

Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON



Notice Structure DCE


ETUDE CE25-028

INDICE	OBJET DE L'INDICE	Etabli	Contrôlé	Date
0	Première émission	MG	-	03/10/2025
A	Mis à jour avec G2-PRO	MG	-	17/11/2025

Siège social : CETIS
3, rue de la Dombes
01700 Neyron
Tél. 04 78 55 00 18


Agence :
ZAC des Justices
38150 Salaise Sur Sanne
Tél. 04 74 11 08 55



	Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON	Notice Structure Phase DCE
---	--	-------------------------------

SOMMAIRE

1. OBJET	3
2. DOCUMENTS DE REFERENCE	3
2.1 NORMES ET REGLES DE CALCULS	3
2.2 SEISME – REFERENTIEL LEGISLATIF	3
2.3 DOCUMENTS GRAPHIQUES ET NOTES COMPLEMENTAIRES	4
3. DESCRIPTION DES EXISTANTS ET DU PROJET	5
4. SITUATION DE PROJET	8
4.1 DOMAINE D'APPLICATION.....	8
4.2 GESTION DE FIABILITE	8
4.3 DUREE D'UTILISATION DU PROJET	8
4.4 COEFFICIENT Ψ	9
5. HYPOTHESES DE CHARGES.....	9
5.1 CHARGES PERMANENTES (EC1)	9
5.2 SURCHARGES EXPLOITATIONS (EC1)	9
5.3 SURCHARGES CLIMATIQUES	11
5.3.1 Surcharge de Neige (NF EN 1991-1-3 / NA)	11
5.3.2 Surcharge de Vent (NF EN 1991-1-4 / NA)	11
5.4 ACTIONS SISMIQUES	11
5.5 JOINTS DE DILATATION - SOLLICITATIONS THERMIQUES ET RETRAIT	13
5.6 SURCHARGES EN COURS DE CONSTRUCTION	13
5.7 INCENDIE- STABILITE AU FEU.....	13
5.8 POUSSEE DES TERRES	13
6. STRUCTURE EN BETON ARME.....	14
6.1 CLASSES D'EXPOSITION ET ENROBAGES.....	14
6.2 CARACTERISTIQUES MECANIQUES	15
6.3 CRITERES DE DEFORMATIONS DES ELEMENTS BETON	15
6.3.1 Flèches	15
6.3.2 Tassement différentiel entre deux porteurs contigus	15
6.4 OUVERTURE DE FISSURES	16
7. STRUCTURE EN METAL	16
8. STRUCTURE EN CARBONE.....	16

	Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON	Notice Structure Phase DCE
---	--	-------------------------------

1. OBJET

Cette note présente les hypothèses générales nécessaires au dimensionnement de la structure dans le cadre du projet d'aménagement d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de L'ENS de Lyon (69007).

Les hypothèses sont extraites de la réglementation générale en vigueur ainsi que des spécificités propres au projet et à son environnement.

2. DOCUMENTS DE REFERENCE

2.1 NORMES ET REGLES DE CALCULS

L'intégralité des règles Eurocode et normes liées à ces dernières sont à prendre en compte.


- NF EN1990 EC0 Base de calculs + Annexes nationales françaises
- NF EN1991 EC1 Actions sur les structures + Annexes nationales françaises
- NF EN1992 EC2 Structures en béton + Annexes nationales françaises
- NF EN1993 EC3 Structures en acier + Annexes nationales françaises
- NF EN1993 EC4 Structures mixtes acier-béton + Annexes nationales françaises
- NF EN1993 EC5 Structures en bois + Annexes nationales françaises
- NF EN1996 EC6 Maçonnerie + Annexes nationales françaises
- NF EN1997 EC7 Calculs géotechniques + Annexes nationales françaises
- NF EN1998 EC8 Action sismique + Annexes nationales françaises
- Recommandations professionnelles de la norme EC2
- FD P18-717 Guide d'application de la norme EC2
- FD P06-031 Guide d'application de la norme EC8
- CT35 de l'AFPS, « Evaluation de l'incidence de travaux sur la vulnérabilité au séisme d'un bâtiment existant. Grille d'analyse.
- NFP 94-261 Fondations superficielles
- NFP 94-262 Fondations profondes
- NFP 94-281 Ouvrages de soutènement
- NF EN206-X pour les granulats, les adjuvants, le béton et les essais
- P15-010 et 15-031 pour les liants hydrauliques
- NF EN10025 – Produits laminés à chaud en aciers de construction.

