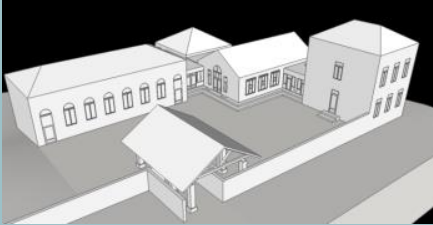

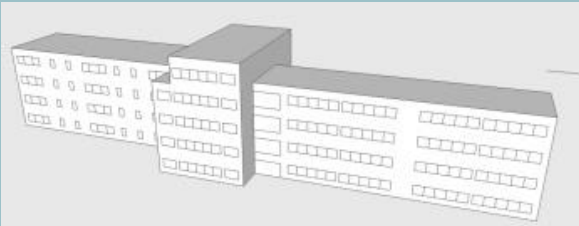



DÉTERMINATION DU NIVEAU DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE OPTIMAL DES BÂTIMENTS EN FONCTION DES COÛTS

Etude Cost optimum 2023

Annexe A.4 : Descriptif des établissements scolaires

DESCRIPTION DES BÂTIMENTS EXISTANTS

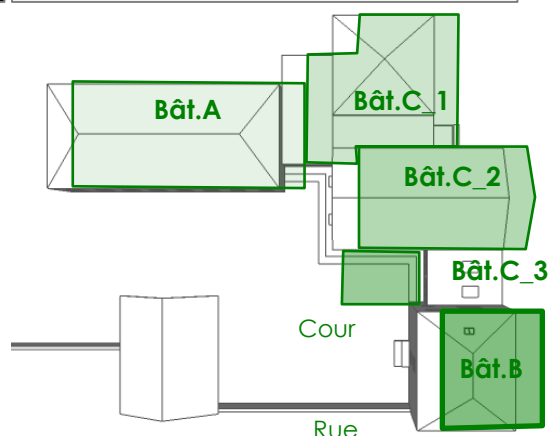
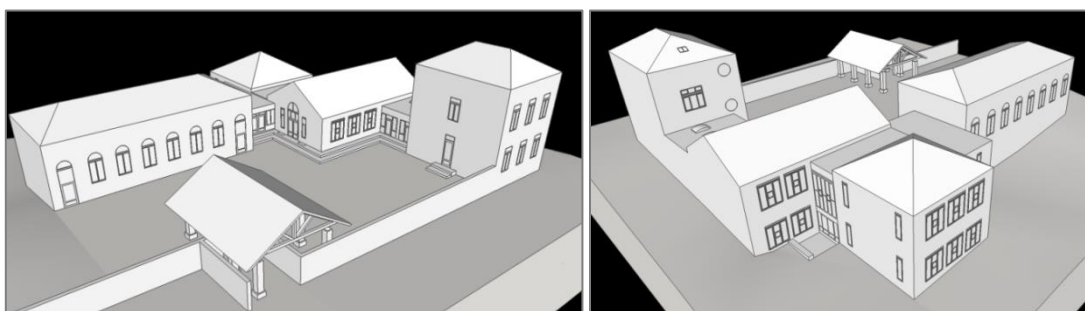
Etablissements scolaires existants				
< 1919 < 5.000 m²	EE1			89,82%
1946 – 1970 < 5.000 m²	EE2			3,39%
1971 -1995 5.000 m² > 10.000 m²	EE3			3,39%
1946 – 1970 > 10.000 m²	EE4			3,39%
Total				100%

EE1. Ecole maternelle/primaire d'avant 1945 d'une surface < 5.000 m²

Informations générales :

- Construite au début du 20^e siècle et agrandie en 1994
- Composée de plusieurs bâtiments : trois bâtiments principaux reliés par des volumes secondaires à toiture plate
- Les premiers bâtiments construits ne sont pas isolés tandis que l'extension est isolée
- La façade avant, parallèle à la rue, est située au Nord-Ouest
- Surface utile intérieure murs : 1.198,57 m²

Illustrations :



Organisation :

- Bâtiment A (bâtiment ancien) :
 - o 1 niveau surplombé en partie par une mezzanine
 - o 2 classes et des vestiaires, sanitaires
- Bâtiment B (bâtiment ancien) :
 - o 3 niveaux
 - o Sous-sol : caves et chaufferie, espaces adjacents non chauffés (EANC)
 - o Rez-de-chaussée : cuisine, réfectoire, hall d'entrée et sanitaires
 - o Etage : local, bureau d'administration, sanitaires et cage d'escalier pour enseignants
- Bâtiments C (extensions) :
 - o 2 niveaux
 - o Sous-sol : classe polyvalente, 2 classes philosophie et réserves
 - o Rez-de-chaussée : classes de maternelles, sanitaires, halls d'entrée, classe réservée aux élèves de 1^{ère} et de 2^{ème} année.
 - o Le bâtiment C 2 comporte une mezzanine

