



Ecole du Développement Durable

Construction d'une école du développement durable

Route de Bièvres
92290 Chatenay-Malabry

MAITRE D'OUVRAGE

Vallée Sud Grand Paris -
28 rue de la Redoute
92260 Fontenay-aux-Roses
Tél: 01.55.95.84.00



Mandataire du groupement et réalisateur
Bouygues Equipements Publics
1 Avenue Eugène Freyssinet
78061 Saint-Quentin-en-Yvelines
07.61.55.62.91



Architecte

HEMAA Architectes
24-32 rue des Amandiers
75020 Paris
01.43.56.05.06



BE Acoustique

Clarity Studio
5 rue de Charonne
75011 Paris
01.42.41.60.31



Paysagiste - Concepteur

Cobe
30 Boulevard Saint-Jacques
75014 Paris
01.43.66.38.30



Terrassement

Brézillon
9 rue de Rome
93290 Tremblay-en-France
06.61.11.72.75



BE TCE

FACEA
1 Place Jean-Baptiste Clément
Noisy le Grand
01.49.74.12.64



Paysagiste - Réalisateur

EURO-VERT
12 rue du 11 novembre 1918
94460 Valenton
01.43.89.04.04



BE Environnement

EODD
50 Rue Albert
75013 Paris
06.60.83.69.58



Exploitant

DALKIA
6 rue de la marnière
91800 Boussy Saint-Antoine
01.69.00.11.10



D_06_Notice Structurelle

PRO
Juillet 2025

-	28/07/2025	1 ^{ère} émission
INDICE :	DATE :	MODIFICATIONS :

SOMMAIRE

1	OBJET DE L'ETUDE.....	4
2	PRESENTATION DU PROJET	4
2.1	LOCALISATION	4
2.2	DOCUMENTS DE REFERENCE	4
3	HYPOTHESES COMMUNES	5
3.1	REGLES ET NORMES APPLIQUEES	5
3.2	CLASSE D'EXECUTION	7
3.2.1	Structures en béton armé.....	7
3.2.2	Structures métalliques.....	7
3.2.3	Classe de service des structures bois	7
3.2.4	Catégorie géotechnique de projet.....	7
3.3	HYPOTHESES GENERALES DE CALCULS	7
3.3.1	Hypothèses de charge	7
3.3.2	Protection au feu	10
3.3.3	Déformations et flexibilité	10
4	SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES MATERIAUX.....	13
4.1	BETON.....	13
4.2	ARMATURES	13
4.3	BOIS.....	13
4.4	CHARPENTE METALLIQUE.....	13
5	PRINCIPE CONSTRUCTIF ET DESCRIPTIF DES OUVRAGES.....	14
5.1	JOINT DE DILATATION	14
5.2	INFRASTRUCTURE	15
5.2.1	Résultats généraux géotechnique et hydrogéologie.....	15
5.2.2	Principe des fondations & préconisations en infrastructure	16
5.3	SUPERSTRUCTURE.....	17
5.3.1	Structure verticale	17
5.3.2	Structure horizontale	18
5.3.3	Contreventement et stabilité	19
5.3.4	Ouvrages divers	20

1 OBJET DE L'ETUDE

La présente notice a pour objet d'exposer les principes et les hypothèses de conception qui ont été adoptés dans le cadre du PRO relatif à l'opération de **construction d'une école du développement durable, de la ressourcerie, et de l'espace renaturé de la zone urbaine de la Sygrie à CHATENAY-MALABRY (92290).**

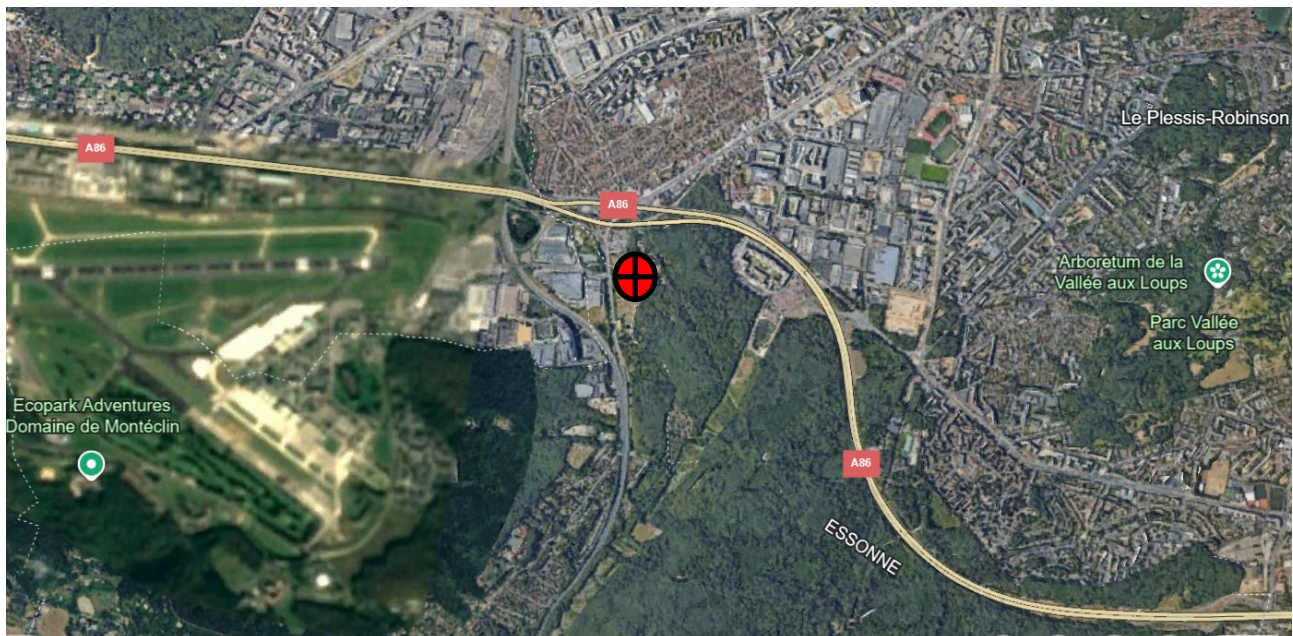
Le présent document concerne l'aspect structurel de l'opération et décrit les travaux des fondations, gros œuvre (BA), charpente bois et du mixte bois-béton, ainsi que l'ossature métallique et mixte acier-béton en édifices.

