'association pour la production de chaleur, d'une PAC dimensionnée pour couvrir 20% de la puissance à installer à une chaudière qui couvre pour sa part jusqu'à 100% de cette puissance.

Cette solution permet d'utiliser la PAC au meilleur de ses performances et uniquement quand elle est « rentable » (rappel : en RE2020, 1 $kWh_{élec}$ = 2,3 kWh_{EP}). Le complément de puissance est assuré via la chaudière à condensation.

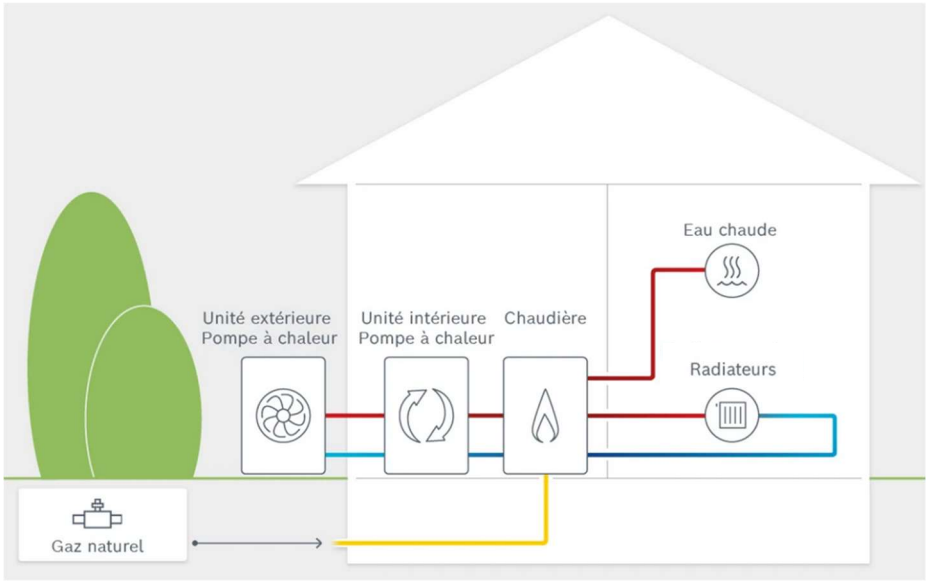


Figure 22 : schéma de principe d'un système hybride

Pour cette pré-étude, on considère :

- $P_{nominale}$ = 120 kW
- $P_{chaudière}$= 120 kW
- COP pivot = 2,3
- Prise en compte uniquement de la consommation chauffage (ECS négligée)
- Régime nominal radiateurs : 70/50 °C

Question 4.6. **Commenter** les avantages et les inconvénients de l'hybridation pour le passage à la RE2020.

Question 4.7. **Calculer** la puissance de la PAC. **Sélectionner** le modèle adéquat dans le document technique DT11.

Question 4.8. **Tracer** les lois d'eau (supposées linéaires) régissant les températures de départ et de retour vers et depuis les circuits radiateurs. **Commenter** le choix d'une chaudière à condensation 2 tubes.

Rappel : régulation du système hybride

- Mise en fonctionnement et choix du régime de la PAC pour se trouver au-dessus du seuil de rentabilité.
- Chaudière en complément.

Question 4.9. À partir de la loi d'eau, du principe de régulation du système hybride et du document technique DT11, **compléter** les lignes 1 à 3 du tableau du document réponse DR6.

Question 4.10. **Calculer** le coefficient de déperditions caractéristique du bâtiment (noté D) en $kW \cdot °C^{-1}$. **En déduire** la puissance totale appelée pour les différentes températures. **Compléter** le tableau du document réponse DR6.

Question 4.11. Sur le graphique fourni dans le document réponse DR7, **tracer** :

- $P_{appelée}$= f (jours cumulés$\cdot an^{-1}$)
- P_{PAC} = f (jours cumulés$\cdot an^{-1}$)

Sous l'axe des abscisses, **mettre en place** un axe des températures extérieures et y **placer** les températures remarquables (3 – 4 maximum).

Question 4.12. **Calculer** le taux de couverture par la PAC de l'énergie annuelle consommée. **Détailler** la méthode mise en œuvre. **Commenter** les résultats obtenus.

Partie 4.3. : gains sur la CEP et autres critères RE2020

L'objectif final est de calculer le gain sur la CEP (Consommation en Energie Primaire en $kWh \cdot m^{-2} \cdot an^{-1}$).

Question 4.13. En considérant des apports de 20% et un coefficient de déperditions caractéristique de 4 $kW \cdot °C^{-1}$, **calculer** le coefficient B correspondant aux besoins du bâtiment en $kW \cdot °C^{-1}$.

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
2025	417	327	280	181	130	35	44	44					1 457
2024	391	271	235	196	103	38	20	16	84	107	300	462	2 223
2023	408	344	265	217	97	21	16	24	31	101	286	367	2 177
2022	519	328	282	233	81	28	31	19	112	252	240	375	2 499

Figure 23 : DJU Bourg-en-Bresse

Question 4.14. **Calculer** l'énergie utile pour le chauffage lors de la saison de chauffe 2023/2024.

Si les questions précédentes n'ont pas abouti, considérer :

- E_{utile} = 200 MWh
- Taux de couverture PAC = 50%

Données :

- $\eta_{\text{global chaudière gaz}}$ = 80 %

Question 4.15. **Calculer** la consommation EP (Énergie Primaire) provenant de l'utilisation de la chaudière gaz.

Question 4.16. **Calculer** la consommation EP de la PAC pour la saison 2023/2024. Pour cela, **compléter** le document réponse DR8 et **détailler** le calcul pour une colonne. Alternativement, **développer** toute autre méthode choisie.

Question 4.17. **En déduire** le gain sur la CEP du système hybride par rapport à la solution tout gaz. **Donner** les résultats en kWh_{EP} et %.

Question 4.18. **Dresser** le bilan des mesures à conseiller au bureau d'études pour que ce projet de construction soit compatible RE2020.
Outre les études menées précédemment, **lister** et **commenter** les avantages du système hybride par rapport aux différents critères RE2020.

Document technique DT1 : extraits de l'étude géotechnique G2 PRO

1. Les données du projet :

Altitude moyenne : **226 NGF environ** Document de référence : **G2 AVP**

Le projet consiste en la construction d'une résidence de 40 logements répartis sur un bâtiment en forme de L.

Plan d'implantation des sondages

LEGENDE :

⊗ RF1	Reconnaissance de fondations	+ EI	Essais d'infiltration
☐ S1	Sondages à la pelle mécanique	+ Pz	Essais piézométriques
P1	Essais au pénétromètre stato-dynamique		

- Nombre de niveaux : rez-de-chaussée + 4, avec niveau de stationnement en rez-de-chaussée.
- Calage de niveau bas : niveau fini calé à 226.7 NGF, soit proche du terrain actuel (TA), environ. Rampes d'accès au parking de stationnement calées à 226.2 pour l'entrée nord, est, et à 226.8 pour l'entrée ouest.
- Structure : béton rigide et peu déformable
- État des lieux : terrain construit partiellement

Tournez la page S.V.P.

Sensibilité générale de la structure :

- Voirie en limite de propriété nord et ouest, sans grand recul.
- Limite de propriété avec peu / pas de recul.
- Ouvrage mitoyen non enterré, côté sud.
- Ouvrage rigide, peu déformable.
- Descentes de charges importantes, concentrées, hétérogènes.
- Construction proche des limites de propriété au nord et à l'ouest.
- Existant à démolir (vestiges de fondations et présence de caves sous les bâtiments à démolir).
- Présence d'ouvrages mitoyens enterrés d'un demi-niveau côté Est et non enterré côté Sud.

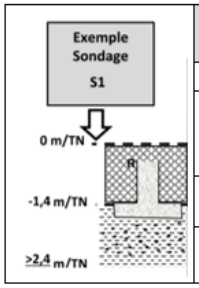
2. Les données du sol :

Dans la pratique, et d'après les sondages réalisés, on peut retenir l'organisation géologique la plus probable suivante :

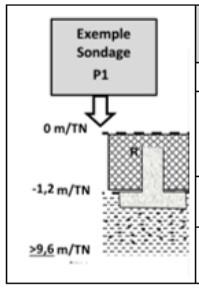
- Remblais de nature limono-caillouteux localisés jusqu'à 0,5 m à 1,2 m de profondeur / TN.
- Graves sablo-limoneuses lenticulaires au-delà.

Pour plus de détails, la géologie du site, au droit des essais réalisés, est reportée dans les tableaux récapitulatifs joints.

TABLEAUX RECAPITULATIFS DES RESULTATS DES INVESTIGUATIONS DE SOL



	COUPES DES SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE Profondeur (en m/TN) de la base de chaque faciès géologique reconnu (et non pas épaisseur) et cote NGF correspondante (en italique)					
Coupe géologique	**S1**	**S2**	**RF1**	**RF2**	**Stabilité parois**	**Remarques**
	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN		
Altitude sondages ⇒	*226,5*	*226,2*	*226,7*	*226,1*		
Remblais limono-caillouteux à sablo-caillouteux	- 1,4 *225,1*	- 0,6 *225,6*	- 1,6 *225,1*	- 1,5 *224,6*	Moyenne	
Graves sablo-limoneuses lenticulaires	> 2,4	> 2,0	> 2,2	> 1,9	Assez bonne	
Eau souterraine	- 2,1 *224,4*	- 1,8 *224,4*	-	- 1,8 *224,3*		Nappe puissante



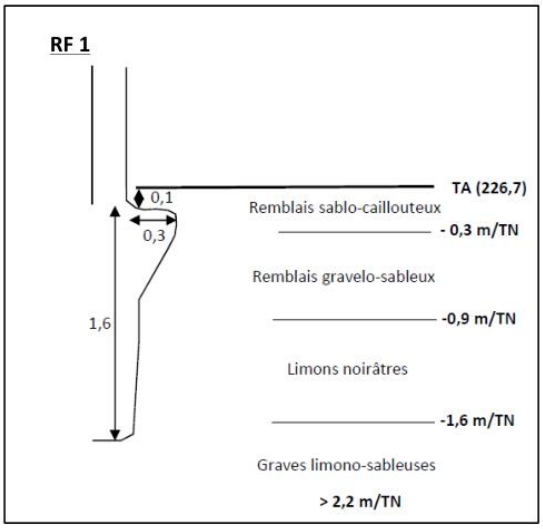
	COUPES DES SONDAGES AU PENETROMETRE Profondeur (en m/TN) de la base de chaque faciès géologique reconnu (et non pas épaisseur) et cote NGF correspondante (en italique)							
Coupe géologique	**P1**	**P2**	**P3 + Pz**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8 + Pz**
	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN	0/TN
Altitude sondages ⇒	*226,8*	*226,5*	*226,5*	*226,4*	*226,1*	*226,2*	*226,2*	*226,1*
Remblais limono-caillouteux à sablo-caillouteux	- 1,2 *225,7*	- 0,8 *225,7*	- 0,6 *225,9*	- 1,0 *225,4*	- 0,5 *225,6*	- 0,5 *225,7*	- 0,5 *225,7*	- 0,6 *225,5*
Graves sablo-limoneuses lenticulaires	> 9,6	> 9,6	> 9,6	> 8,4	> 9,6	> 8,2	> 8,0	> 9,4
Eau souterraine	-	-	- 2,2 *224,3*	-	-	-	-	- 1,6 *224,5*

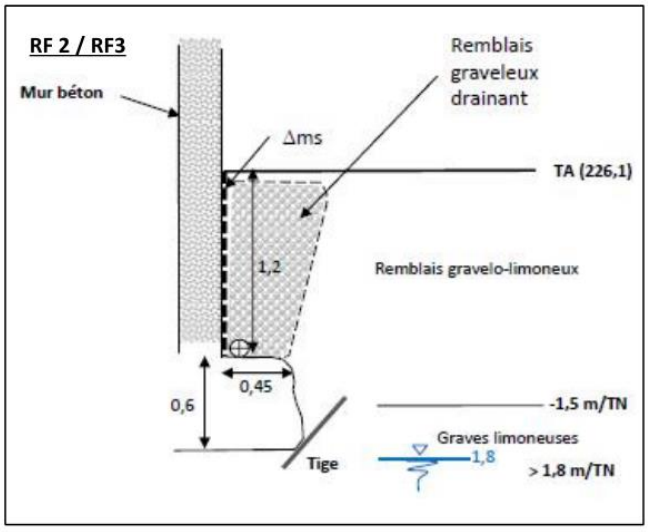
Légende : pour chaque sondage, les valeurs soulignées (et cotes correspondantes) indiquent la profondeur du toit de l'horizon de fondation en m/TN (hors notion d'ancrage ou de mises hors gel).