Enveloppe :

	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture plate en structure massive (béton) avec isolation en laine minérale (6 cm)	0,56	105,05
	Toiture inclinée en structure bois, non isolée	2,34	296,11
	Toiture inclinée en structure bois, avec isolation en laine minérale 6 cm	0,72	165,34
	Plancher du grenier en structure massive (béton), avec isolation en laine minérale (8 cm)	0,41	82,62
Mur	Murs pleins en briques, épaisseur 40 cm	1,99	577,85
	Murs creux avec blocs de béton 19 cm, isolation en laine minérale 4 cm, creux peu ventilé et parement en briques	0,78	380,88
	Murs contre terre en blocs de béton 29 cm et isolation XPS 4 cm	0,40	97,78
	Murs contre cave en blocs de béton 29 cm et isolation XPS 4 cm	0,37	13,94
Sol	Dalle sur sol en structure massive (béton) avec isolation en XPS 4 cm	0,42	332,89
	Plancher sur cave en structure massive (briques), non isolé	0,66	269,82
Fenêtres	Simple vitrage, châssis bois - façade SE arrière - façade NO avant - façade NE gauche	Uw = 5,29 Ug = 5,80 G = 0,87 Uf = 2,36	33,00 37,89 2,43
	Double vitrage, châssis bois - façade SO droite - façade SE arrière - façade NE gauche - façade NO avant	Uw = 2,22 Ug = 1,9 G = 0,77 Uf = 2,36	23,13 52,39 18,59 16,91
	Fenêtre de toiture (toiture plate)	Uw = 2,38	2,90

Résultats PEB :

EE1 Données / résultats	
Ach	1.158,72 m ²
Volume	4.589,63 m ³
Niveau K	107
Niveau Ew	197

Equipements :

- Chauffage central mazout
- Chaudière mazout non à condensation, maintenue à température, hors du volume protégé, rendement de 73 % (PCS), température réglable dans chaque local.
- Eau chaude sanitaire via chaudière, présence d'un stockage
- Refroidissement : Climatisation par une machine à compression de froid. EER test = 2.5
- Ventilation : amenées mécaniques, extractions mécaniques, sans récupérateur de chaleur
- Eclairage : 17 W/m² dans les zones de travail, 6 W/m² dans les zones de service, détection de présence (réunions et bureaux), pas de réduction du flux lumineux, puissance moyenne surfacique = 11,2 W/m²
- Pas de protection solaire
- Pas de pont thermique pris en compte
- Etanchéité à l'air : v50 de 15m³/h.m²