2 PRESENTATION DU PROJET

L'objet du projet est la construction d'un bâtiment mutualisé entre l'Ecole du Développement Durable et la Ressourcerie. Il se développe en 5 niveaux (SS au R+2 ainsi qu'un niveau d'édicules).

2.1 LOCALISATION

Le terrain se situe sur la commune de CHATENAY-MALABRY.



Source : Google Earth

2.2 DOCUMENTS DE REFERENCE

- études géotechniques :
 - rapport d'Etude des investigations Géotechniques - Mission d'investigations géotechniques selon les termes de la norme NF P 94-500 - Référence n°2022/00703/PARIS du 03 juin 2022 Réalisé par GEOTEC France
 - rapport d'Etude Géotechnique - Mission G2 PRO géotechniques selon les termes de la norme NF P 94-500 - Référence n° LGEN.O.0311 du 18 octobre 2024 Réalisé par GINGER.
- autres documents techniques :
 - plans et coupes architecturales
 - notice acoustique

3 HYPOTHESES COMMUNES

3.1 REGLES ET NORMES APPLIQUEES

L'Entrepreneur du présent lot est tenu de respecter les lois, décrets, arrêtés et règlements administratifs qui s'appliquent à cette réalisation et les normes et documents qui régissent techniquement les travaux objet du présent Descriptif.

En cas de discordance entre ces différents documents, celui de date la plus récente fait foi.

La liste des documents rappelée ci-dessous n'est pas limitative. Tous les documents en vigueur à la date de remise de l'offre sont réputés connus de l'Entrepreneur.

EUROCODE 0

- NF EN 1990 (mars 2003) : Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures (Indice de classement : P06-100-1)
- NF P06-100-2 (juin 2004) : Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures - Partie 2 : Annexe nationale à la NF EN 1990 (Indice de classement : P06-100-2)
- NF EN 1990/A1 (juillet 2006) : Eurocode - Bases de calcul des structures - Amendement A1 (Indice de classement : P06-100-1/A1)
- NF EN 1990/A1/NA (décembre 2007) : Eurocode - Bases de calcul des structures - Annexe nationale à la NF EN 1990/A1 (Indice de classement : P06-100-1/A1/NA)

EUROCODE 1

- NF EN 1991-1-1 (mars 2003) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments (Indice de classement : P06-111-1)
- NF P06-111-2 (juin 2004) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments - Partie 2 : Annexe nationale à la NF EN 1991-1-1 + Amendement A1 (mars 2009) (Indice de classement : P06-111-2)
- NF EN 1991-1-2 (juillet 2003) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-2 : Actions générales - Actions sur les structures exposées au feu (Indice de classement : P06-112-1)
- NF EN 1991-1-2/NA (février 2007) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-2 : Actions générales - Actions sur les structures exposées au feu - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-2 (Indice de classement : P06-112-2/NA)
- NF EN 1991-1-3 (avril 2004) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige (Indice de classement : P06-113-1)
- NF EN 1991-1-3/NA (mai 2007) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-3 (Indice de classement : P06-113-1/NA)
- NF EN 1991-1-4 (novembre 2005) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent (Indice de classement : P06-114-1)
- NF EN 1991-1-4/NA (mars 2008) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4 (Indice de classement : P06-114-1/NA)

EUROCODE 2

- NF EN 1992-1-1 (octobre 2005) : Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments (Indice de classement : P18-711-1)
- NF EN 1992-1-1/NA (mars 2007) : Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments - Annexe nationale à la NF EN 1992-1-1 (Indice de classement : P18-711-1/NA)
- NF EN 1992-1-2 (octobre 2005) : Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu (Indice de classement : P18-712-1)

EUROCODE 3

- NF EN 1993-1-1 Octobre 2005 Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments (P22-311-1:2005-10, NA:2007-05, NA:2013-08, A1:2014-07, NA/A1:2017-03)
- NF EN 1993-1-2 Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Partie 1-2 : règles générales – Calcul du comportement au feu (P22-312-1:2005-11)
- NF EN 1993-1-3 Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Partie 1-3 : Règles générales — Règles supplémentaires pour les profilés et plaques formés à froid (P22-313:2007-03, NA:2007-10)
- NF EN 1993-1-8 Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Partie 1-8 : calcul des assemblages (P22-318-1:2005-12, NA:2007-07)

EUROCODE 4

- NF EN 1994-1-1 : Eurocode 4 - Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments - Annexe nationale à la NF EN 1994-1-1/NA (P22-411-1/NA)
- NF EN 1994-1-2 : Eurocode 4 - Partie 1-2: Règles générales - Calcul du comportement au feu - Annexe nationale à la NF EN 1994-1-2/NA (P22-412-1/NA)

EUROCODE 5

- NF EN 1995-1-1 (novembre 2005) Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-1 : Généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments + Amendement A1 (P21-711-1 : 2005-11, A1 : 2008-10, NA :2010-05, A2 : 2014-07).
- NF EN 1995-1-2 (septembre 2005) : Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-2 : Généralités - Calcul des structures au feu (P21-712-1 : 2005-09, NA : 2022-11)
- XP CEN/TS 19103 (janvier 2022) : Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Calcul des structures mixtes bois béton - Règles communes et règles pour les bâtiments (P21-730: 2005-09)

EUROCODE 6

- NF EN 1996-1-1 (mars 2006) : Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie - Partie 1-1 : Règles communes pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée (Indice de classement : P10-611-1)
- NF EN 1996-1-2 (septembre 2006) : Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie - Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu (Indice de classement : P10-612-1)
- NF EN 1996-1-2/NA (septembre 2008) : Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie - Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu - Annexe nationale à la NF EN 1996-1-2 (Indice de classement : P10-612-1/NA)
- NF EN 1996-2 (juin 2006) : Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie - Partie 2 : Conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries (Indice de classement : P10-620)
- NF EN 1996-2/NA (décembre 2007) : Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie - Partie 2 : Conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries - Annexe nationale à la NF EN 1996-2 (Indice de classement : P10-620/NA)
- NF EN 1996-3 (juin 2006) : Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie - Partie 3 : Méthodes de calcul simplifiées pour les ouvrages de maçonnerie non armée (Indice de classement : P10-630)

EUROCODE 7

- NF EN 1997-1 (juin 2005) : Eurocode 7 - Calcul géotechnique - Partie 1 : Règles générales (Indice de classement : P94-251-1)
- NF EN 1997-1/NA (septembre 2006) : Eurocode 7 - Calcul géotechnique - Partie 1 : Règles générales - Annexe nationale à la NF EN 1997-1 (Indice de classement : P94-251-1/NA)
- NF EN 1997-2 (septembre 2007) : Eurocode 7 - Calcul géotechnique - Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais (Indice de classement : P94-252)