Les horizons du sol sont les différentes couches du sol que l'on distingue par leur épaisseur et par leur composition.

Couche d'ancrage : encastrement d'au moins 30 cm dans les graves sablo-limoneuses.
La profondeur **hors gel** est prise égale à 80 cm minimum.

Remarque importante : de part et d'autre du projet, la construction se fera en mitoyenneté d'ouvrages existants





Eau souterraine : la nappe a été rencontrée au moment des sondages à faible profondeur, entre -1,6 et -2,2 m/TN, soit entre les cotes 224.3 et 224.5 NGF environ. Cette nappe puissante circule au sein des graves et localement peut-être en charge sous les lentilles argilo-sableuses plus imperméables. Les mesures effectuées par les sondes automatiques installées dans les deux piézomètres mis en œuvre sont reportées dans le tableau suivant :

	Niveau /TN lors des sondages	Altitude N.G.F.
Niveau moyen reconnu lors de l'étude	-1,6 à -2,2	224,3 à 224,5
Eaux basses permanentes (E.B.)	-1,8	224,25
Plus hautes eaux connues (P.H.E.C.)	-1,4	224,75
Eaux exceptionnelles (E.E.)	Non connu	Non connu

Perméabilité du sol : des essais d'infiltration ont été réalisés dans les sondages à la pelle S1 et S2 à une profondeur de -1,5 m /TN. L'horizon sollicité par les essais est constitué de graves limono-sableuses, assez perméables. Il est constaté une certaine hétérogénéité de perméabilité, due au caractère lenticulaire de cet horizon. La perméabilité la plus défavorable retenue (mesurée au niveau du sondage S1) est prise égale à : **$K = 2{,}9 \cdot 10^{-4}$ m·s^{-1}.**
Un facteur de sécurité devra être appliqué pour tenir compte de l'interaction avec la nappe.

Tournez la page S.V.P.

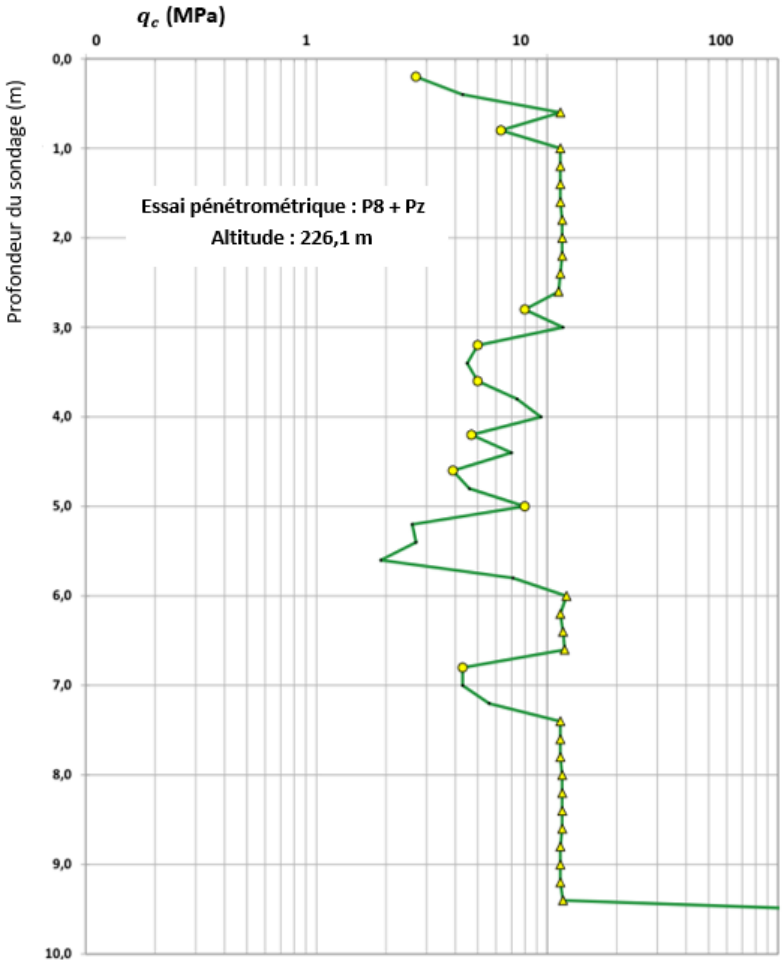
Caractéristiques géomécaniques :

D'après les essais pénétrométriques en mode stato-dynamique réalisés, on retiendra les valeurs suivantes :

Formation	q_c (MPa)	E_M (MPa)	Pl^* (MPa)	α
Graves limono-sableuses	9	18	1,6	1/3
Sables limono-argileux	7	14	1,2	1/2
Passée argilo-sableuses	3	9	0,8	2/3
Graves limono-sableuses consolidées	15	30	3,0	1/3

q_c : résistance de pointe
E_M : module pressiométrique
Pl^* : pression limite équivalente du sol
α : coefficient rhéologique

Nota : les valeurs pressiométriques sont issues de corrélations à partir de l'essai au pénétromètre stato-dynamique autonome



Particularités des sols :

- Remblais superficiels et hétérogènes.
- Répartition lenticulaire des faciès (hétérogénéité).
- Variation latérale et en profondeur de la granulométrie.
- Assise graveleuse globalement compacte.
- Nappe phréatique puissante et peu profonde.
- Instabilité sous nappe.

3. Les données pour les fondations

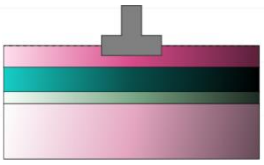
On s'orientera vers la réalisation :

- de fondations superficielles de types semelles, évoluant localement vers des puits courts, sollicitant les graves limono-sableuses ;
- d'un dallage porté généralisé.

Pré-dimensionnement des fondations : la réalisation de calculs spécifiques à l'aide de logiciels adaptés permet les vérifications des tassements et du poinçonnement sous les semelles afin d'optimiser la contrainte admissible E.L.S. donnée dans la G2 AVP.

	G2 AVP	**G2 PRO**
Contraintes admissible q_a à l'état limite de service (E.L.S.) en MPa	0,25	**0,4**
Contrainte de calcul q à l'état limite ultime (E.L.U.) en MPa	0,375	**0,6**

Seuils de déplacement : l'objectif est de rechercher une limitation du tassement absolu sous semelles inférieures à un centimètre et une limitation du tassement différentiel inférieur à 1/500ème.



À partir de la descente de charges réalisée par le bureau d'études structure, une série de calculs de tassements spécifiques (réalisée avec un logiciel) donne comme résultats :

- **Tassements absolus de l'ordre de 0,5 à 0,9 cm**
- **Justifications aux poinçonnements : OK**

On constate que les tassements correspondants resteront faibles, inférieurs au centimètre, et seront acquis principalement en cours de construction, si les dispositions constructives respectent « les règles de l'art » (à titre d'exemple, prévoir des gros bétons en cas de sur profondeur du bon sol).

Paramètres sismiques :

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	a_{gr} ($m \cdot s^{-2}$)	Classes de sol	S (zones 1 à 4)	Catégorie d'importance	Coefficient d'importance γ_I
			A	1		
Zone 1	Très faible	0,4	B	1,35	I	0,8
Zone 2	Faible	0,7	C	1,5	II	1
Zone 3	Modéré	1,1	D	1,6	III	1,2
Zone 4	Moyen	1,6	E	1,8	IV	1,4
			Influence du sol S_T		habitation collective < 28 m	

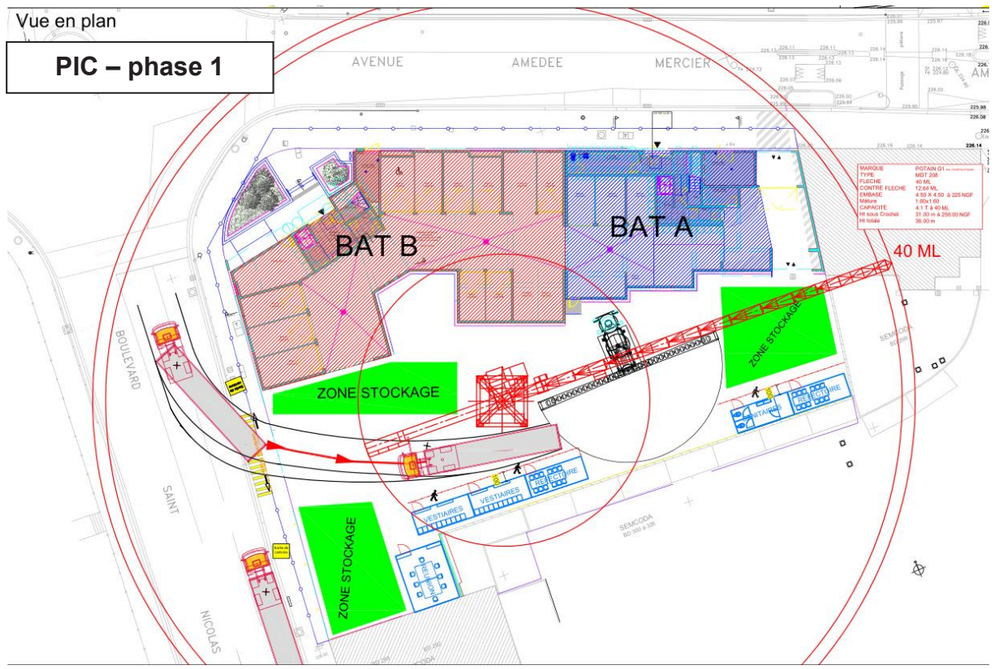
Les matériaux du site, compte-tenu de leur nature, de leur compacité et de leur saturation en eau ne sont pas classés dans les matériaux à caractère potentiellement liquéfiable.

Descente de charges : fournie par le bureau d'études techniques structure et réalisée dans le cadre de la mission G2PRO elle n'est pas fournie dans ce document technique. Toutes les valeurs nécessaires sont fournies ultérieurement dans le questionnement.