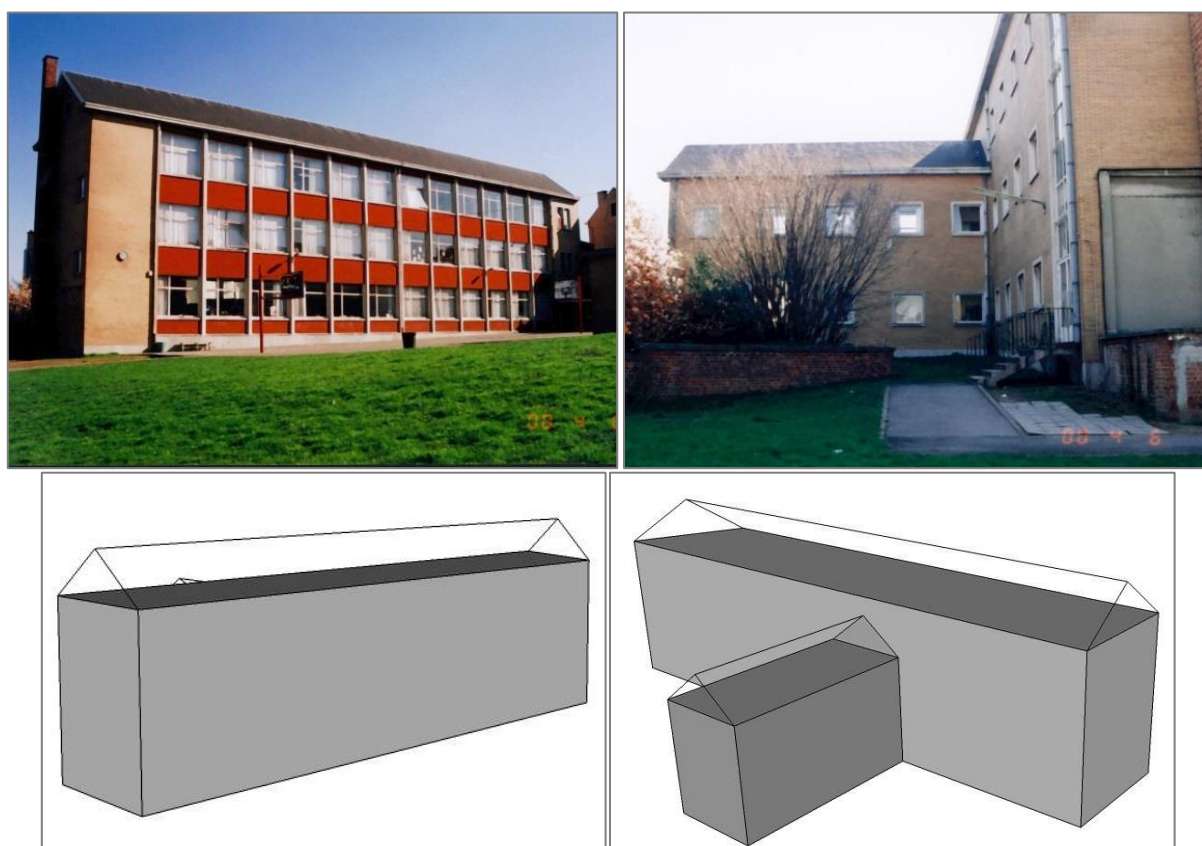
Valeur immobilière : 1.355.687 €

EE2. Ecole maternelle primaire de 1950 d'une surface < 5.000 m²

Informations générales :

- Construite en 1950
- Constituée d'un bâtiment principal dont la façade avant est orientée plein sud et d'un bâtiment secondaire, accolé perpendiculairement à la façade arrière du bâtiment principal
- Les deux volumes disposent d'une toiture à deux versants et de combles non aménagés
- L'entièreté du bâtiment se situe sur un vide-ventilé
- Surface utile intérieure murs : 1.770,2 m² + 461,2 m² de combles non aménagés

Illustrations :



Organisation :

- Le bâtiment principal comporte 3 niveaux. Chaque étage est organisé de la même manière :
 - o Façade avant (S) : 4 classes de cours
 - o Façade arrière (N) : un couloir
 - o Façade latérale (O) : une cage d'escaliers
 - o Façade latérale (E) : une cage d'escaliers, un hall d'entrée au rez-de-chaussée et des sanitaires et un local pour surveillant aux étages
- Le bâtiment secondaire comporte 2 niveaux. On y retrouve :
 - o Au rez-de-chaussée, la salle des professeurs, la bibliothèque, un local de matériel didactique et des sanitaires
 - o Au 1^{er} étage, une très grande classe (de musique) et des sanitaires

Enveloppe :

	Description	U [W/m ² .K]	Surface [m ²]
Toit	Plancher du grenier en structure massive, non isolé	1,05	532,12
Mur	Murs creux avec blocs de béton (19 cm), creux peu ventilé et parement en briques	1,98	990,45
	Murs creux avec blocs de béton (19 cm), creux peu ventilé et parement en panneaux de façade rouges	1,84	174,20
	Colonnes en béton armé	2,70	54,38
	Murs creux avec blocs de béton (19 cm), creux peu ventilé et parement en briques vers EANC	1,69	8,53
Sol	Dalle sur vide ventilé en structure massive (béton)	1,44	532,12
Fenêtres	Simple vitrage, châssis bois - façade avant (S)	Uw = 5,11	225,14
	- façade latérale (O)	Ug = 5,80	26,92
	- façade arrière (N)	G = 0,87	67,27
	- façade latérale (E)	Uf = 2,36	48,93

Résultats PEB :

EE2 Données / résultats	
Ach	1.499,04 m ²
Volume	6.187,74 m ³
Niveau K	149
Niveau Ew	253

Equipement :

- Chauffage central gaz
- Chaudière gaz atmosphérique maintenue à température, hors du volume protégé, rendement de 73,87 % (PCS), température réglable dans chaque local
- Eau chaude sanitaire via chaudière, présence d'un stockage
- Refroidissement : Climatisation par une machine à compression de froid, EER test 2.5
- Pas de système de ventilation
- Eclairage : 17 W/m² dans les zones de travail, 6 W/m² dans les zones de service, détection de présence (réunions et bureaux), pas de réduction du flux lumineux, puissance moyenne surfacique = 13 W/m²
- Pas de protection solaire
- Pas de pont thermique pris en compte
- Etanchéité à l'air : v50 de 15 m³/h.m²