3.2 **CLASSE D'EXECUTION**

3.2.1 **Structures en béton armé**

Les exigences pour ce projet sont définies conformément à la norme NF EN 13670 et aux critères de l'annexe B de la norme NF EN 1990 :

- classe d'exécution 2

3.2.2 **Structures métalliques**

La classe d'exécution des structures est déterminée à l'aide des « Recommandations pour la détermination des classes d'exécution selon la NF EN 1090-2 pour les structures en acier de bâtiment », de la CNCM, en date de janvier 2015, sur la base des hypothèses suivantes :

- classes de conséquences : CC2
- catégorie de service : SC1
- catégorie de production : PC2

Les exigences pour ce projet sont donc les suivantes :

- classe d'exécution des structures métalliques : EXC2

3.2.3 **Classe de service des structures bois**

Conformément à l'article 2.3.1.3 de la norme NF EN 1995-1, les exigences pour ce projet sont les suivantes :

- classe de service des structures bois : 1 et 2 suivant localisation.

3.2.4 **Catégorie géotechnique de projet**

La catégorie géotechnique du projet est définie conformément aux annexes des normes d'application de l'Eurocode 7 :

- catégorie géotechnique de projet : 2.

3.3 **HYPOTHESES GENERALES DE CALCULS**

3.3.1 **Hypothèses de charge**

3.3.1.1 **Charges permanentes et surcharges permanentes**

	Surcharges permanentes
Béton armé	2500 daN/m ³
Faux plafonds	30 daN/m ²
Cloisons légères	80 daN/m ²
Sol souples	5 daN/m ²
Terres végétales	2100 daN/m ²
Equipements techniques	Selon fiches techniques
Chape	2200 daN/m ²

3.3.1.2 Surcharges d'exploitation

Local	Nb	Charges d'exploitation
Hall	1	400 daN/m ²
Vestiaires	1	400 daN/m ²
Escalier		400 daN/m ²
Circulations		400 daN/m ²
Restauration / Salle pique-nique	2	400 daN/m ²
Salle conférence	1	400 daN/m ²
Bureau gardien	1	400 daN/m ²
Local ménage	1	400 daN/m ²
Local déchet	1	400 daN/m ²
Local Vélo	1	400 daN/m ²
Boutique	1	500 daN/m ²
Espace de vente principal	1	500 daN/m ²
Stockage (Espace de déchargement VSR)	1	900 daN/m ²
Sanitaires		400 daN/m ²
Patio	1	400 daN/m ²
Dépôt particulier	1	500 daN/m ²
Parking		250 daN/m ²
LOCAUX TECHNIQUES		
Eau	1	500 daN/m ²
VDI	1	400 daN/m ²
TGBT	1	400 daN/m ²

Charges d'exploitation dans les locaux techniques

L'entrepreneur effectue les calculs de résistance et de déformation pour les trois cas de charges suivants :

- charge d'exploitation égale à 5 kN/m² réparties uniformément sur la totalité du local ;
- charges en fonction de l'implantation définitive et du poids des équipements techniques effectivement mis en place, en considérant par ailleurs une charge d'exploitation de maintenance répartie autour des équipements de 1,5 kN/m² ;
- charges sur le chemin d'approvisionnement des équipements : charge roulante correspondant aux poids des équipements lors de leur installation.

L'entrepreneur considère l'enveloppe de ces trois cas de charge.

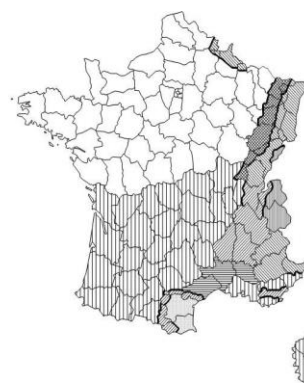
3.3.1.3 Actions climatiques – Neige (S)

D'après la norme NF EN 1991-1-3 et son annexe nationale, les caractéristiques du site vis-à-vis de la neige sont les suivantes :

- Région A1 ;
- Sk = 45 daN/m² ;

Selon la clause 5.2 (6) de l'annexe nationale de l'Eurocode 1-3, la surcharge supplémentaire :

- de 20 daN/m² est prise en compte dès lors que la toiture comporte des zones dont la pente est inférieure à 3% ;
- de 10 daN/m² est prise en compte dès lors que la toiture comporte des zones dont la pente est comprise entre 3% et 5%.



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

(charges en kN/m^2)

3.3.1.4 Actions climatiques - Vent (W)

D'après la norme NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale, les caractéristiques du site vis-à-vis du vent sont les suivantes :

- Région 2 ;
- $V_{b,0} = 24 \text{ m/s}$;
- Rugosité de type II

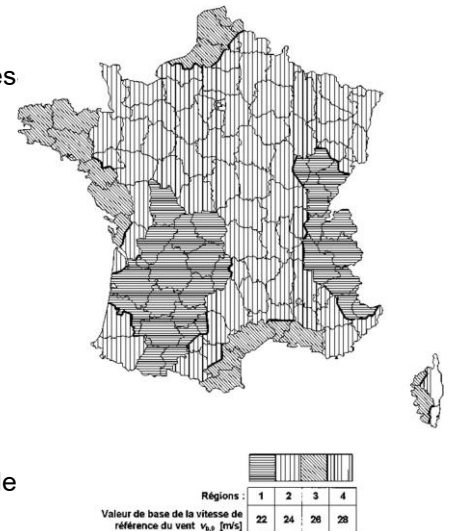
Les efforts de vent sont pris en compte conformément à la NF EN 1991-1-4.

3.3.1.5 Actions sismiques

Zone de sismicité :

- **Zone 1 – très faible**

Aucune exigence. Le risque sismique ne sera pas pris en compte dans l'étude et le dimensionnement des structures.



3.3.1.6 Charges thermiques

Les dimensions du bâtiment, égal à 43x 52 m, sont supérieures aux dimensions admises dans l'annexe nationale de l'Eurocode 2 pour négliger les effets de variations linéaires en plan.

Les effets du retrait et de la dilatation thermique doivent donc être intégrés dans les calculs pour le dimensionnement des ferrillages.