Document technique DT2 : les trois phases du plan d'installation de chantier

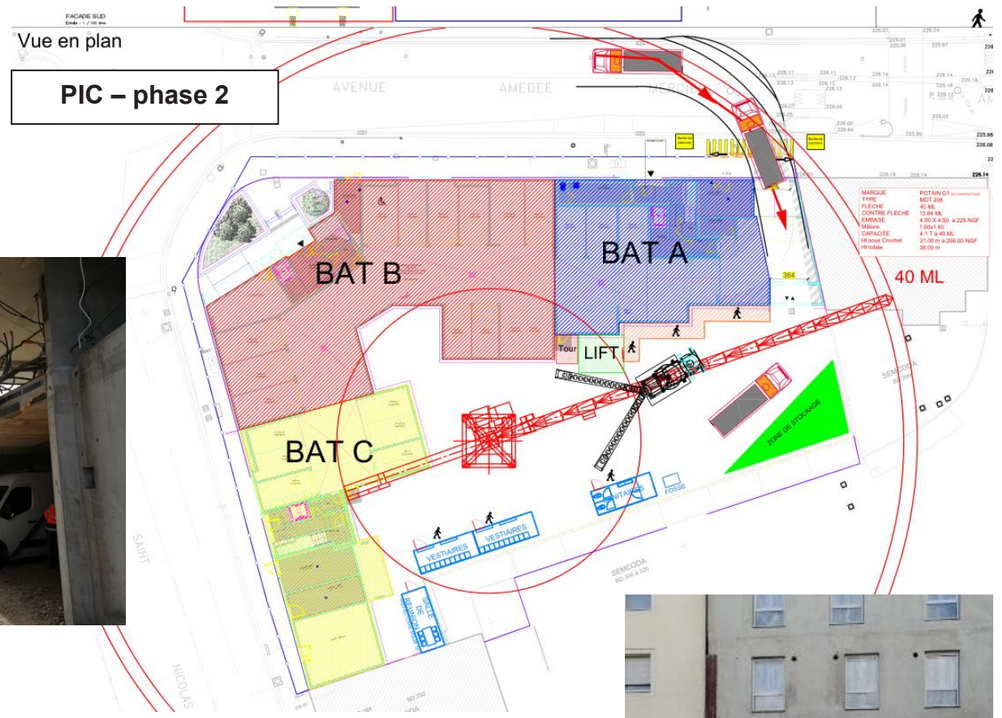
Vue en plan

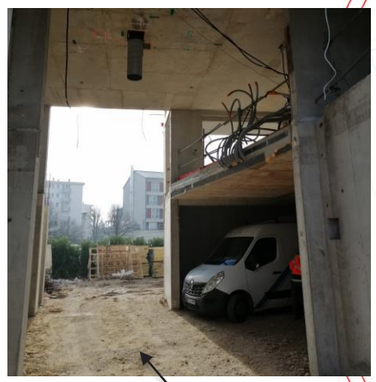
PIC – phase 1



Vue en plan

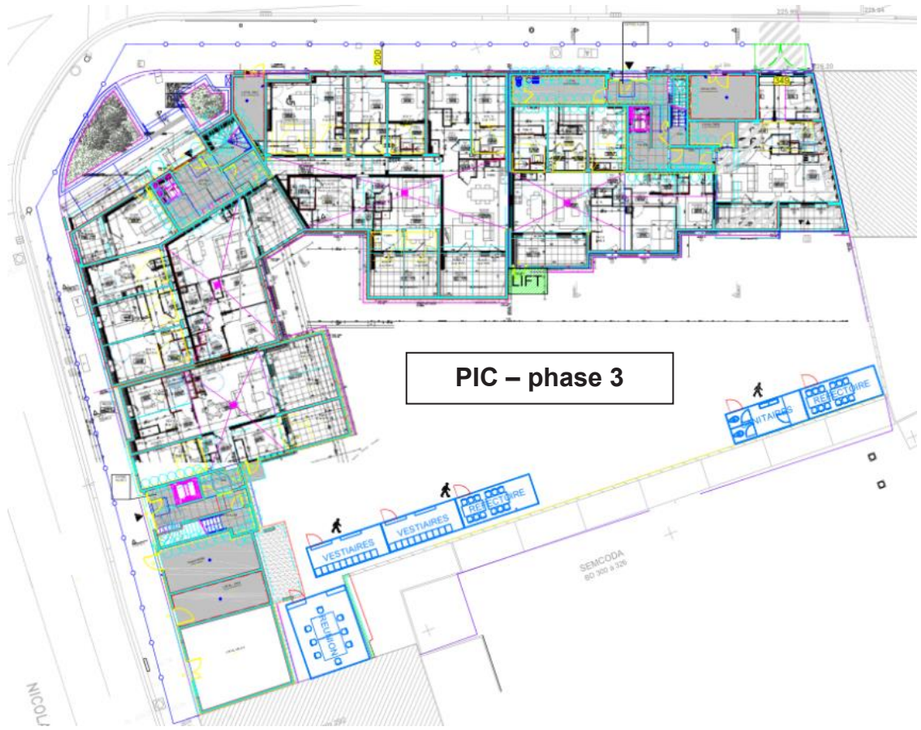
PIC – phase 2





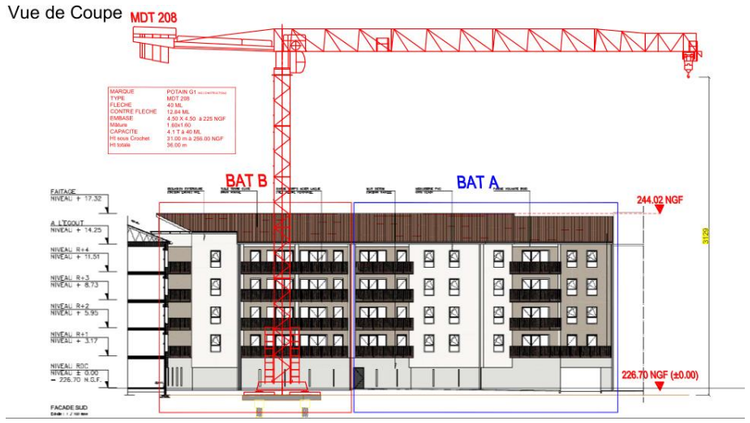
Photos du porche provisoire côté rue

Bâtiment A



PIC – phase 3

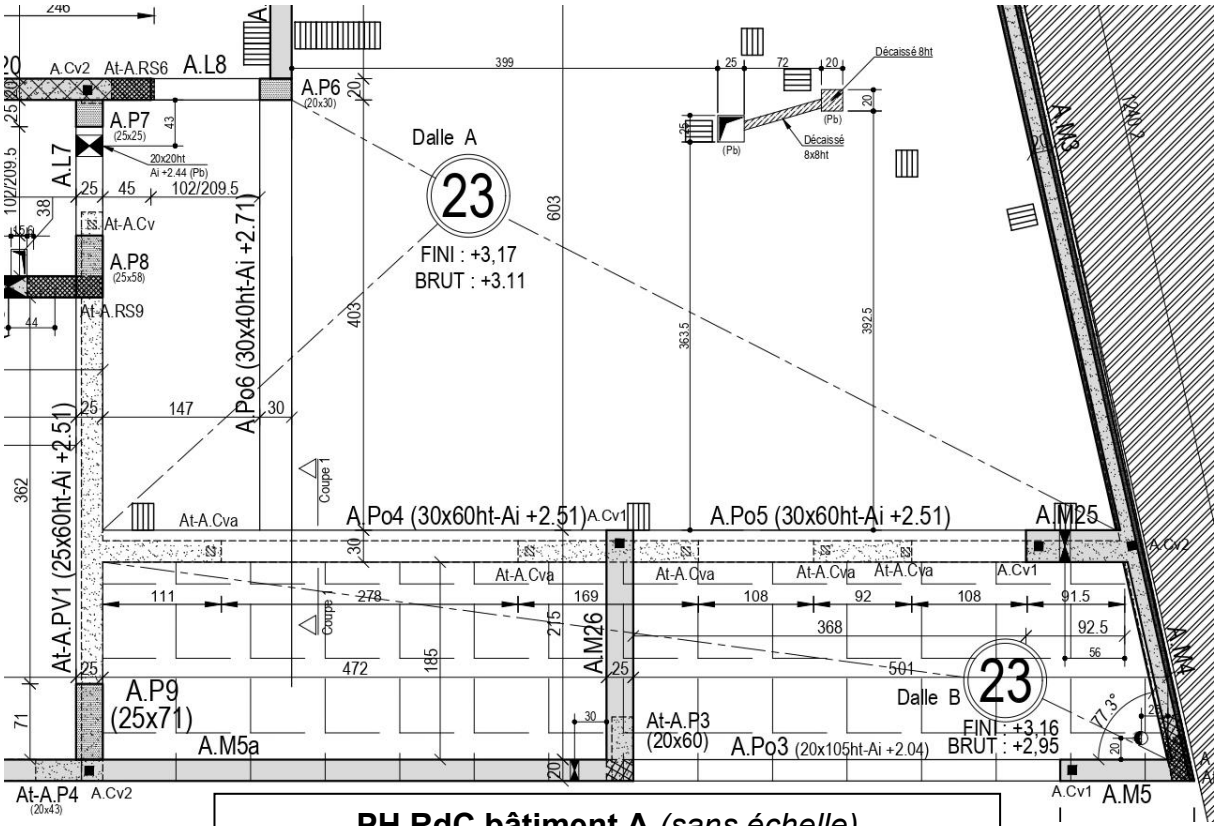
Vue de Coupe



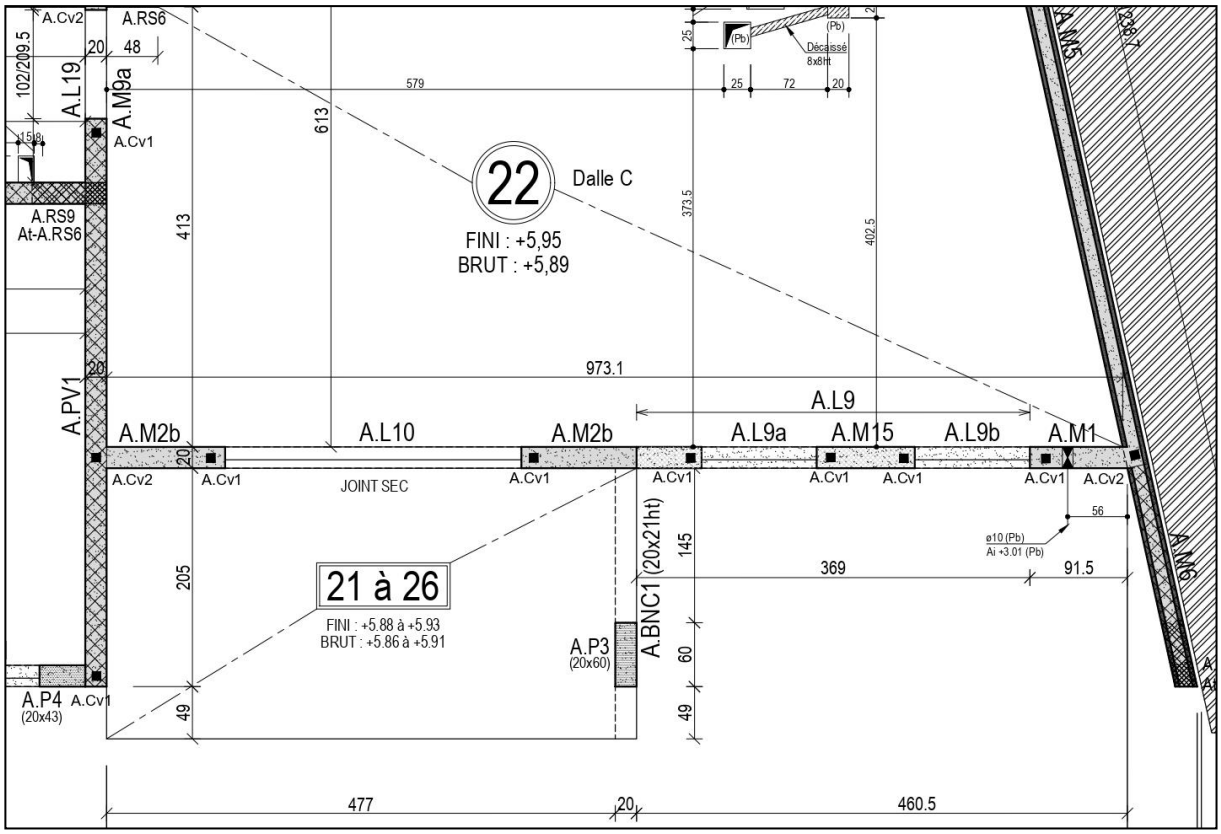
Sans échelle – coupe indicative

Marque	POTAIN G1
Type	MDT 208
Flèche	40 ML
Contre flèche	12,64 ML
Embase	4,50 x 4,50 à 225 NGF
Mâture	1,60 x 1,60
Capacité	4,1 T à 40 ML
Hauteur sous crochet	31,00 m à 256 NGF
Hauteur totale	36,00 m

Document technique DT3 : extraits des plans de coffrage



PH RdC bâtiment A *(sans échelle)*



PH R+1 bâtiment A *(sans échelle)*

Tournez la page S.V.P.