Liste non exhaustive.

2.2 SEISME – REFERENTIEL LEGISLATIF

Au stade de l'étude, les décrets, arrêtés et normes relatifs à la protection des ouvrages vis-à-vis des actions sismiques pour les bâtiments à « risque normal », sont les suivants :

- Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010

	<p>Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON</p>	<p>Notice Structure Phase DCE</p>
---	---	---------------------------------------

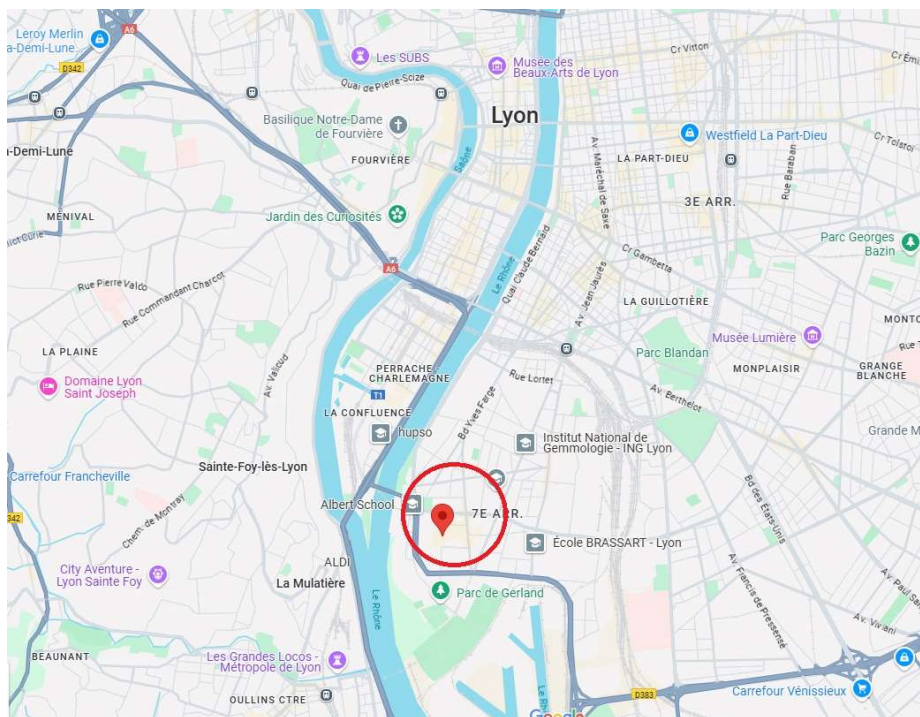
- Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique
- Arrêté du 19 juillet 2011 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010
- Arrêté du 25 octobre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010
- Arrêté du 14 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010
- Décret n°2015-5 au 6 janvier 2015
- NF EN 1998-1/NA de décembre 2007.

2.3 DOCUMENTS GRAPHIQUES ET NOTES COMPLEMENTAIRES

- Plans PRO Architecte du 25 juillet 2025 ;
- Plans DOE du bâtiment existant ;
- Etude géotechnique de type G2-AVP de Confluence, référence NT1_2503140L_V01 du 22/05/2025 ;
- Etude géotechnique de type G2-PRO de Confluence, référence NT2_2503140L_V01 du 24/10/2025 ;

3. DESCRIPTION DES EXISTANTS ET DU PROJET

L'école Normale Supérieure de Lyon est située dans le 7^{ème} arrondissement de Lyon.