L'effet des différences de variations de températures uniformes est déterminé conformément à la norme NF EN 1991-1-5 et son annexe nationale : $\Delta T_u = T - T_0$.

Les valeurs de T sont données dans la clause 5.3 (2) de l'annexe nationale et aux tableaux 5.1 et 5.2 de l'Eurocode 1 partie 5.

Pour les valeurs des températures T_{\max} et T_{\min} , les valeurs à prendre en compte sont celles définies dans le tableau de l'annexe nationale, au chapitre 6.1.3.2., pour le département Ville de Paris :

- $T_{\max} = 40^\circ \text{C}$
- $T_{\min} = -20^\circ \text{C}$.

En phase provisoire, les efforts liés aux variations thermiques sont à prendre en compte pour tous les ouvrages en considérant $T_0 = 10^\circ \text{C}$, soit : $\Delta T_u = xxx$

En phase définitive les efforts liés aux variations thermiques sont négligés pour les ouvrages situés à l'intérieur des bâtiments isolés.

En phase définitive les efforts liés aux variations thermiques pour les ouvrages extérieurs sont à prendre en compte en considérant $T_0 = 10^\circ \text{C}$, soit : $\Delta T_u = xxx$.

3.3.1.7 Actions sur les ouvrages de soutènement

Les calculs justificatifs de la stabilité des murs périmétriques contre terres et des éventuels talus prennent en compte les charges des matériels d'exécution et les charges d'exploitation, tant dans la phase travaux que dans la phase définitive.

Les charges en surface des sols et les poussées des terres et d'eau sont déterminées à partir des éléments suivants :

Charges de surface

- les zones chargées et les positions des charges mobiles dues au matériel de chantier sont choisies dans les conditions donnant les effets maximaux dans l'élément d'ouvrage concerné ;
- le poids volumique des couches de chaussées ou terre-plein extérieurs à l'emprise est égal à 20 kN/m^3 ;

Poussée des terres et d'eau

Les caractéristiques géotechniques des sols et de la nappe fluviale sont définies dans le rapport d'études géotechniques établi par la société GINGER.

3.3.2 Protection au feu

Les ossatures devront être stables au feu et coupe-feu, selon les degrés de protection exigés par la notice de sécurité et le rapport du contrôleur technique.

Les valeurs suivantes seront retenues (sous réserve de validation du contrôleur technique) :

- éléments porteurs verticaux : stabilité au feu de degré 1h (R60) ;
- parois entre les circulations horizontales et les locaux accessibles au public à risques courants : CF de degré 1 h (REI60) ;
- planchers : coupe-feu de degré 1 h (REI60) ;
- parois des locaux entre eux : PF de degré ½ h E30 tous les 300 m²
- Les éléments porteurs du parking sont stables au feu de degré 2 heures ou R 120 et le plancher haut sous-sol coupe-feu de degré 2 heures ou REI 120.

La stabilité au feu des ouvrages :

- en béton pourra être obtenue par un enrobage adapté, des dimensions suffisantes et des dispositions de ferrailage particulières ;
- des panneaux d'isolation thermique et sécurité incendie seront mis en œuvre en sous-face de la dalle haute du sous-sol ;
- en charpentes métalliques non visibles, par flocage, peinture intumescente ou encoffrement ;
- en charpentes métalliques visibles, par épaississement des profilés ;
- les planchers collaborants sont stables au feu par construction. Suivant l'ouvrage et le degré de stabilité au feu requis par la notice de sécurité, une protection supplémentaire par flocage est mise en œuvre si nécessaire ;
- en bois, par protection rapportée type plaque de plâtre ;
- en bois, par épaississement des sections ;
- sur la base de la Doctrine bois de la Préfecture de la préfecture de police de Paris du 20/07/2021, il est prévu un système de protection passive du CLT de plancher par mise en place de 2 plaques de BA18 en sous-face de plancher.

3.3.3 Déformations et flexibilité

3.3.3.1 Déformations verticales limites des planchers et couvertures

L'entrepreneur calcule les déformations des ouvrages sous l'effet des différentes combinaisons de charges à l'état limite de service.

Planchers en béton armé et précontraint

Les flèches sont définies et limitées conformément aux préconisations de la clause 7.4 de l'annexe nationale de la norme NF EN 1992.

La flèche totale sous combinaison de charges quasi-permanentes est limitée à $l/250$.

L'entrepreneur s'assure que les flèches nuisibles des poutres et dalles supportant des éléments fragiles sont conformes aux prescriptions de la norme FD P18-717 :

- pour les éléments reposant sur deux appuis
 - le $1/500^{\text{ème}}$ de la portée si $l < 7$ m
 - $1,4 \text{ cm} + (l-7\text{m})/1000$ si $l > 7$ m
- sur les éléments en porte-à-faux : $l/250$ avec limitation à 2,0 cm.

La flèche nuisible est estimée selon la méthode de calcul conventionnelle de la norme FD P18-717.

Il est rappelé ici qu'il est vain de rechercher une identité entre les flèches calculées et les flèches constatées en œuvre. La méthode de vérification prescrite ne constitue qu'un ensemble d'opérations ayant pour but de s'assurer, qu'en fonction des paramètres essentiels de la déformation, la structure présente une raideur acceptable eu égard aux fonctions qu'elle doit remplir.

Ossatures métallique et mixtes acier-béton

Les flèches sont limitées aux valeurs recommandées par la clause 7.2.1 de l'annexe nationale de la norme NF EN 1993 et en particulier :

Conditions	Limites	
	w_{max}	w_3
Toitures en général	L/200	L/250
Toitures supportant fréquemment du personnel autre que le personnel d'entretien	L/200	L/300
Planchers en général, $L < 7m$	L/200	L/300
Planchers et toitures supportant des cloisons en plâtre ou en autres matériaux fragiles ou rigides	L/250	L/350
Planchers supportant des poteaux	L/400	L/500
Cas au w_{max} peut nuire à l'aspect du bâtiment	L/250	
$L > 7m$	35 mm	23 mm

Ossature bois

Les flèches sont limitées aux valeurs recommandées par la clause 7.2. de l'annexe nationale de la norme NF EN 1995.

En plus des valeurs recommandées, les flèches variables des ossatures bois, sont limitées à $l/500$.

Les flèches du second œuvre w_2 , indiquées sur les DTU ou avis techniques, doivent également être respectées pour les poutres et les panneaux bois qui supportent un ouvrage de second œuvre.