Document technique DT4 : organigramme de calcul des armatures longitudinales en flexion simple, poutre section rectangulaire, EC2

Données

Classe structurale : **S4**

Environnement : Classe d'exposition $X..$

Section poutre : largeur b_w ; hauteur h

Béton $C../..$ f_{ck} =

$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_C$ (γc = 1,5)

Acier B500 classe B $f_{yk} = 500 \quad MPa$

Diagramme élasto-plastique parfait

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = \frac{500}{1{,}15} = 435 \quad MPa$$

Actions de calcul $p_u = 1{,}35g + 1{,}5q \quad kN/m$

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 $\quad$ $d \leq 0{,}9\,h$

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

$\mu_u \leq 0{,}3717$?

NON

Les armatures comprimées sont nécessaires.

Si les armatures comprimées sont prises en compte, elles seront alors maintenues par des armatures transversales : $s \leq 15\phi$.

OUI

Pas d'armatures comprimées :

$A_{s2} = 0$

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

$$A_{s1} = \frac{0{,}8\alpha_u b_w d f_{cd}}{f_{yd}}$$

Sections minimale et maximale d'armatures longitudinales tendues : Clause 9.2.1.1

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

Condition de non fragilité

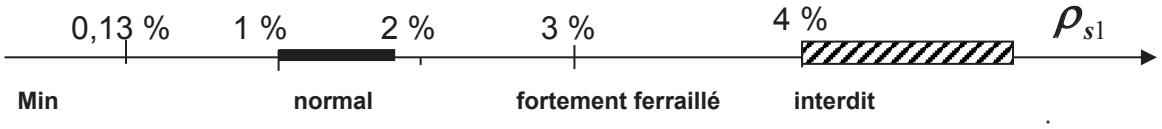
$A_{s1} < 0{,}04 \;\; A_c$ avec A_c aire de la section droite de béton

$f_{ctm} = 0{,}30 \times f_{ck}^{2/3}$ si ≤ C50/60

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.



Document technique DT5 : organigramme de calcul des armatures transversales en flexion simple, EC2

Données : Classe structurale : **S4**
Environnement : Classe d'exposition $X..$

Béton $C../..$ f_{ck} **en MPa** $f_{cd} = \dfrac{f_{ck}}{\gamma_C}$

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

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

$\Rightarrow d$; z inconnu $\Rightarrow z = 0{,}9d$

b_w plus petite largeur de la section droite dans la zone tendue

$\nu_1 = 0{,}6\left[1 - \dfrac{f_{ck}^{(MPa)}}{250}\right]$

Acier B500 classe B $f_{yk} = 500$ MPa

$f_{ywd} = \dfrac{f_{ywk}}{\gamma_S} = \dfrac{500}{1{,}15} = 435$ MPa

$p_u = 1{,}35g + 1{,}5q$ kN/m

Effort tranchant de calcul V_{Ed}

$V^{(N)}_{Rd,c} = sup\left[C_{Rd,c}k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} ; v_{min}\right]b_w d$

$V_{Ed} > V^{(N)}_{Rd,c}$?

Oui

Les armatures d'effort tranchant sont nécessaires

On se fixe $cot\theta = 1$, soit $\theta = 45°$

$V_{Rd,max} = 0{,}5 b_w z \nu_1 f_{cd}$

Non

Les armatures d'effort tranchant ne sont pas requises 6.2.2

Vérification de la compression des bielles

$V_{Ed} \le V_{Rd,max}$?

Oui

La résistance des bielles est surabondante

Non

L'angle $\theta = 45°$ des bielles ne peut pas être augmenté. Il faut redimensionner le coffrage.

$V_{Rd,s} = \dfrac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot\theta$ {6.8}

On se fixe $cot\theta = 1$: $V_{Ed} \le \dfrac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \Rightarrow \dfrac{A_{sw}}{s} \ge \dfrac{V_{Ed}}{z f_{ywd}}$

Choix de la section d'acier A_{sw} ;

Calcul des espacements avec : $s \le \dfrac{A_{sw} z f_{ywd}}{V_{Ed}}$

$s \le min\left[\dfrac{A_{sw} z f_{ywd}}{V_{Ed}} \; ; \; \dfrac{A_{sw}}{b_w \rho_{w,min}} \; ; \; s_{l,max}\right]$

Dispositions constructives

Le taux d'armatures d'effort tranchant est noté :

$\rho_w = \dfrac{A_{sw}}{b_w s}$

$\rho_w \ge \rho_{w,min} = \dfrac{0{,}08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$ {9.5N}

$s \le s_{l,max}$ et $s_t \le s_{t,max}$

$s_{l,max}$: Espacement longitudinal maximal entre les cours d'armatures d'effort tranchant.

Si $h > 250mm$ alors $s_{l,max} = 0{,}75d$ sinon $s_{l,max} = 0{,}90d$

$s_{t,max}$: Espacement transversal maximal des brins verticaux dans une série de cadres, étriers, épingles. Si $h > 250mm$ alors $s_{t,max} = inf(0{,}75d, 600mm)$ sinon $s_{t,max} = 0{,}90d$

$k = min\left[1 + \sqrt{\dfrac{200}{d^{(mm)}}} ; 2\right]$; $C_{Rd,c} = \dfrac{0{,}18}{\gamma_C}$; Pourcentage ρ_l d'acier longitudinal de flexion :

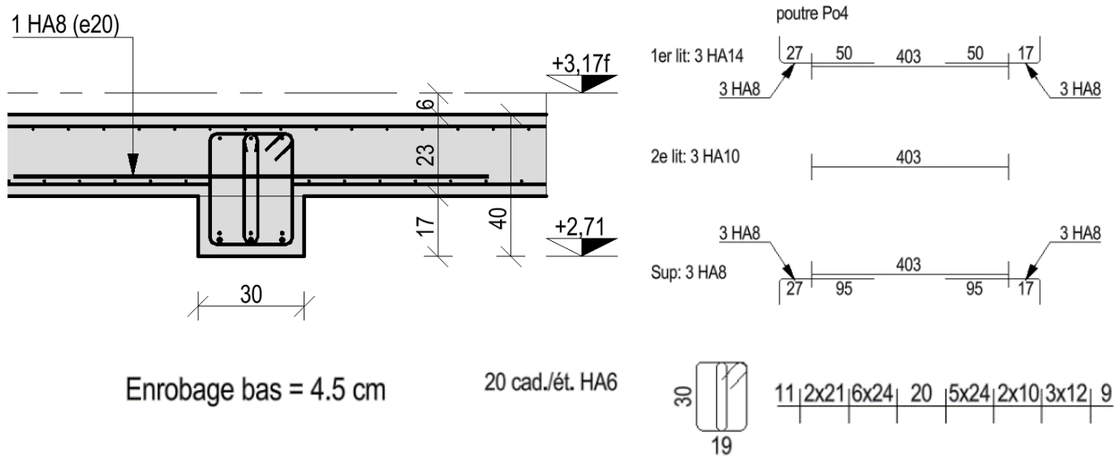
$\rho_l = \dfrac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ A_{sl} : aire de la section des armatures tendues, prolongée d'une longueur supérieure à $d + l_{bd}$ au-delà de la section considérée. (l_{bd} étant la longueur d'ancrage de calcul)

$v_{min} = \dfrac{0{,}34}{\gamma_C} f_{ck}^{1/2}$ pour les dalles bénéficiant d'un effet de redistribution transversale sous le cas de charge considéré.

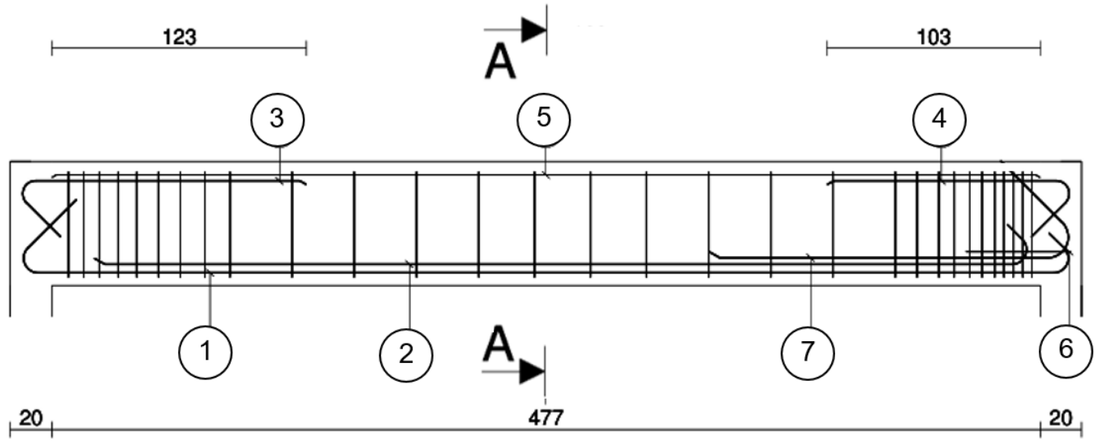
sinon $v_{min} = \dfrac{0{,}053}{\gamma_C} k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$

Document technique DT6 : plans d'armatures issus des notes de calcul

Poutre Po6 – plan d'armatures – COUPE (sans échelle)



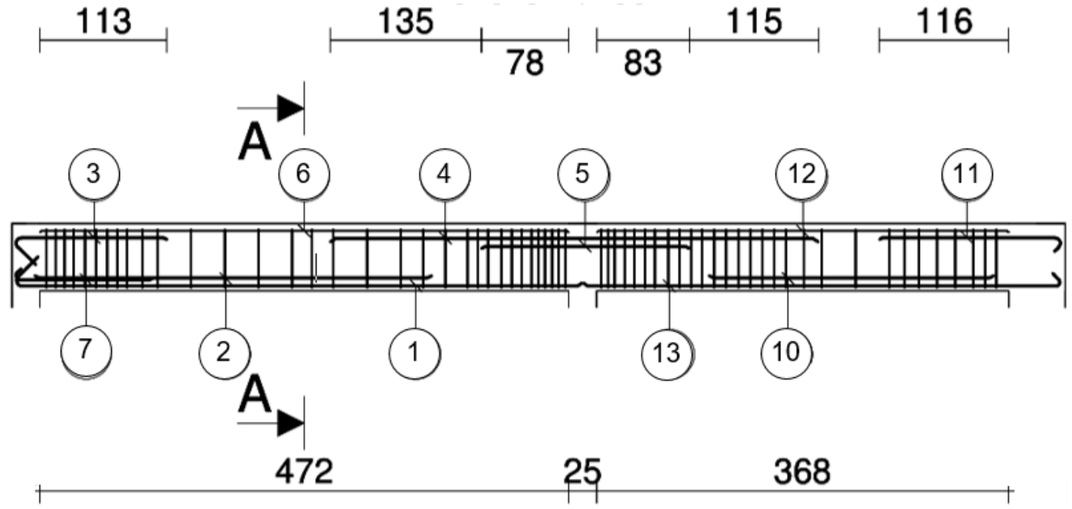
Poutre isostatique en phase provisoire Po4i - ELEVATION (sans échelle)