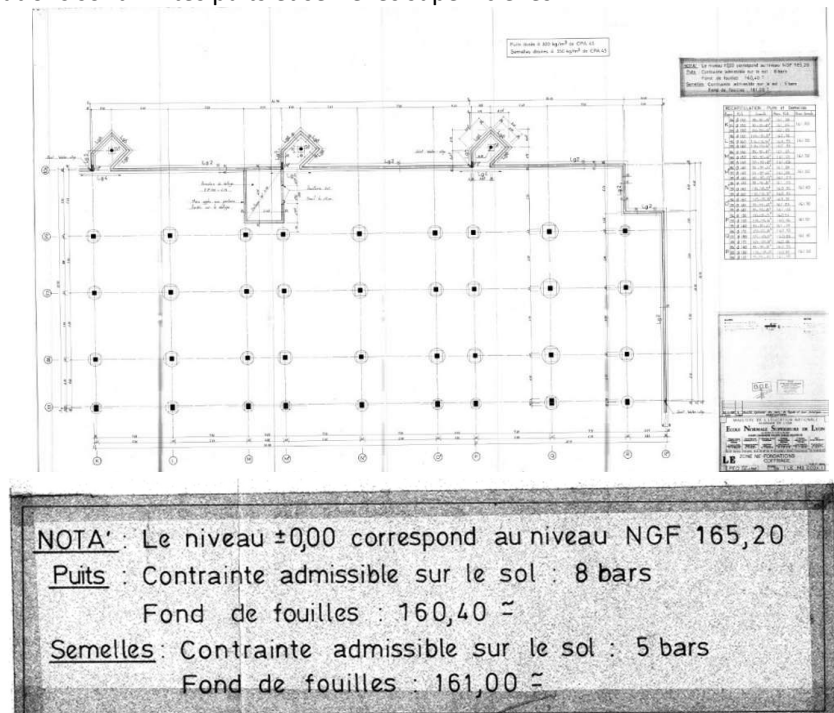


Le bâtiment objet du présent projet est repéré ci-dessous :

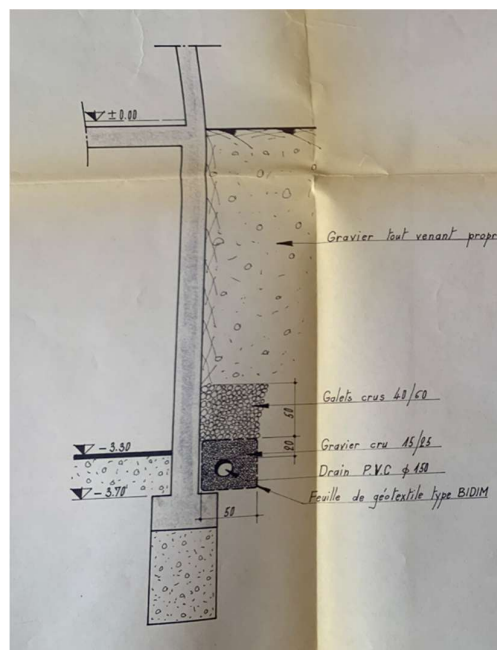


La construction du bâtiment date de 1987. C'est un bâtiment de type RDC avec un niveau de sous-sol.
D'après les plans DOE :

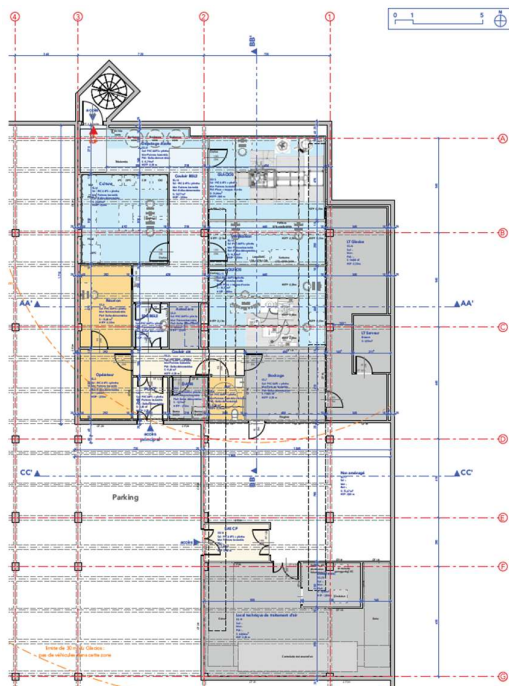
- Structure en béton armé de type poteaux poutres avec planchers nervurés.
- Les fondations sont mixtes puits et semelles superficielles.