3.3.3.2 Vibrations**Ossature béton, acier, ou mixtes acier-béton**

Conformément à la norme NF EN 1990 — Annexe A1.4.4, il convient de limiter les vibrations des structures ouvertes à la circulation du public afin d'éviter un inconfort notable :

- Les fréquences propres des planchers neufs doivent être supérieures à 3 Hz sous une charge de $G+0,2 Q$.
- Les fréquences propres des volées d'escalier doivent être supérieures à 5 Hz sous une charge de $G+0,2 Q$.

Ossature bois et mixte acier-bois

Une étude vibratoire des planchers bois et ceux incluant la structure acier doit être menée par l'entreprise, et justifier le respect des critères vibratoires (accélération, fréquence propre, rigidité) selon le classement de l'annexe autrichienne de l'Eurocode 5.

Ces critères sont dimensionnants pour l'épaisseur du plancher CLT et le dimensionnement des poutres aciers.

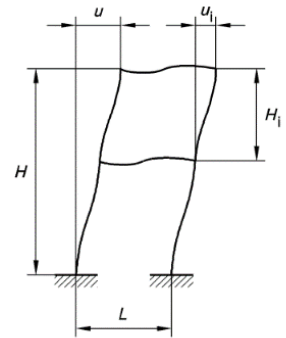
3.3.3.3 Déformations horizontales limites des planchers et couvertures**Ossatures métallique et mixtes acier-béton**

Les flèches sont limitées aux valeurs recommandées par la clause 7.2.2 de l'annexe nationale de la norme NF EN 1993-1-1 et en particulier :

Conditions	Limites
	u_{max}
Autres bâtiments à niveau unique, sans pont roulant :	
déplacement en tête de poteaux	$H_i / 250$
déplacement différentiel en tête entre 2 portiques consécutifs	$L_i / 200$
Autres bâtiments à plusieurs niveaux, sans ponts roulants :	
entre chaque étage	$H_i / 300$
pour la structure dans son ensemble :	si $H \leq 10 m$ $H / 300$
	si $10 m < H \leq 30 m$ $H / (200 + 10H)$
	si $H > 30 m$ $H / 500$

où :

- H_i est la hauteur du poteau ou de l'étage ou du montant de bardage ;
- H est la hauteur totale de la structure ;
- L_i est la distance entre deux portiques consécutifs ou la longueur d'une lisse.



3.3.3.4 Déformations des ossatures supportant les façades

Les déformations admises des structures supportant les façades doivent être limitées sous charges nuisibles.

Les déplacements admissibles par les façades étant liés à la fois aux déplacements verticaux et horizontaux des planchers, ainsi qu'aux déplacements absolus et différentiels des planchers, les déplacements admissibles par les ossatures supports de façade doivent impérativement être coordonnés avec l'entreprise titulaire du lot GO dès le démarrage des études, avant démarrage des travaux GO.

3.3.3.5 Déformation différentielle

Dans le cas de structures mixtes composées de plusieurs natures de matériaux (béton, acier, bois), une attention particulière est apportée au comportement de ces structures.

La nature de ces matériaux implique des comportements différents notamment selon la température, l'hygrométrie, le temps, les chargements.

Toutes les structures mixtes mises en œuvre doivent être justifiées par un modèle numérique phasé prenant en compte notamment, les retraits/gonflements des matériaux, les dilatations, les déformations élastiques et les différents types de fluage.

Ces modélisations doivent permettre d'identifier les risques éventuels de désordres futurs et l'entrepreneur doit proposer des solutions pour les éviter.

4 SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES MATERIAUX

4.1 BETON

NOTA : Selon le rapport d'analyse d'agressivité du milieu (des sols et des eaux), le projet se situe dans un environnement modérément agressif, donc une **classe d'exposition du béton XA1**.

Ouvrage	Classe du béton mini.
Fondations	C30/37 Mpa
Longrines	C30/37 Mpa
Dalle basse portée	C30/37 Mpa
Poteaux et voiles	C30/37 Mpa
Dalles et poutres	C30/37 Mpa
Poutre avec grande portée et poutres de reprise	C40/50 Mpa

4.2 ARMATURES

Acier HA 500 Mpa

4.3 BOIS

Choix de la classe de service

Le choix de la classe de service est réalisé conformément à la norme EN 1995 (Eurocode 5).

Choix de la classe de résistance

Sauf indication contraire spécifique à un ouvrage particulier, tous les bois sont classés C24 ou GL24h minimum selon la NF EN 338 et la NF EN 14080.

4.4 CHARPENTE METALLIQUE

Choix de la nuance d'acier

Le choix de la nuance d'acier est effectué conformément à la norme NF EN 1993-1-10 et son annexe nationale. Les nuances d'acier HISTAR 355 ou HISTAR 460 ne sont pas autorisées.

La qualité minimale des aciers est S235 JR (non effervescent), sauf pour les tubes qui sont en S275 JOH minimum.

5 PRINCIPE CONSTRUCTIF ET DESCRIPTIF DES OUVRAGES

Le projet se développe en 5 niveaux (du Sous-Sol au R+2 ainsi qu'un niveau d'édicules). La forme générale du bâtiment s'inscrit dans un rectangle de : 53 m de long et de 39 m de large (compris : les casquettes en porte-à-faux)

5.1 JOINT DE DILATATION

L'annexe nationale relative à la NF EN 1992-1-1 (calcul des structures en béton – partie 1-1 : règles générale et règles pour les bâtiments) précise en clause 2.3.3 la distance maximum entre 2 joints de dilatation à ne pas excéder, en fonction de la zone concernée en France (voir ci-dessous) :

2.3.3 (3) NOTE

Pour les bâtiments, il est possible de ne pas tenir compte dans les calculs des variations linéaires en plan dans ces ouvrages dont les superstructures (parties hors sol) sont découpées en blocs, séparés par des joints dits de dilatation, la distance entre ces joints n'excédant pas :

- 25 m dans les départements voisins de la Méditerranée (régions sèches à forte opposition de température) ;
- 30 m à 35 m dans les régions de l'Est, les Alpes et le Massif Central ;
- 40 m dans la région parisienne et les régions du Nord ;
- 50 m dans les régions de l'ouest de la France (régions humides et tempérées).

Les distances précédentes peuvent être augmentées, sur justifications spéciales, par des dispositions constructives appropriées permettant aux variations linéaires de se produire sans gêne.