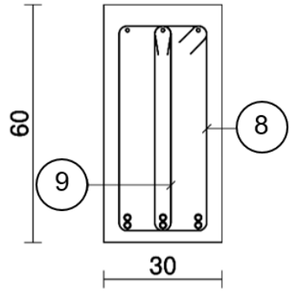


Armatures transversales : HA10

N°	Barre	Lg	Forme
1	3 HA20	566	41 / 14 14 / 18 ; 135° 135° ; 506
2	3 HA20	470	14 / 18 ; 135° ; 451
3	3 HA12	168	13 / 30 ; 135° ; 137
4	3 HA12	148	30 / 13 ; 135° ; 117
5	3 HA8	477	477
6	1 HA10	113	50 ; 17 ; 50
7	3 HA20	230	54 / 20 ; 135° ; 175

Poutre continue définitive Po4 et Po5 – ELEVATION (sans échelle)

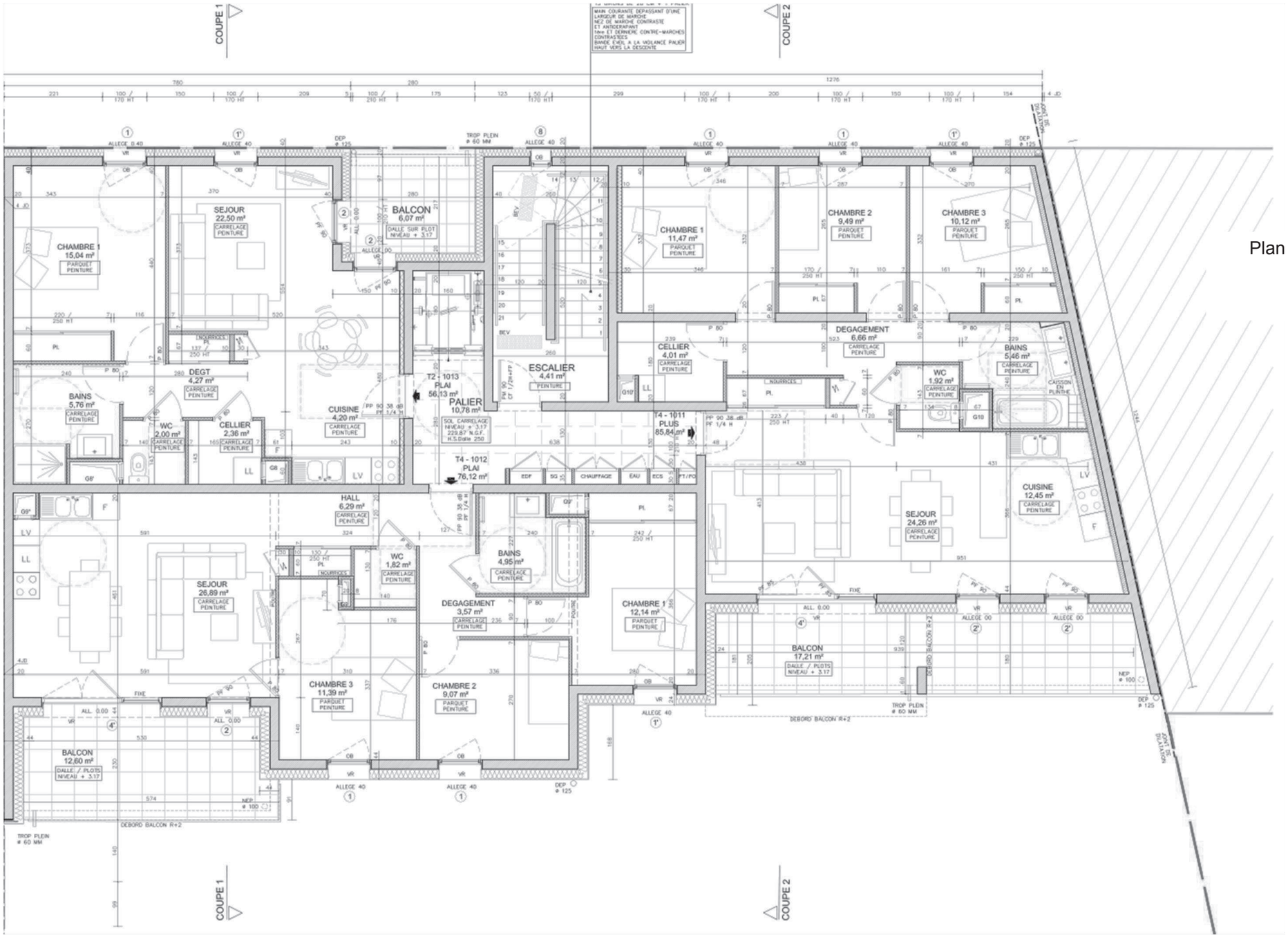




Coupe A-A (sans échelle)

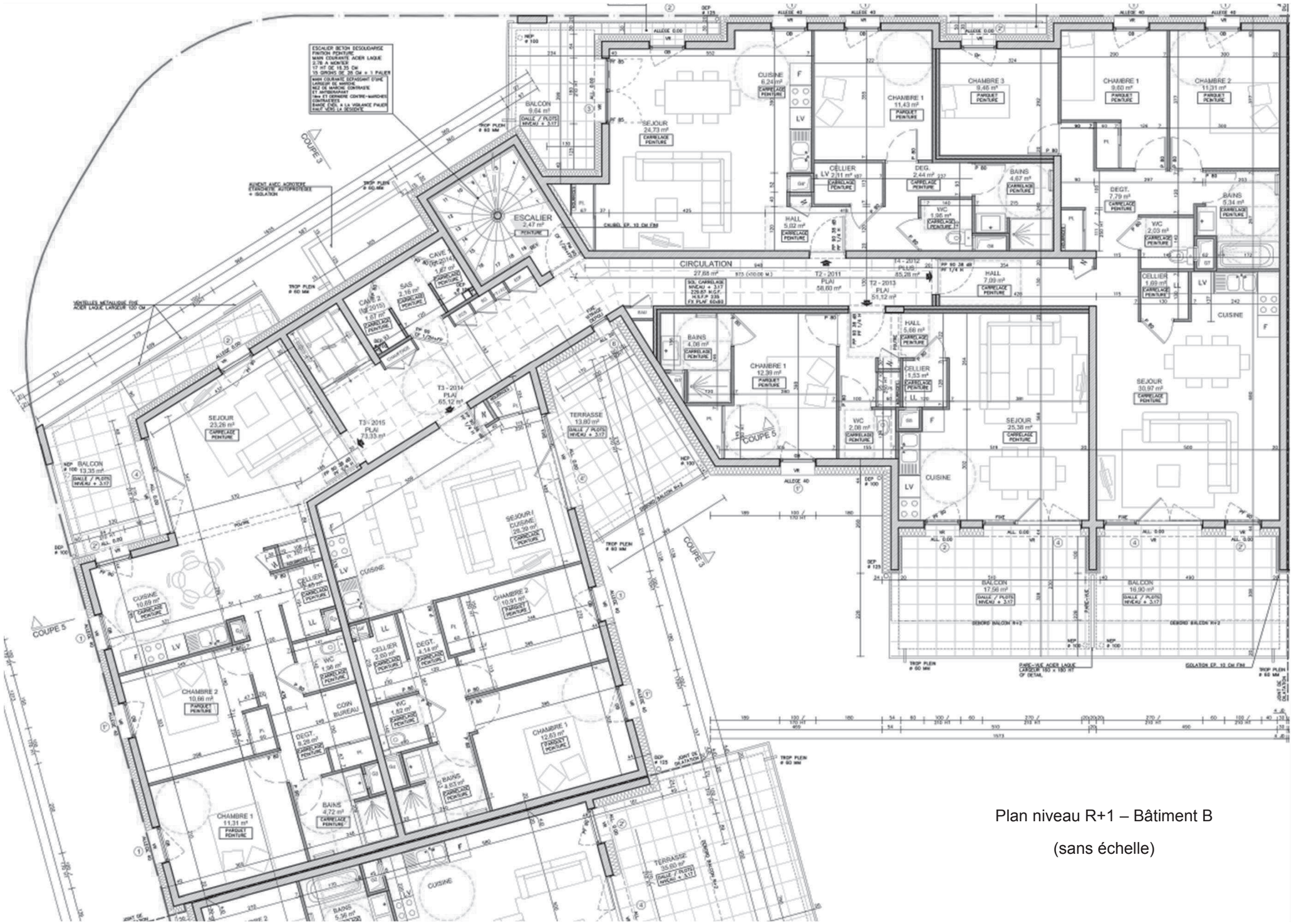
N°	Barre	Lg	Forme
1	3 HA16	536	37 / 10 ; 135° ; 505
2	3 HA16	355	355
3	3 HA10	163	10 / 28 ; 135 135°
4	3 HA20	436	436
5	3 HA14	186	186
6	3 HA8	472	472
7	3 HA8	131	8 / 8 ; 135° ; 122
8	23 HA8	161	52 ; 23
9	33 HA8	125	52
10	3 HA16	255	255
11	3 HA10	174	11 / 10 ; 135° ; 162
12	3 HA8	368	368
13	3 HA16	438	6 / 12 ; 135° ; 426

Document technique DT7 : plan d'un étage courant des bâtiments



Plan niveau R+1 – Bâtiment A

(sans échelle)



Plan niveau R+1 – Bâtiment B

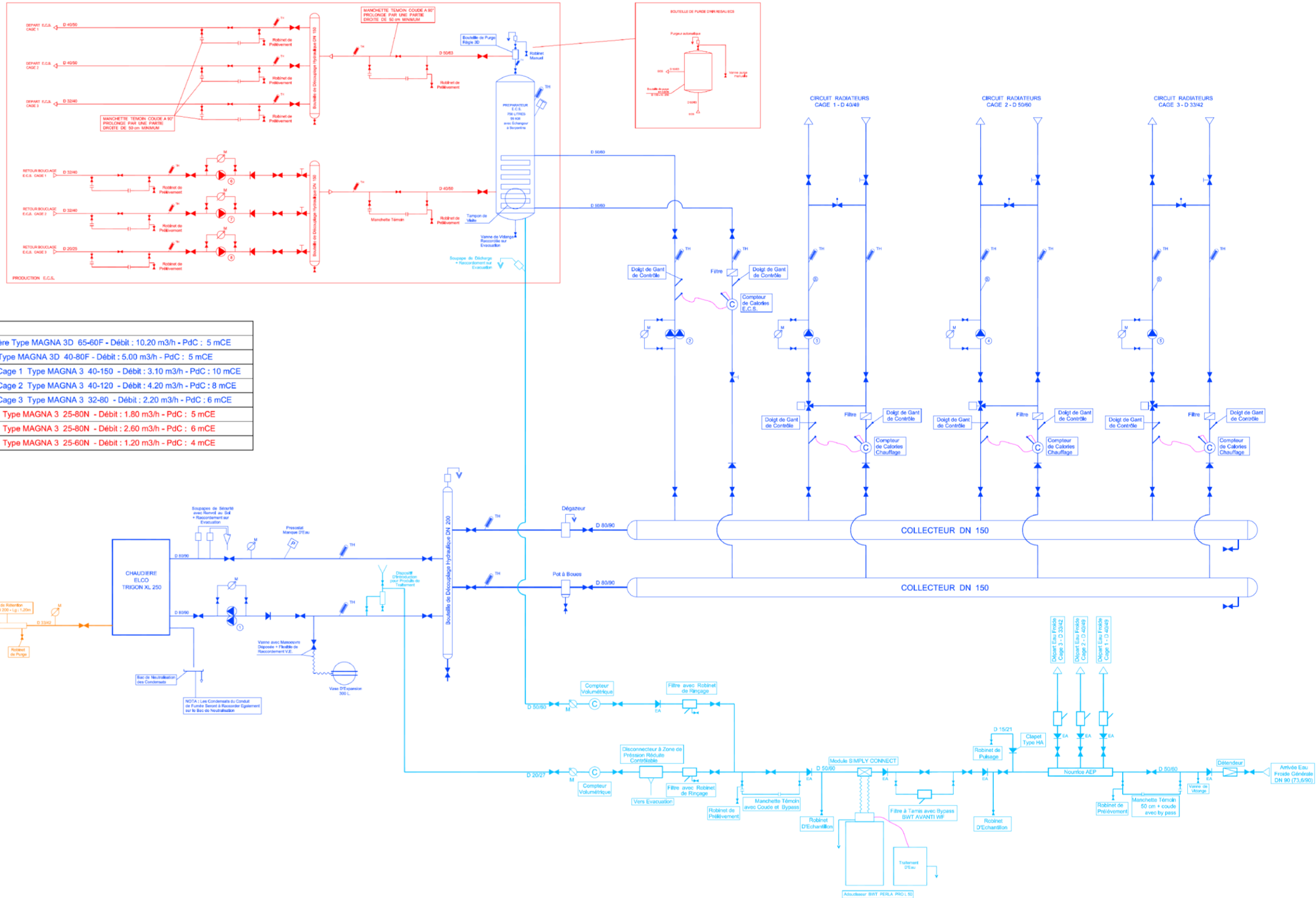
(sans échelle)