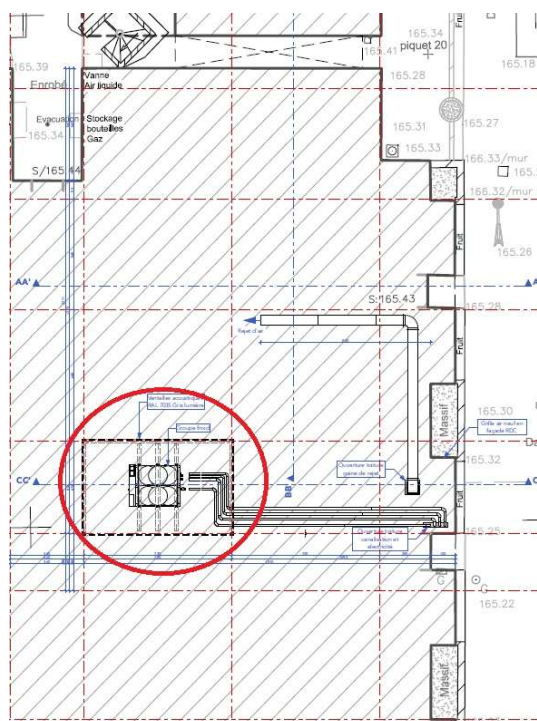
Le parking du sous-sol est en revêtement enrobé (pas de dallage).




Le projet prévoit la création des futurs locaux dans le sous-sol existant :



Il prévoit également la mise en œuvre d'une plateforme abritant les groupes froids en toiture du bâtiment existant :



	<p>Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON</p>	<p>Notice Structure Phase DCE</p>
---	---	---------------------------------------

Les principes structurels sont les suivants :

- Création de cloisons lourdes CF2h en parpaings creux non porteur en périphérie des locaux ;
- Création d'un dallage au sol ;
- Création d'un radier au sol pour les locaux Glacios et Aquilos (épaisseur 35cm pour isolation acoustique) ;
- Création d'un radier au sol et en extérieur pour fondations des cuves azote ;
- Création de percements dans les planchers BA avec renfort par plats carbone ;
- Création d'une structure métallique pour la plateforme des groupes froids reposant sur les poteaux BA du RDC du bâtiment existant ;

Fondations :

D'après le rapport d'étude géotechnique :

- les fondations pourront être de type superficielles ancrées de 30cm dans les sables et graves. Taux de travail de 5 bars aux ELS ;
- Les dalles basses pourront être des dallages sur terre-plein sur couche de forme de 10cm avec les critères de réception suivants :
 - o Fond de forme : $EV2 \geq 20 \text{ MPa}$
 - o Couche de remblai intermédiaire éventuelle : $EV2 \geq 30 \text{ MPa}$ et $EV2/EV1 < 2.2$.
 - o Couche de forme : $EV2 \geq 50 \text{ MPa}$ et $EV2/EV1 < 2.2$.

Concernant le module de réaction sous les radiers (aquilos, glacios et cuve azote), les valeurs à retenir suivant la G2-PRO sont les suivantes :

- o Aquilos et Glacios : $K_v = 3\,800 \text{ T/m}^3$
- o Cuve azote : $K_v = 1000 \text{ T/m}^3$

4. SITUATION DE PROJET

4.1 DOMAINE D'APPLICATION

Catégorie d'usage :

- C pour le laboratoire
- E2a pour le local CTA


4.2 GESTION DE FIABILITE

A défaut de précisions explicitées et apportées par les pièces marché, les procédures suivantes seront retenues (suivant EN 1990:2003-03 Annexe B : Gestion de la fiabilité structurale pour les constructions).