NOTE Il est également possible de ne pas tenir compte des autres effets de la température ainsi que du retrait sous réserve de la justification de dispositions constructives appropriées, adaptées à l'ouvrage. Cependant, dans le cas des ouvrages particulièrement sensibles (dallages, radiers, dalles de parking enserrées dans des parois, etc.), des dispositions appropriées doivent être respectées. Ces dispositions, adaptées à l'ouvrage à concevoir, portent sur tout ou partie des points suivants :

- la qualité du béton ;
- la conception des ouvrages (type de plancher, sens de portée, préfabrication, etc.) ;
- le phasage de mise en œuvre du béton (zones alternées, damiers, etc.) ;
- les procédés de cure ;
- les joints de reprise de bétonnage et/ou les joints de clavetage ainsi que leur position ;
- les joints de pré fissuration ainsi que leur position ;
- les dispositions constructives des armatures (position, altitude, espacement, pourcentage, armatures de peau, etc.).

La ville de Châtenay-Malabry se trouve en région Île-de-France, où la distance maximale sans joint de dilatation est fixée à 40 mètres.

Cependant, pour des raisons architecturales et afin de simplifier la conception, le projet a été conçu en un seul bloc sans joint de dilatation.

Comme précisé dans la clause 2.3.3 de l'annexe nationale, il est toutefois possible de s'affranchir de ces joints sous réserve de dispositions constructives appropriées.

Des mesures et des dispositions constructives supplémentaires seront à prendre en compte pour minimiser les effets de retrait et de dilatation du béton :

- intégration de bandes de clavetage au droit des noyaux avec un calcul tenant compte du retrait,
- utilisation d'une formulation de béton adaptée,
- mise en place d'un ferrailage minimal renforcé (**surferrailage**) pour compenser les efforts de traction dans les voiles et dalles,
- adaptation des fixations et des conditions d'appui de la structure en bois sur la structure en béton en conséquence.
- ...

5.2 INFRASTRUCTURE

5.2.1 Résultats généraux géotechnique et hydrogéologie

Des campagnes de sondages géotechniques ont été réalisées dans le cadre du projet et des rapports ont été produits par le géotechnicien et transmis à la maîtrise d'œuvre :

- une étude des investigations Géotechniques - Mission d'investigations géotechniques selon les termes de la norme NF P 94-500 - Référence n°2022/00703/PARIS du 03 juin 2022 Réalisé par GEOTEC France
- une étude géotechnique de type G2 PRO (LGEN.O.0311 du 18 octobre 2024) de l'entreprise GINGER

Les conclusions de ces documents sont présentées dans la présente note technique.

5.2.1.1 Contexte géologique

Nous pouvons retenir la géométrie des formations et leurs caractéristiques mécaniques suivantes pour la suite du projet :

Horizons	Toit (NGF)	Base (NGF)	Epaisseur (m)
Remblais	+147,80	+145,30	2,5
Colluvions	+145,30	+139,20	6,1
Argiles à meulrières	+139,20	+135,20	4,0
Sables et Grès de Fontainebleau	+135,20	-	-

Horizons	moyennes prudentes		médianes	
	E_M (Mpa)	P_L^* (Mpa)	E_M (Mpa)	P_L^* (Mpa)
Remblais	3,0	0,20	3,1	0,21
Colluvions	5,3	0,39	5,7	0,42
Argiles à meulrières	49,6	2,21	55,3	2,75
Sables et Grès de Fontainebleau	55,5	3,14	73,7	4,29

5.2.1.2 Contexte hydrogéologique

Au droit du secteur d'étude, la nappe des Sables et Grès de Fontainebleau est une nappe profonde qui n'intéresse pas le projet.

Les niveaux d'eau mesurés par GEOTEC et plus récemment par GINGER au droit du piézomètre Pz103 ont été relevés aux altimétries suivantes :

- +143.6 et +133.3 NGF – piézomètres de GEOTEC au droit de la parcelle M17,
- +140.3 NGF – piézomètres de GEOTEC au droit du projet EDD,
- +141.3 NGF puis +140.4 NGF – piézomètre de GINGER au droit du projet EDD.

A ce stade, nous ne pouvons pas confirmer s'il s'agit d'une nappe superficielle permanente ou de rétentions d'eau temporaires de type nappes perchées.

En première approche, nous considérerons qu'il s'agit d'une nappe permanente. Un suivi piézométrique permettrait de le confirmer. Cette approche est conforme à notre retour d'expérience sur cette formation.

Nous signalons que :

- des circulations d'eau superficielles et des infiltrations sont possibles dans les remblais et les terrains de couverture,
- des poches d'eau pourraient également être rencontrées en profondeur dans les niveaux sableux et de meulière des Argiles à meulière.

On rappelle la présence du ru de la Sygrie canalisé aujourd'hui à environ 8 m de profondeur et s'écoulant du nord vers le sud de la parcelle.

Niveaux d'eau caractéristiques

Dans un premier temps, en l'absence de suivi piézométrique, nous proposons de retenir les niveaux d'eau caractéristiques suivants sur la base d'un suivi piézométrique réalisé dans un contexte géotechnique similaire en région parisienne :

- EB = +141.0 NGF
- EH = EB + 4,0 m = +145.0 NGF
- EE = EB + 5,0 m = +146.0 NGF

5.2.2 Principe des fondations & préconisations en infrastructure

- fondations profondes : Type pieux ancrés dans les Sables et Grès de Fontainebleau. La technique de réalisation des pieux est à adapter selon les différentes couches du sol.
- plancher bas SS : La dalle basse en BA est portée par les fondations. Elle est armée pour résister à la sous-pression. Cette dalle sera appuyée sur des longrines en BA. Compris : bandes de clavetage, formes des pentes & cunettes périphériques raccordées aux réseaux.
- les longrines BA seront assises sur les massifs (tête de pieux). Elles seront dimensionnées selon la portée entre appuis et les descentes des charges.
- murs enterrés : voiles par passe. Epaisseur entre 25 cm. Compris : Drainages périphériques (Enkadrain) pour récupérer les eaux d'infiltration + raccordement à un exutoire.
- les dalles basses du sous-sol, les longrines seront dimensionnées selon DTU 14.1.
- des barbacanes et des événements de compression seront mise en place.
- la zone des locaux techniques est prévue cuvelée jusqu'au niveau EE conformément au DTU 14.1.

NOTA : Le sous-sol est prévu inondable à la suite des échanges avec la **MOA**.

Les parois sont butonnées :

- par le plancher bas sous-sol
- par le plancher haut sous-sol

Des longrines sont prévues au droit des voiles, des escaliers ou pour redresser des charges.