Plan niveau R+1 – Bâtiment C

(sans échelle)

Document technique DT8 : schéma de principe CVC

	POMPES
1	Pompe de Charge Double Chaudière Type MAGNA 3D 65-60F - Débit : 10.20 m3/h - PdC : 5 mCE
2	Pompe de Charge Double E.C.S. Type MAGNA 3D 40-80F - Débit : 5.00 m3/h - PdC : 5 mCE
3	Pompe de Circulation Radiateurs Cage 1 Type MAGNA 3 40-150 - Débit : 3.10 m3/h - PdC : 10 mCE
4	Pompe de Circulation Radiateurs Cage 2 Type MAGNA 3 40-120 - Débit : 4.20 m3/h - PdC : 8 mCE
5	Pompe de Circulation Radiateurs Cage 3 Type MAGNA 3 32-80 - Débit : 2.20 m3/h - PdC : 6 mCE
6	Pompe de Bouclage ECS Cage 1 Type MAGNA 3 25-80N - Débit : 1.80 m3/h - PdC : 5 mCE
7	Pompe de Bouclage ECS Cage 2 Type MAGNA 3 25-80N - Débit : 2.60 m3/h - PdC : 6 mCE
8	Pompe de Bouclage ECS Cage 3 Type MAGNA 3 25-60N - Débit : 1.20 m3/h - PdC : 4 mCE

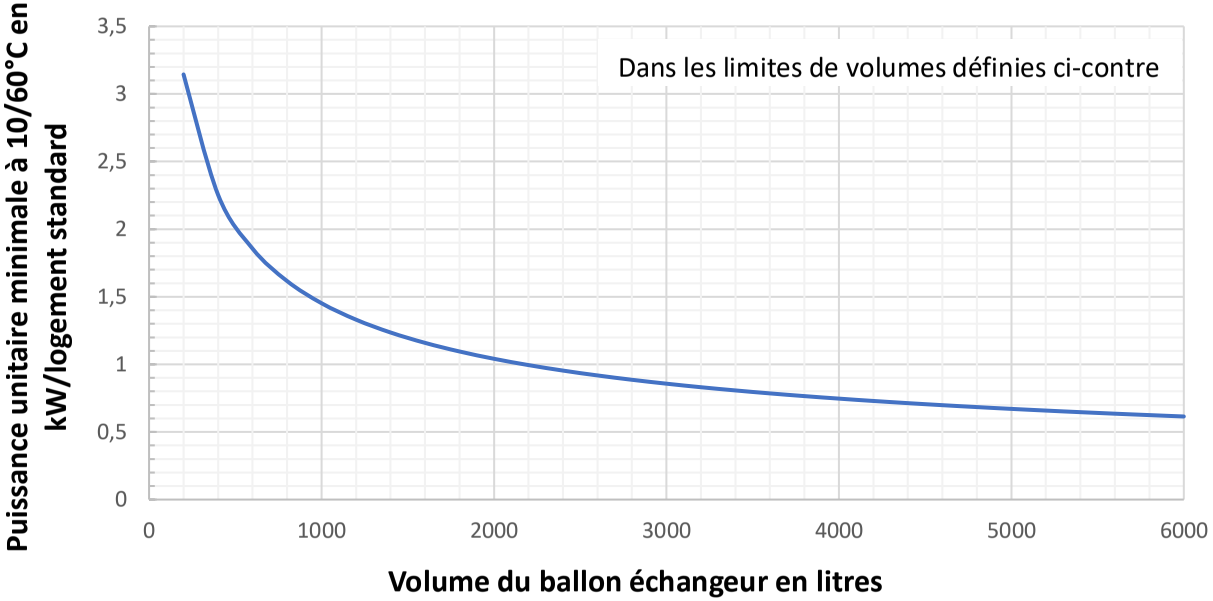


Document technique DT9 : dimensionnement ECS - méthode

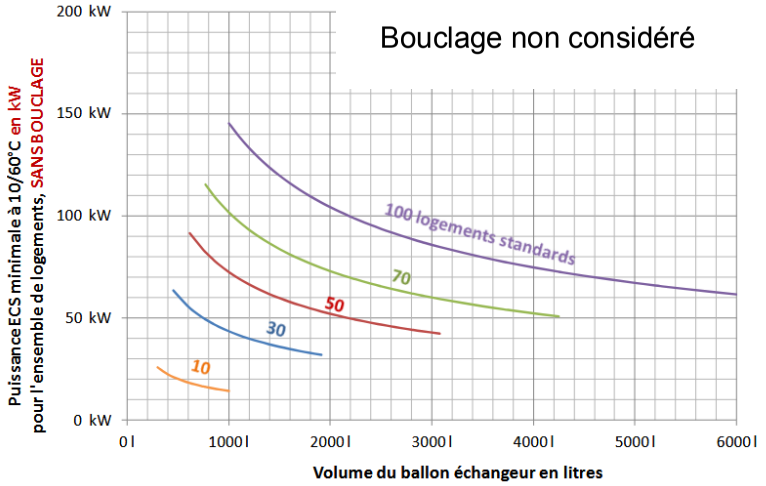
Type de logements	Coefficients d'équivalence	
	Parc social	Parc privé
T1	0,6	0,6
T2	0,7	0,7
T3	1	0,9
T4	1,4	1,1
T5	1,8	1,3
T6 ou plus	1,9	1,4

Coefficients d'équivalence pour le calcul du nombre de logements standards

Puissance nominale minimale de l'échangeur en kW par logement standard en fonction du volume du ballon échangeur à serpentin



PECS correspondantes et limites de volumes pour l'application de l'équation précédente



Tournez la page S.V.P.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES ET PERFORMANCES

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES		500 •			750 •			900 •			1000		
Largeur mini du ballon (mm)	Bride	680			800			800			800		
	Trou d'homme	–			–			880			880		
Cote de basculement[2]	mm	1980			1960			2240			2480		
Cote mini de mise en place de l'anode (mm) avec rehausses		2350			2685			3165			3410		
Hauteur mini du local pour installation	mm	2100			2135			2415			2660		
Poids cuve à vide (kg)	Bride	135			210			222			225		
	Trou d'homme	–			–			252			255		
Pertes thermiques[2] Ua (W/K)	SM1	1,472			1,852			2,139			2,250		
	TM0	1,311			1,646			1,899			1,997		
Capacité utile	L	494			734			854			972		
Pertes de charge	mbar	202			212			163			163		
Débit primaire	m^3/h	4			5			5			5		
Volume chauffé appoint élec. Bride[3]	L	389			576			582			700		
Volume chauffé appoint élec. TH[3]	L	-			-			582			700		
Température primaire	°C	70	80	90	70	80	90	70	80	90	70	80	90
Puissance à 60°C [4]	kW	55	81	104	68	99	127	79	115	148	79	115	148
Débit continu à 60°C [4]	L/h	954	1386	1788	1158	1698	2190	1362	1974	2538	1362	1974	2538
Puissance à 45°C [4]	kW	78	99	120	95	121	147	110	140	170	110	140	170
Débit continu à 45°C [4]	L/h	1902	2430	2958	2328	2976	3618	2694	3438	4170	2694	3438	4170
Débit 10 mn à 45°C [5]	L	632	651	668	919	935	938	1113	1114	1120	1233	1238	1239
Volume chauffe	L		-			-			532			650	
5 kW			-			-			6h15			7h30	
10 kW			-			-			3h05			3h45	

• Mise à terre possible avec hayon.

Document technique DT11 : performances de la pompe à chaleur

	Température extérieure	PAC HRC[70] 17 kW				PAC HRC[70] 20 kW				PAC HRC[70] 25 kW			
		Régime d'eau				Régime d'eau				Régime d'eau			
		30/35	40/45	47/55	55/65	30/35	40/45	47/55	55/65	30/35	40/45	47/55	55/65
P calorifique max	20 °C	20.5	20	19.5	18.5	24	23	22	21	30	29	28	26.5
COP nominal		5.67	4.38	3.7	3.01	5.34	4.25	3.61	2.95	5.34	4.25	3.61	2.95
P calorifique max	15 °C	20	19	18	17.5	23.5	22.5	21	20	28.5	27	26	25
COP nominal		5.56	4.29	3.46	2.84	5.24	4.17	3.37	2.78	5.24	4.17	3.37	2.78
P calorifique max	12 °C	18.5	18	17.25	16.5	22.5	21	20	19	26.5	25.5	24.5	23.5
COP nominal		5.31	4.14	3.36	2.7	5.01	4.03	3.31	2.69	5.01	4.03	3.31	2.67
P calorifique max	7 +C	17	16.5	15.75	15	20	18.5	17	16	23.5	22.5	21.5	21
COP nominal		4.79	3.90	3.20	2.47	4.60	3.80	3.20	2.56	4.60	3.80	3.20	2.48
P calorifique max	2 °C	15.75	15	14.50	14	17.5	16.5	16	15.5	21.5	20.5	20	19.25
COP nominal		3.70	3.10	2.70	2.15	3.70	3.10	2.70	2.06	3.40	2.90	2.50	1.99
P calorifique max	-7 °C	14	13	12.5	12	15.5	15	14.75	14.5	18.5	18.25	18	17.5
COP nominal		3.22	2.78	2.27	1.89	3.18	2.70	2.22	1.87	3.15	2.60	2.20	1.86
P calorifique max	-10 °C	13	12	11.5	10.75	14.5	14	13.5	12.75	17.5	17	16.5	15.5
COP nominal		2.96	2.56	2.09	1.74	2.93	2.48	2.04	1.72	2.90	2.39	2.02	1.71
P calorifique max	-15 °C	11	10	9.5	9	12	11.5	11	10	15	14.5	14	13
COP nominal		2.70	2.33	1.90	1.79	2.66	2.26	1.86	1.75	2.64	2.18	1.84	1.72
P calorifique max	-20 °C	9.5	8.5	7.75	7.5	11	10.5	10	9.75	13.5	13	12.5	12
COP nominal		2.48	2.14	1.75	1.66	2.45	2.08	1.71	1.62	2.43	2.00	1.69	1.61

Modèle CMEN v3

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Candidat :

Né(e) le : / /

Cadre réservé aux candidats de concours de recrutement et examens professionnels

Concours : ..... **Option / Section :** ..... **N° d'inscription :**

Cocher une seule case parmi les six types de concours suivants :

☐ externe ☐ 3e externe ☐ externe spécial ☐ interne ou 1er interne ☐ 2nd interne ☐ 2nd interne spécial

Cocher public OU privé UNIQUEMENT pour les concours enseignants : ☐ public ☐ privé

Examen professionnel pour l'avancement au grade de : .....