- Classe de conséquence : CC2 Conséquence moyenne
- Classe de fiabilité : RC2
- Niveau de supervision : DSL2
- Niveau de contrôle : IL2

4.3 DUREE D'UTILISATION DU PROJET

Durée de vie : 50 ans → Catégorie de durée d'utilisation de projet : 4.

	Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON	Notice Structure Phase DCE
---	--	-------------------------------

[EN 1990:2003-03 et son AN (NF P06-100-2 juin 2004) tableau 2.1 (NF) clause A1.1]

4.4 COEFFICIENT Ψ

Suivant EN 1990:2003-03 tableau A1.1 annexe A1 (paragraphe A1.2.2) et son AN (NF P06-100-2 juin 2004)

Charges d'Exploitation Catégorie C			
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Q	0.7	0.7	0.6
Charges d'Exploitation Catégorie E2a (toiture)			
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Q	1	1	1
Température (hors incendie)			
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
T	0.6	0.5	0.0

5. HYPOTHESES DE CHARGES

5.1 CHARGES PERMANENTES (EC1)


	[KN/m ³]
Béton armé	25.0
Recharge béton / béton non armé	22.0
Chape	20.0
Terre humide	20.0

	g [KN/m ²]
Carrelage épaisseur 2 cm	0.50
Cloisons légères	0.50
Cloisons en blocs béton creux 20cm enduit (par m ² de parement)	3.00
Cloisons SAD (par m ² de cloisons)	0.70

	g [KN/m ²]
Intérieurs (chape + revêtement + cloisons légères)	2.0

5.2 SURCHARGES EXPLOITATIONS (EC1)

	q_k [KN/m ²]	Q_k [KN]	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Hall, toilettes, sas BSL2, technique-stock, opérateur, Culture-vitrification, couloir BSL2, LN2 BSL2,	5.0	4.0	0.7	0.7	0.6


	Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON	Notice Structure Phase DCE
---	--	-------------------------------

salle de réunion					
Aquilos, Glacios	5.0	7.5	0.7	0.7	0.6
Local technique CTA	5.0	4.0	1	1	1

En plus des charges d'exploitation listées ci-dessus, les charges d'équipements ci-dessous seront également à prendre en compte :

- Autoclave : 2.652 Tonnes
- Pièce de culture : 1.698 Tonnes
- Salle de vitrification : 850 kg
- Local technique : 435 kg
- Aquilos : 1.988 Tonnes
- Glacios : 454 kg
- Groupe froid en toiture : 1 600 kg
- Cuve azote : Voir ci-dessous suivant docs Air Liquide :

Descente de charges des équipements principaux							
Equipement	Poids à vide (ELS), Fz[daN]	Poids en service (ELS), Fz[daN]	Moment dû au vent (ELS), Myy[daN.m]	Cisaill. dû au vent (ELS), Fx[daN]	Cisaill. max par pied (ELU) V,Ed[daN]	Tract. max par pied (ELU) Nt,Ed[daN]	Com. max par pied (ELU) Nc,Ed[daN]
Réchauffeur 70 Nm3/h	-60	-427	329	155	58	970	-1256
Stockage 3 000 L	-3700	-7984	898	321	160	285	-4631

	Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON	Notice Structure Phase DCE
---	--	-------------------------------

5.3 SURCHARGES CLIMATIQUES

5.3.1 Surcharge de Neige (NF EN 1991-1-3 / NA)

- Région A2 ;
- Altitude moyenne : 165 ;
- $S_k = 45 \text{ daN/m}^2$ (charge caractéristique de la neige sur le sol) ;
- $S_{ad} = 100 \text{ daN/m}^2$ (valeur de calcul de la charge exceptionnelle de neige sur le sol) ;
- $\Delta S_1 = 0 \text{ daN/m}^2$.