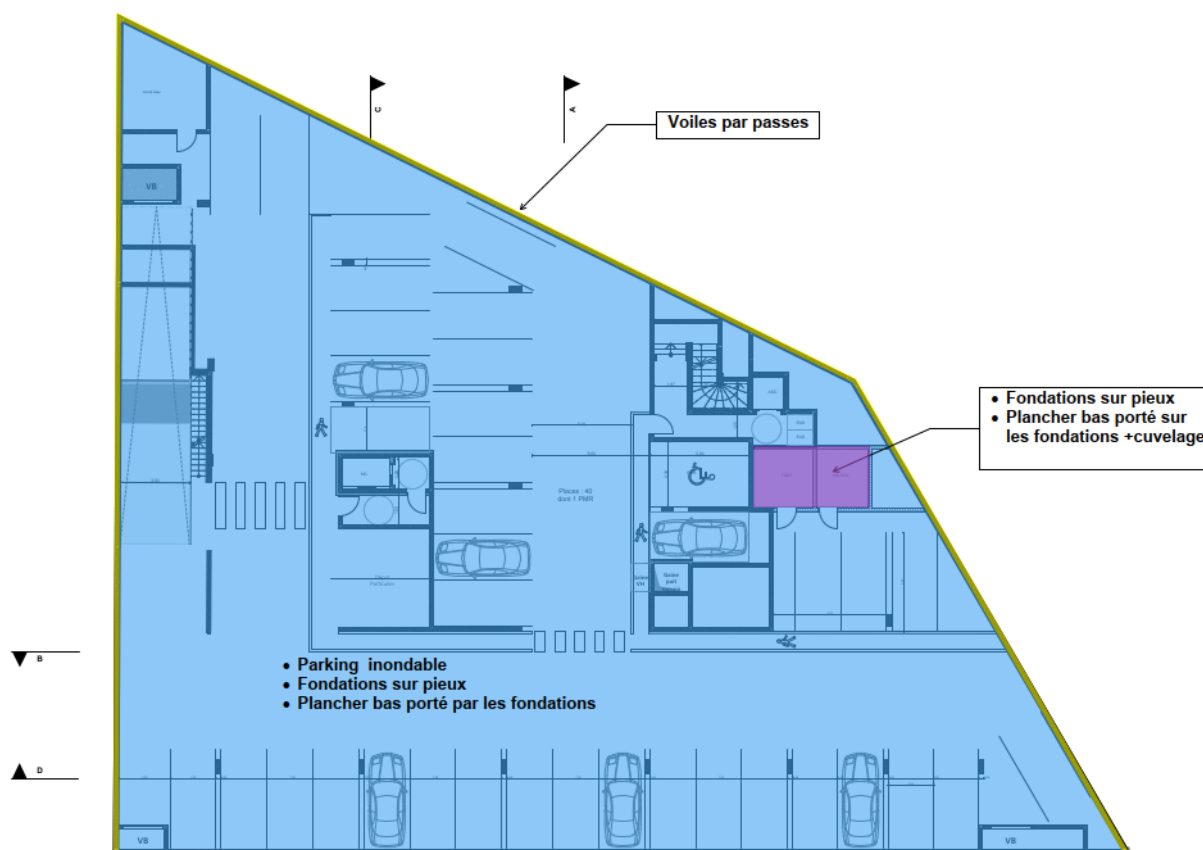


Figure 1: Mur enterré - Plancher bas

5.3 SUPERSTRUCTURE

Nota : Des mesures et des dispositions constructives supplémentaires seront à prendre en compte pour minimiser les effets de retrait et de dilatation du béton. Se référer à l'article 5.1.

5.3.1 Structure verticale

- voiles en béton armé
- poutres-voiles en béton armé
- poteaux en béton armé
- poteaux en bois
- murs en ossature bois (MOB)
- poteaux métalliques

5.3.2 Structure horizontale

- poutres et linteaux en béton armé
- dalles pleines en béton armé au PH SS et PH RDC, ainsi qu'au PH R+1 et PH R+2 dans les sanitaires et local CTA et PAC. Compris : bandes noyées, trémies, ...
- poutres de reprise en béton armé au PHT RDC & PH SS afin de reprendre les impacts des éléments porteurs verticaux qui ne plombent pas avec les porteurs verticaux des étages inférieurs.
- poutres métalliques.
- poutre mixtes acier-béton.
- poutres en bois LC.
- planchers nervurés en CLT et plancher CLT au PH R+1.
- planchers mixte bois-béton en terrasse PH R+1 et PH R+2.
- planchers mixtes acier-béton avec bac acier collaborant en toiture.