Cadre réservé aux candidats d'examens et du concours général

Examen : ..... **Série / Spécialité :** .....

Epreuve - Matière : ..... **Session :** .....

EAE SIC 3

DR1 - DR2

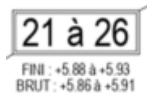
Tous les documents réponses sont à rendre, même non complétés.

Tournez la page S.V.P.

H

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

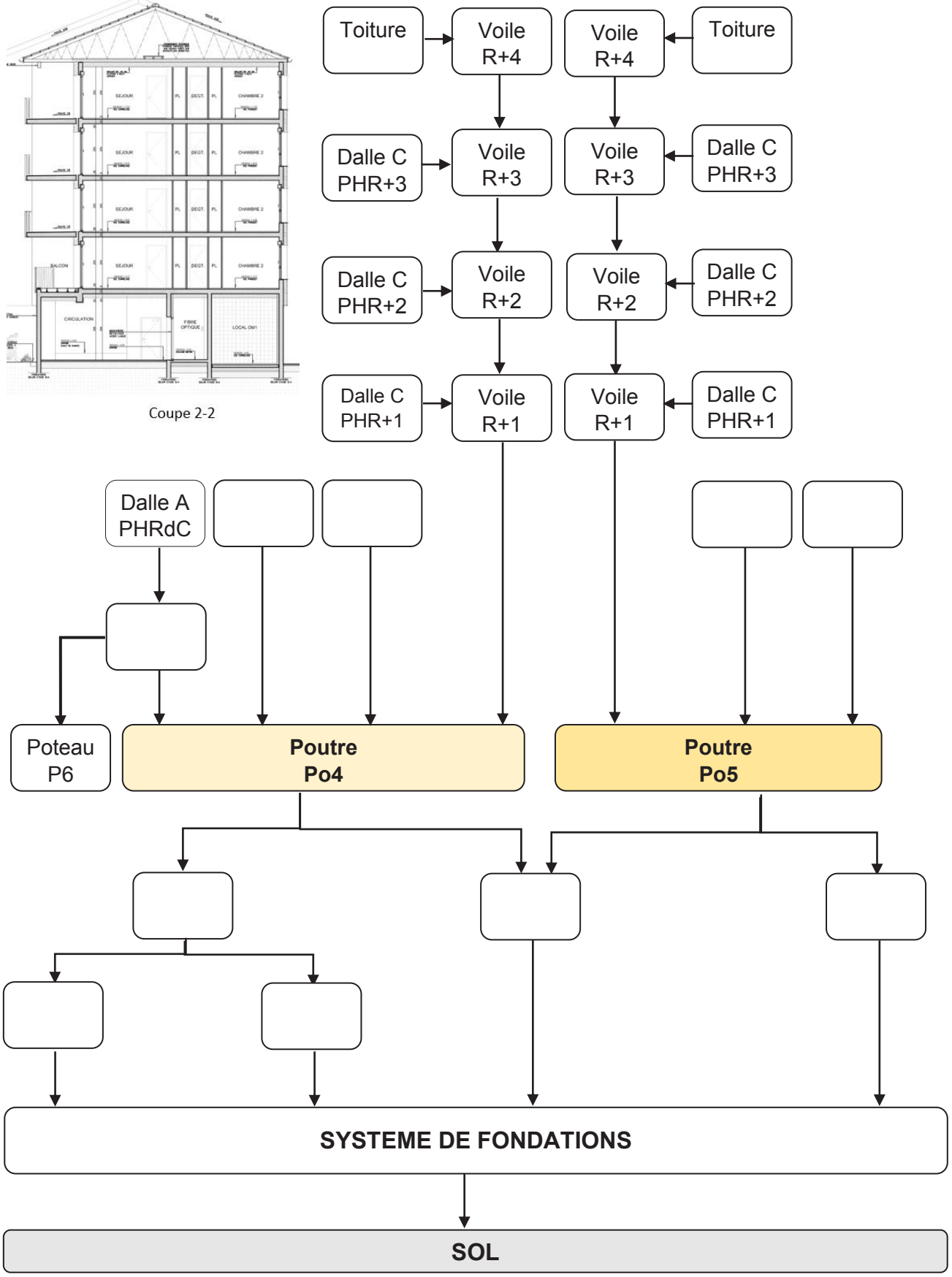
Document Réponse DR1 : analyse structurelle et fonctionnelle de la structure porteuse

Repérage des éléments Bâtiment A	**Nom de l'élément en BA**	**Dimensions (cm)**	**Comportement mécanique et sollicitation**
A.Po4			
A.M26	Voile n°26		
A.P9			Transfert les efforts verticalement en compression pure jusqu'aux fondations.
A.PV1			
			
A.L10		20 x 48 ht	
A.BNC1			

<u>Fonctions à assurer par la structure porteuse</u> :

Document Réponse DR2 : organigramme du cheminement des efforts

Coupe 2-2



Modèle CMEN v3

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Candidat :

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

Cadre réservé aux candidats de concours de recrutement et examens professionnels

Concours : ..... **Option / Section :** ..... **N° d'inscription :** ☐☐☐

Cocher une seule case parmi les six types de concours suivants :

☐ externe ☐ 3e externe ☐ externe spécial ☐ interne ou 1er interne ☐ 2nd interne ☐ 2nd interne spécial

Cocher public OU privé UNIQUEMENT pour les concours enseignants : ☐ public ☐ privé

Examen professionnel pour l'avancement au grade de : .....

Cadre réservé aux candidats d'examens et du concours général

Examen : ..... **Série / Spécialité :** .....

Epreuve - Matière : ..... **Session :** .....

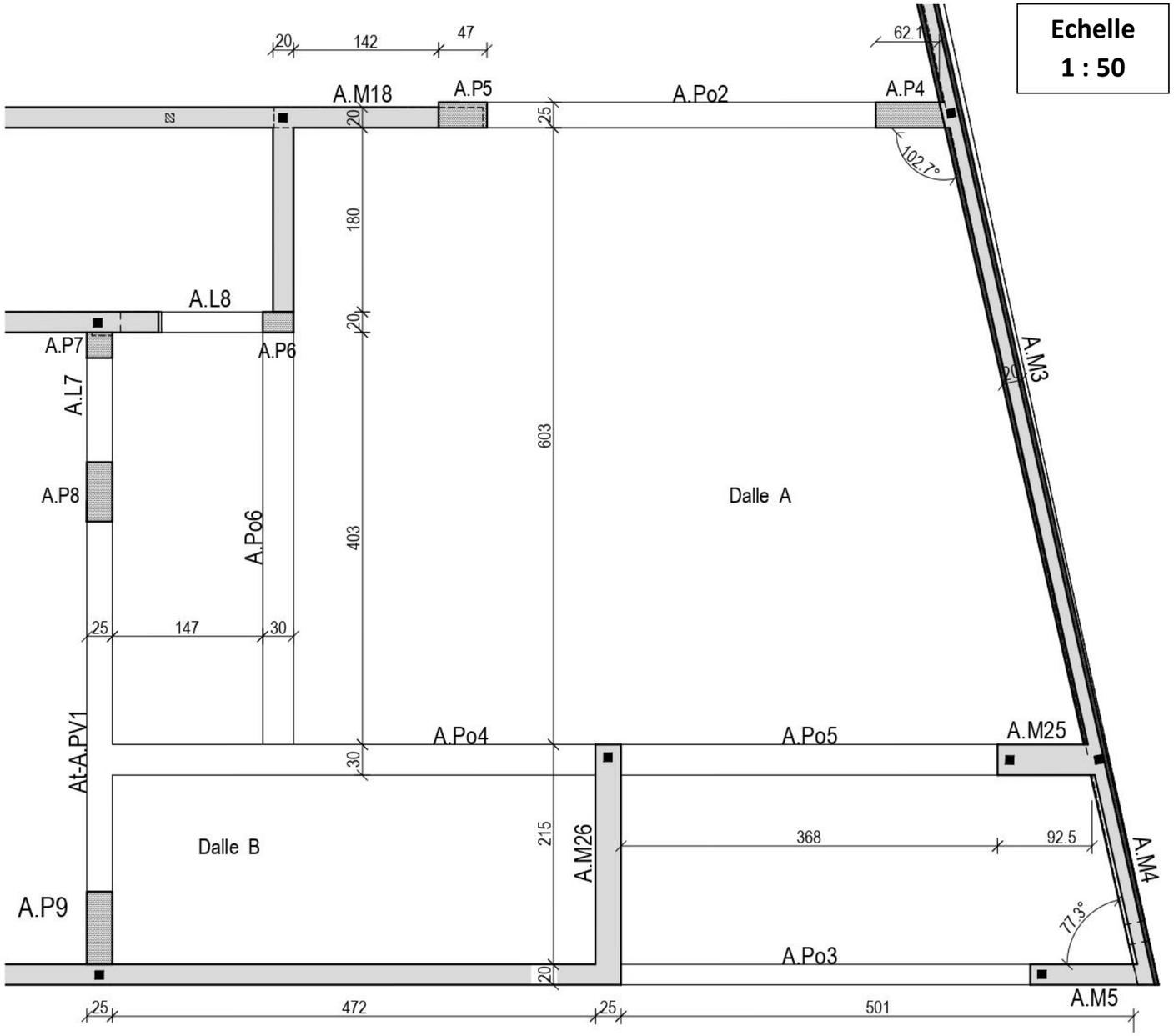
EAE SIC 3

DR3

Tous les documents réponses sont à rendre, même non complétés.

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document Réponse DR3 : découpage des zones de dalles reprises par les porteurs linéaires



Echelle
1 : 50

Calculs de l'aire des surfaces :

Modèle CMEN v3

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Candidat :

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

Cadre réservé aux candidats de concours de recrutement et examens professionnels

Concours : ..... **Option / Section :** ..... **N° d'inscription :** ☐☐☐

Cocher une seule case parmi les six types de concours suivants :

☐ externe ☐ 3e externe ☐ externe spécial ☐ interne ou 1er interne ☐ 2nd interne ☐ 2nd interne spécial

Cocher public OU privé UNIQUEMENT pour les concours enseignants : ☐ public ☐ privé

Examen professionnel pour l'avancement au grade de : .....

Cadre réservé aux candidats d'examens et du concours général

Examen : ..... **Série / Spécialité :** .....

Epreuve - Matière : ..... **Session :** .....