5.3.2 Surcharge de Vent (NF EN 1991-1-4 / NA)

- Zone 2 ;
- $v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$ (valeur de base de la vitesse de référence) ;
- Rugosité : IIIB.

5.4 ACTIONS SISMIQUES

Spectre réglementaire NF EN 1998-1 et éléments géotechniques :

- Zone de sismicité 2 ;
- Catégorie d'importance III ;
- Classe de sol en attente rapport de sol.

En conséquence les dispositions et réglementations parasismiques seront appliquées.

Les structures neuves seront calculées conformément à l'EC8 en classe DCL.

Les travaux sur les structures existantes devront respecter les critères de non-aggravation de la vulnérabilité au séisme.


Nous nous appuyerons ici sur le Cahier Technique numéro 35 rédigé par l'AFPS (Association Française du Génie Parasismique) :

CT35 : « Evaluation de l'incidence de travaux sur la vulnérabilité au séisme d'un bâtiment existant. Grille d'analyse ».

Ecullly est situé en zone de sismicité 2. Le bâtiment est quant à lui classé en catégorie d'importance III. Par analogie avec l'exigence réglementaire sur les bâtiments neufs, le CT35 propose le tableau suivant :

		Catégorie de bâtiment			
		I	II	III	IV
Zone sismique	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

**Non-aggravation
demandée**

	<p>Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON</p>	<p>Notice Structure Phase DCE</p>
---	---	---------------------------------------

Le bâtiment est donc concerné par la clause de non-aggravation. Cette dernière définit des seuils à respecter sur les modifications de raideur et de masse du bâtiment :

Seuils forfaitaires de modification des masses :

- dernier niveau : augmentation de la masse du niveau limitée à 10 %.
- avant dernier niveau : augmentation de la masse du niveau limitée à 25 %.
- autres niveaux : augmentation de la masse du niveau limitée à 30 %.

Seuils forfaitaires de modification des raideurs :

- premier niveau : diminution de la raideur du niveau limitée à 5 %.
- deuxième niveau : diminution de la raideur du niveau limitée à 25 %.
- autres niveaux : diminution de la raideur du niveau limitée à 33 %.

Si "n" paramètres définis ci-avant sont modifiés simultanément alors les valeurs admissibles doivent être divisées par "n".

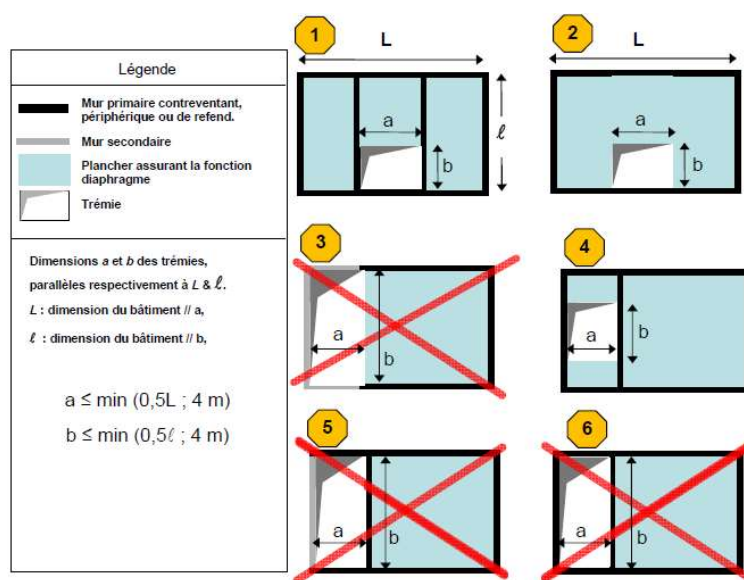
On veillera à ce que les travaux sur les structures existantes respectent les critères énoncés ci-dessus.