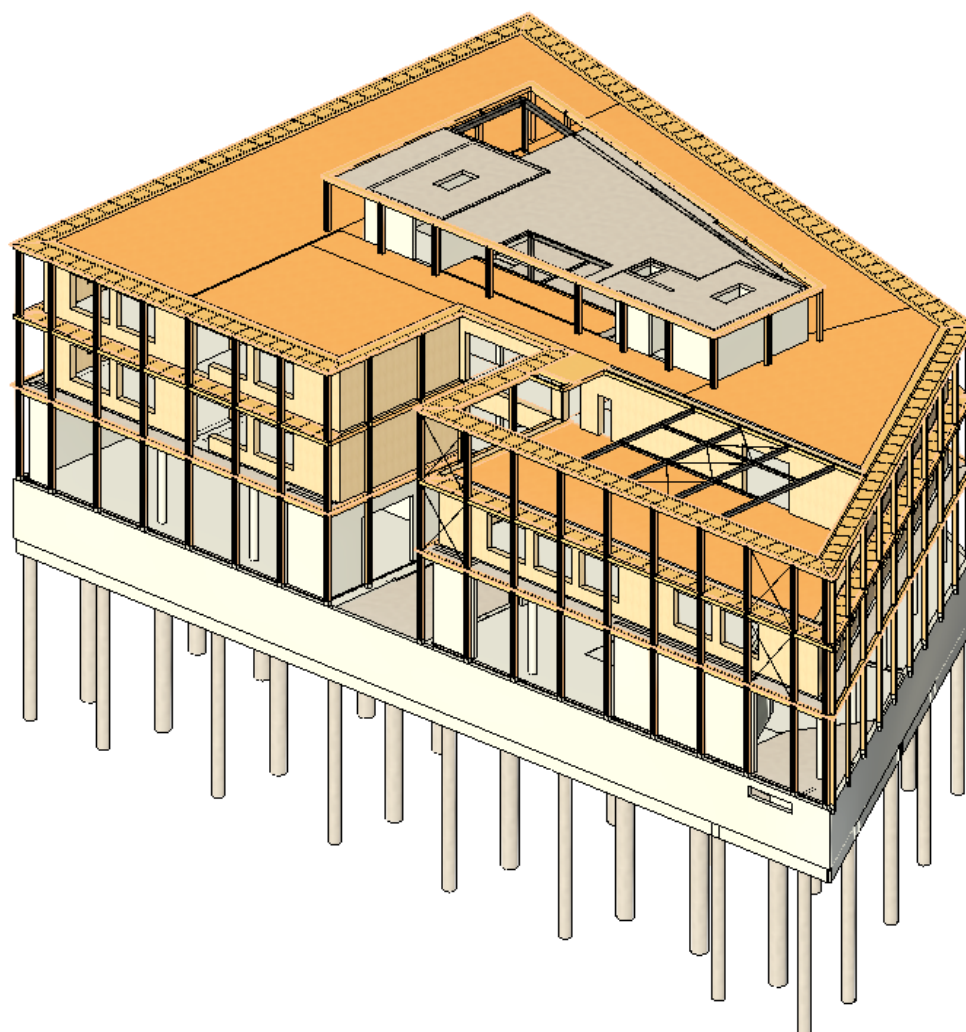


Figure 2: vue 3D de la superstructure

5.3.3 Contreventement et stabilité

- le contreventement est assuré par la rigidité des voiles BA des noyaux dans les deux directions, ainsi que ponctuellement par certains voiles BA.
- les planchers BA, les planchers nervurés CLT, planchers CLT, les planchers mixtes bois-béton et mixtes acier béton assurent l'effet diaphragme dans leur plan et maintiennent la structure verticale afin d'assurer le monolithisme du bâtiment
- les éléments de contreventement verticaux principaux devront être superposés jusqu'aux fondations.
- la structure bois de façade est contreventée ponctuellement avec les diagonales

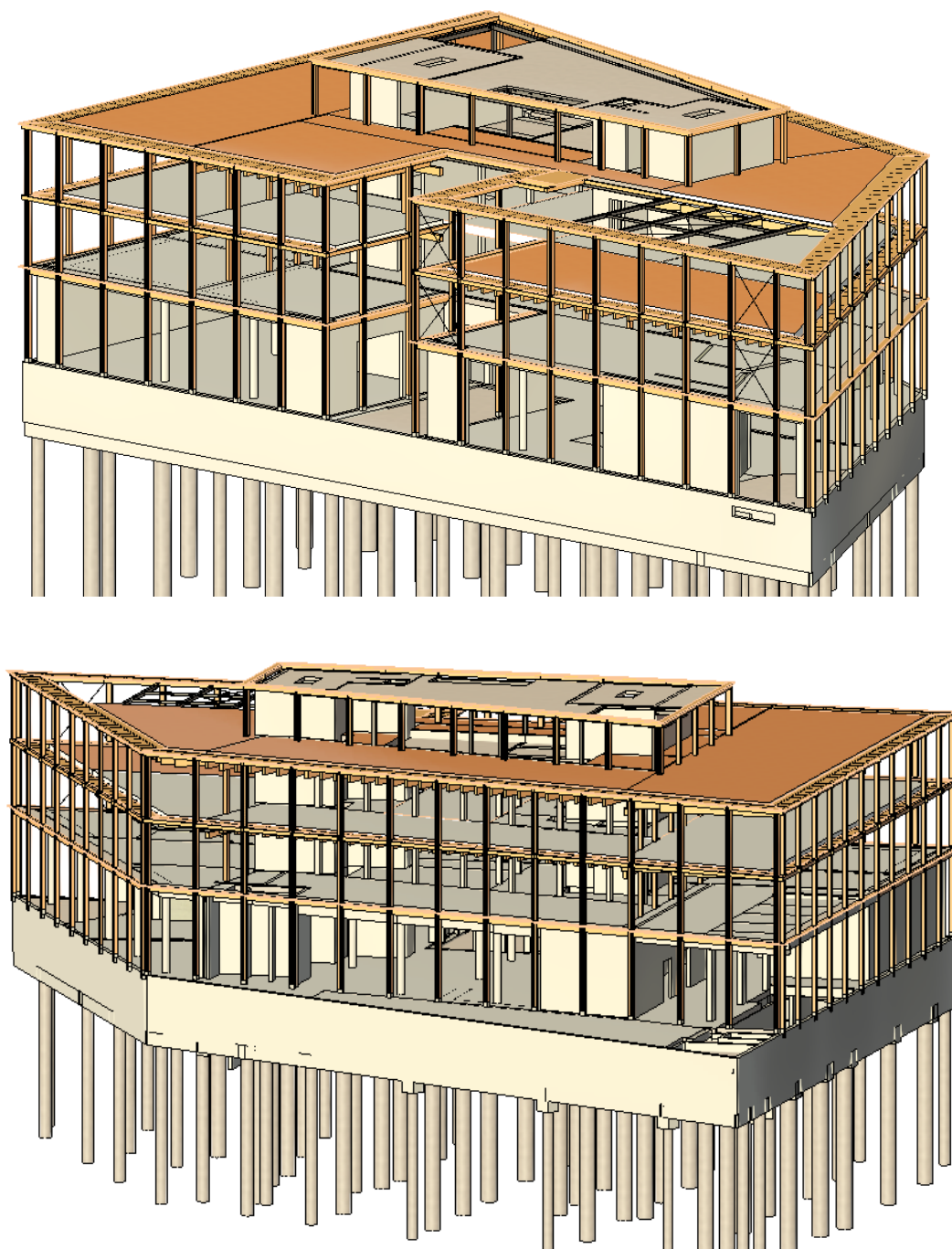


Figure 3: Vue 3D de la structure et son système de contreventement

5.3.4 Ouvrages divers

- réalisation des relevés BA aux pieds des ossatures en bois.
- création des escaliers BA et métallique
- création des rampes BA.
- dalle en béton armé pour les édicules d'ascenseur.
- réalisations des socles et plots en béton armé pour les équipements techniques.
- réalisation des réseaux sous dalles. Les réseaux seront encastrés à la dalle basse du SS-1
- corbeaux en BA.
- acrotères en BA
- trous, scellements, calfeutrements, ...