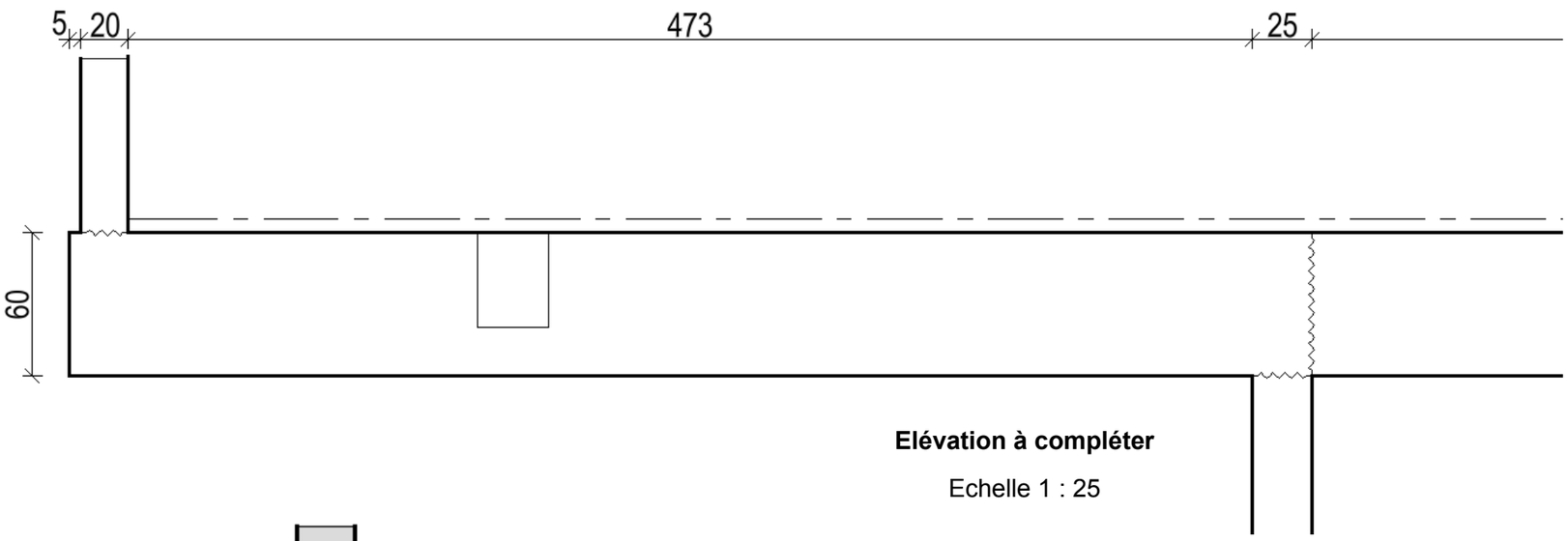
EAE SIC 3

DR4

Tous les documents réponses sont à rendre, même non complétés.

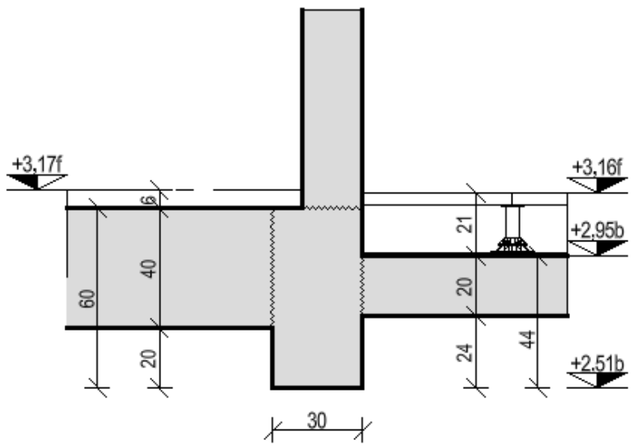
NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document Réponse DR4 : plans d'armatures de la poutre définitive réalisée



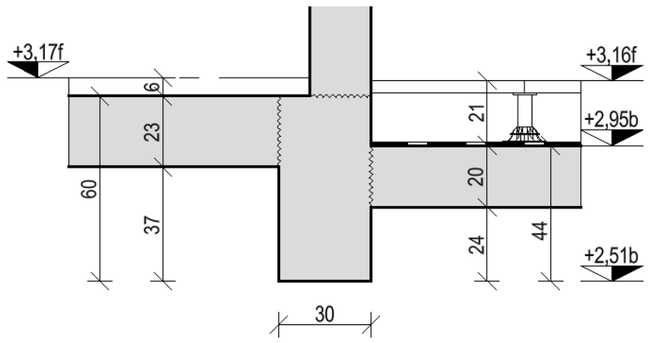
Elévation à compléter

Echelle 1 : 25



Détail n°2 à compléter

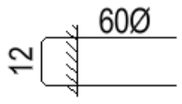
Liaison Po4 - Po6. Echelle 1 : 20



Détail n°1 à compléter

Liaison Po4 - Po5. Echelle 1 : 20

BA.1: START HA8 (e20)



NOMENCLATURE des armatures

N°	Barre	Forme
1	3 HA20	472
2	3 HA20	472
3	3 HA12	22 70
4	3 HA12	85 22
5	3 HA12	18 70
6	3 HA12	85 20
7	3 HA8	110 18
8	2 HA8	472
9	3 HA8	472
10	3 HA12	22 125
11	3 HA12	105 22
12	3 HA20	245
13	3 HA14	100
14	3 HA20	Coupleurs lg 205
15	3 HA14	Coupleurs lg 80
16	28 cadres HA10 28 étriers HA10 28 épingles HA6	54 24

Espacement des armatures transversales :

10 | 2x11 | 2x12 | 3x20 | 3x30 | 3x26 | 3x30 | 2x14 | 2x9 | 5x8 | 2x5 | 4

Document Réponse DR6 : bilan des puissances PAC et chaudière

		Unité	Valeurs					
0	$T_{extérieure}$		-10	-7	2	7	12	15
1	$T_{départ\ chauffage}$							
2	COP							
3	$P_{PACmaximale}$							
4	$P_{chaudière}$							

Modèle CMEN v3

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Candidat :

Né(e) le : ../../....

Cadre réservé aux candidats de concours de recrutement et examens professionnels

Concours : ..... **Option / Section :** ..... **N° d'inscription :**

Cocher une seule case parmi les six types de concours suivants :

☐ externe ☐ 3e externe ☐ externe spécial ☐ interne ou 1er interne ☐ 2nd interne ☐ 2nd interne spécial

Cocher public OU privé UNIQUEMENT pour les concours enseignants : ☐ public ☐ privé

Examen professionnel pour l'avancement au grade de : .....

Cadre réservé aux candidats d'examens et du concours général

Examen : ..... **Série / Spécialité :** .....

Epreuve - Matière : ..... **Session :** .....

EAE SIC 3

DR5 - DR6

Tous les documents réponses sont à rendre, même non complétés.

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document Réponse DR5 : données météorologiques

Températures moyennes quotidiennes saison de chauffe 2023/2024 [Nb jours.mois^{-1}]

$T_{extérieure}$ [°C]	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Oct-23															1		3	3	3	5	4	2
Nov-23							1	1	3	1		2	3	6	4	3	3	1		2		
Dec-25				1	2	1			3	3	5	2	4	3	3	2	1	1				
Jan-24		1		2	3	4	1		1	1	2	1	4	3	1	3	4					
Fev-24										3	1	2	5	6	1	6	3			1		
Mar-24											1	5	1	6		4	3	5	3	2		1
Apr-24										1	3	1	2		2	3	4	2	2	2	2	1

Nb jours.an^{-1}																						
Nb jours cumulés																						

Nombre de jours et jours cumulés annuels

Tournez la page S.V.P.

Document Réponse DR8 : bilan de consommation en énergie primaire

	Unité	Valeurs					
T_{ext}		-10	-7	2	7	12	15
COP							
[%] PAC							
Nb jours cumulés							

$E_{utile\ PAC}$							
$E_{élec}$							
E_{EP}							

Total

Modèle CMEN v3

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Candidat :

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

Cadre réservé aux candidats de concours de recrutement et examens professionnels

Concours : ..... **Option / Section :** ..... **N° d'inscription :** ☐☐☐

Cocher une seule case parmi les six types de concours suivants :

☐ externe ☐ 3e externe ☐ externe spécial ☐ interne ou 1er interne ☐ 2nd interne ☐ 2nd interne spécial

Cocher public OU privé UNIQUEMENT pour les concours enseignants : ☐ public ☐ privé

Examen professionnel pour l'avancement au grade de : .....

Cadre réservé aux candidats d'examens et du concours général

Examen : ..... **Série / Spécialité :** .....

Epreuve - Matière : ..... **Session :** .....

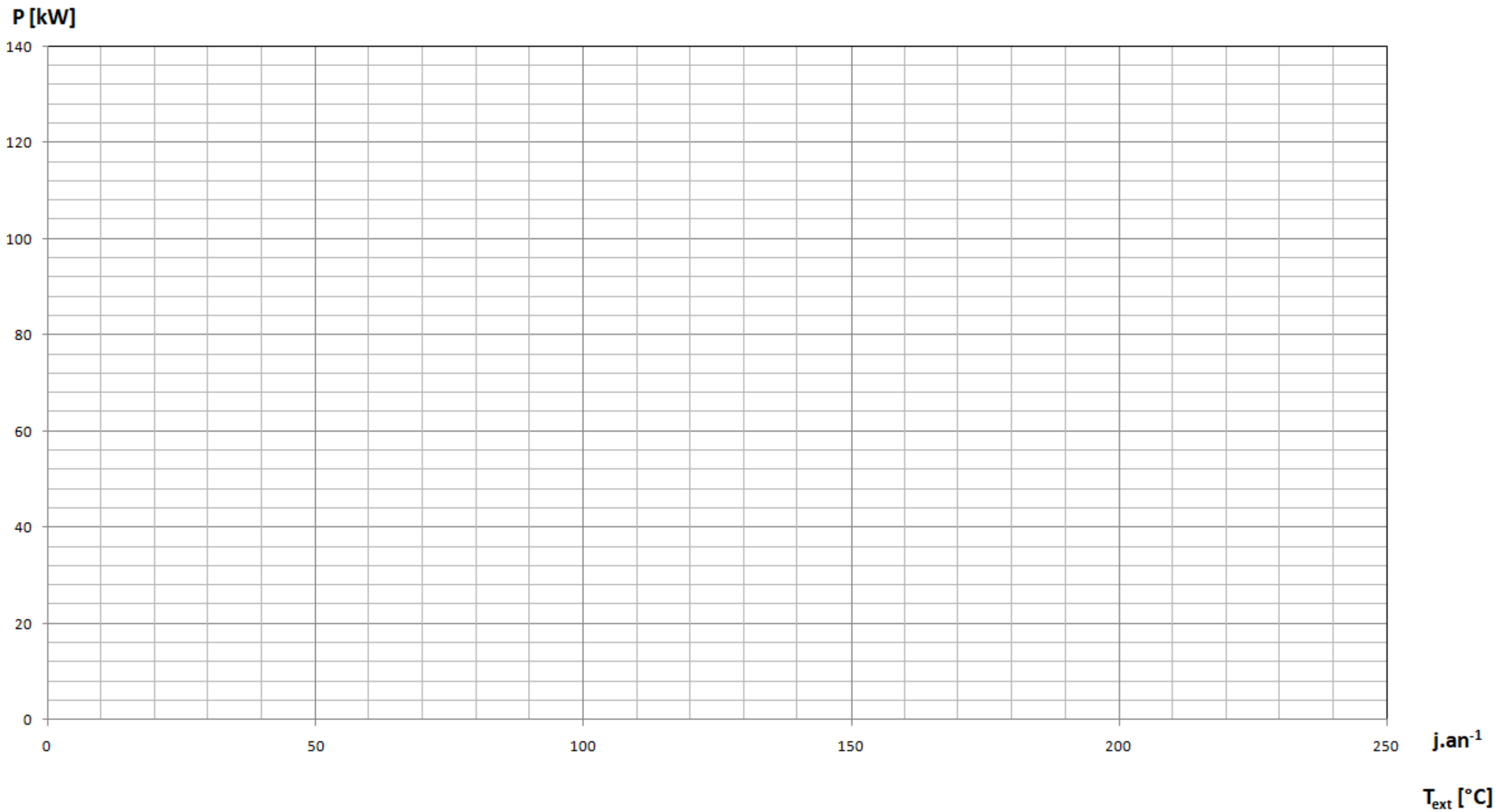
EAE SIC 3

DR7 - DR8

Tous les documents réponses sont à rendre, même non complétés.

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document Réponse DR7 : courbes des puissances



Tournez la page S.V.P.