Les adaptations fluides pour la rénovation du bâtiment nécessiteront la création de trémies diverses dans les planchers. Ci-dessous les critères que seront respectés pour ces travaux :

- Surface unitaire limitée à 6 m², et surface cumulée n'excédant pas 10% de la surface de plancher ;
- Dimensions maximales a et b des ouvertures créées telles :

$$a \leq \min [0.5L ; 4 \text{ m}]$$

$$b \leq \min [0.5\ell ; 4 \text{ m}]$$



	Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON	Notice Structure Phase DCE
---	--	-------------------------------

5.5 JOINTS DE DILATATION - SOLLICITATIONS THERMIQUES ET RETRAIT

Conformément à NF EN 1992-1-1/NA-§2.3.3 (3) NOTE, les calculs de la structure peuvent ne pas prendre en compte les effets du retrait et de la température si les distances entre joints de dilatation en superstructure (mesurées perpendiculairement à ceux-ci) sont inférieures à 35 m (région de l'Est de la France). Les structures créées respectent bien cette disposition, par conséquent ces effets ne seront pas pris en compte.

5.6 SURCHARGES EN COURS DE CONSTRUCTION

Les charges appliquées en cours d'exécution seront considérées en charge d'exploitation de 100 daN/m².


5.7 INCENDIE- STABILITE AU FEU

Les murs en parpaings seront coupe-feux 2h.

5.8 POUSSEE DES TERRES

Les poussées des terres sont reprises par les parois d'infrastructure périphériques en béton armé. Ces murs sont butés en pied par les fondations et en tête par les dalles supérieures. Les efforts horizontaux sont descendus aux niveaux des fondations par l'intermédiaire des murs intérieurs et équilibrés par frottement sur le sol.

- $\gamma_{\text{humide}} = 2.0 \text{ t/m}^3$;
- $K_0 = 0.5$.

	Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON	Notice Structure Phase DCE
---	--	-------------------------------

6. STRUCTURE EN BETON ARME

6.1 CLASSES D'EXPOSITION ET ENROBAGES

Information générale :

Cette note a pour but de définir les hypothèses principales pour le dimensionnement des structures. Ainsi, tout ce qui a trait aux caractéristiques détaillées et à la provenance des constituants du béton fera l'objet de notes méthodologiques réalisées et communiquées par l'entreprise.

Les bétons seront non fibrés et conformes à la norme NF EN 206.

Enrobages du béton selon NF EN 1992-1-1 Section 4 et son A-N:

$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$

Avec :

- $C_{min} = \text{MAX} [C_{min,b}; C_{min,dur} + \Delta C_{dur,y} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10 \text{ mm}]$
- $\Delta C_{dev} = 10 \text{ mm}.$


L'enrobage est déterminé en fonction de la classe structurale, de la classe d'environnement retenue et du diamètre des barres utilisées.

Sur ces critères, sont retenus dans le cadre du projet les enrobages nominaux suivant :

CARACTERISTIQUES DES BETONS UTILISES, CLASSE STRUCTURALE S4								
Destination	Classe de résistance	C _{nom} [mm]	Classes d'Exposition					
			X0	XC	XS	XD	XF	XA
Fondations sur béton de propreté, fosses, longrines	C25/30	50		XC2			XF1	
Parois d'infrastructure	C25/30	40		XC2			XF1	
Dallages et dalles portées	C25/30	50		XC2			XF1	
Ouvrages extérieurs non protégés	C25/30	40		XC4			XF1	
Ouvrages extérieurs protégés (isolation, étanchéité etc.)	C25/30	30		XC1				
Ouvrages intérieurs en atmosphère sèche	C25/30	30		XC1				
Radier cuve Azote	C30/37	50		XC2			XF3	

NOTAS :

- Ces enrobages minimaux pourront être augmentés pour satisfaire à des exigences spécifiques (dimensionnement au feu, dispositions constructives etc.)
- Les classes de béton pourront également être augmentées suivant calcul et indications sur plans.

	Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON	Notice Structure Phase DCE
---	--	-------------------------------

6.2 CARACTERISTIQUES MECANIQUES

Béton :

- Coefficient partiel de sécurité : ELU/ELS $\gamma_c = 1,5$;
- Coefficient de poisson : $\nu = 0,2$;
- Taux d'amortissement critique : 5% ;
- Coefficient de dilatation thermique du béton : 1.10^{-5} .

Aciers :

- Aciers à Haute Adhérence Limite d'élasticité : $f_{yk} = 500$ MPa de classe A ;
- Treillis soudés Limite d'élasticité : $f_{yd} = 500$ MPa de classe A ;
- Coefficient partiel de sécurité : $\gamma_s = 1,15$ à l'ELU ;
- Coefficient de dilatation thermique de l'acier : 1.10^{-5} .

6.3 CRITERES DE DEFORMATIONS DES ELEMENTS BETON

6.3.1 Flèches

Les flèches totales sont évaluées selon la méthode décrite au §7.4 de l'EC2 et doivent respecter sous charges quasi-permanentes :

- Flèche $< L/250$.

Il convient de limiter les déformations susceptibles d'endommager les éléments de la structure avoisinants l'élément considéré. Concernant la déformation après-construction, sous charges quasi-permanentes :

- Flèche $< L/500$.

La détermination des flèches nuisibles sera effectuée suivant la méthode conventionnelle décrite dans les Recommandations professionnelles et dans le guide d'application EC2 art. 7.4.1.5.


La valeur de la limite prendra l'une des deux valeurs suivantes :

- si $L \leq 7m$, Flèche nuisible $\leq L/500$;
- si $L > 7m$, Flèche nuisible $\leq 1.4cm + (L-7m)/1000$ cm avec L en [m].

6.3.2 Tassement différentiel entre deux porteurs contigus

Afin de limiter les dommages, le tassement différentiel sous charge quasi-permanente devra respecter les critères suivants :

- limité à 1/500ème de la distance entre ces porteurs ;
- valeur plafonnée à 1 cm.

	Installation d'un Cryo-Microscope au sous-sol du bâtiment de l'ENS de Lyon 46 allée d'Italie, 69007 LYON	Notice Structure Phase DCE
---	--	-------------------------------

6.4 OUVERTURE DE FISSURES

Pour la vérification de l'état limite d'ouverture de fissures des éléments de béton armé, il conviendra de retenir, sous combinaisons quasi permanentes au sens de l'EUROCODE 2, les critères suivants.

Infrastructure :

- Éléments aptes à recevoir un revêtement d'étanchéité : $w_k = 0,2 \text{ mm}$ ou $0,3 \text{ mm}$.
- Autres éléments : $w_k = 0,4 \text{ mm}$.

Etages :

- $w_k = 0,4 \text{ mm}$

7. STRUCTURE EN METAL

Sauf indications contraires, les caractéristiques des matériaux sont :

- S235 : goussets, platines, cornières,
- S275 : profilés laminés (IPE, UPN, HEA...), tubes de construction,
- Module d'élasticité longitudinal : $E = 210\,000 \text{ MPa}$,
- Coefficient de Poisson de 0,3,
- Coefficient de dilatation thermique $\alpha = 10.10^{-6} \text{ m/m/}^\circ\text{C}$,
- Boulonnerie : HM classe 8-8 ou HR classe 10-9,
- Soudures : $a = 4 \text{ mm}$,
- Flèche de plancher : $L/250$ sous $G + \text{charges variables}$ et $L/350$ sous charges variables,

8. STRUCTURE EN CARBONE

De type Sikacabordur ou équivalent, les plats carbones auront les caractéristiques mécaniques suivantes :

- $E = 170\,000 \text{ MPa}$
- $\gamma_{fd} = 1.25$ à l'ELU fondamental
- $\gamma_{fd} = 1.40$ à l'ELS
- $\gamma_{fd} = 1.00$ à l'ELU accidentel
- $f_{tu} = 3\,100 \text{ MPa}$