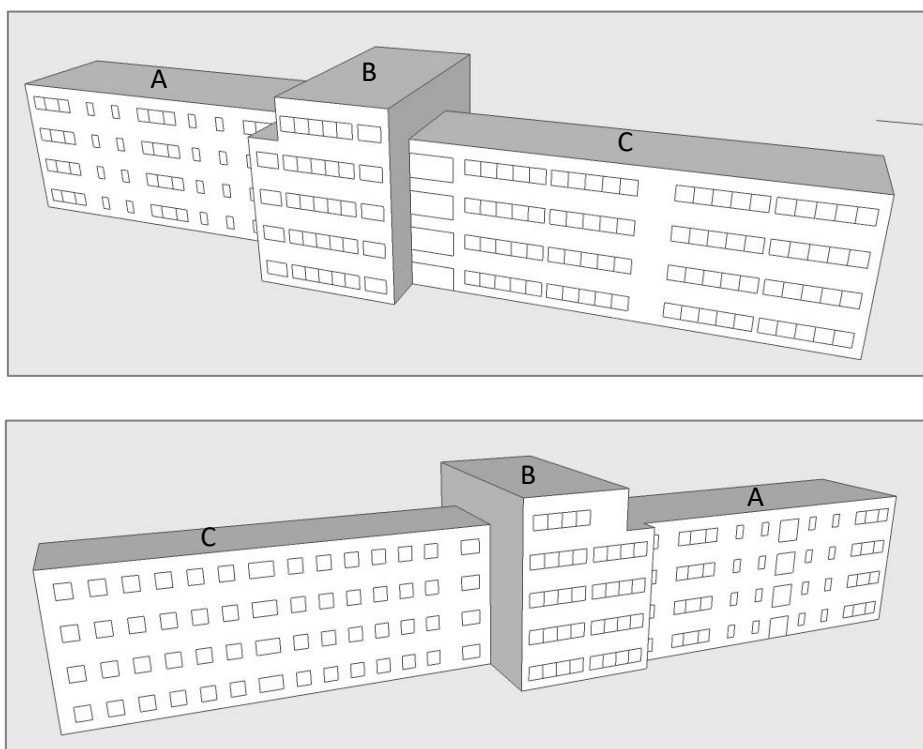
Valeur immobilière : 1.422.562 €

EE3. Ecole secondaire d'après 1970 d'une surface comprise entre 5.000 m² et 10.000 m²

Informations générales :

- Construite après 1970
- Comporte un bloc central et deux ailes latérales
- Façade principale est orientée SE et la façade arrière est orientée NO
- Aucune mitoyenneté
- Surface utile intérieure murs : 4.787,26 m²

Illustrations :



Organisation :

- Bloc A :
 - 4 niveaux
 - Classes de cours sur les deux fronts, séparées par un couloir central
 - Cage d'escalier situé en façade arrière (NO)
- Bloc B :
 - 5 niveaux
 - Classes de cours en façade avant (SE)
 - Espace sanitaire et locaux techniques en façade arrière (NO)
 - Couloir central
- Bloc C :
 - 4 niveaux
 - Classes de cours en façade avant (SE)
 - Couloir en façade arrière (NO)

- Cage d'escalier situé en façade avant (SE), accolée au bloc B

Enveloppe :

	Description	U [W/m ² .K]	Surface [m ²]
Toit	Toiture plate en structure massive (béton)	1,34	1.195,39
Mur	Murs creux en blocs de terre cuite, creux peu ventilé et parement en briques, épaisseur 26 cm	1,60	3.094,13
Sol	Dalle sur sol en structure massive (béton)	0,68	1.195,39
Fenêtres	Simple vitrage, châssis bois - façade avant (SE)	Uw = 5,78	433,50
	- façade latérale (SO)	Ug = 5,8	23,00
	- façade latérale (NE)	G = 0,87	20,00
	- façade arrière (NO)	Uf = 4,51	323,98

Résultats PEB :

EE3 Données / résultats	
Ach	5.043,72 m ²
Volume	19.775,37 m ³
Niveau K	111
Niveau Ew	206

Equipements :

- Chauffage central gaz
- Chaudière gaz atmosphérique maintenue à température, hors du volume protégé, rendement de 73,87 % (PCS), température réglable dans chaque local
- Eau chaude sanitaire via chaudière, présence d'un échangeur externe
- Refroidissement : Climatisation par une machine à compression de froid, EER test 2.5
- Pas de ventilation
- Eclairage : 17 W/m² dans les zones de travail, 6 W/m² dans les zones de service, détection de présence (réunions et bureaux), pas de réduction du flux lumineux, puissance moyenne surfacique = 11,2 W/m²
- Pas de protection solaire
- Pas de pont thermique pris en compte
- Etanchéité à l'air : v50 de 15m³/h.m²

Valeur immobilière : 3.660.385 €

EE4. Bâtiment universitaire de 1968 d'une surface d'environ 10.000 m²

Informations générales :

- Construite en 1968
- Institut de Botanique situé dans la zone sud du campus universitaire du Sart Tilman à Liège
- Aspect monolithique et austère
- Hauteur limitée
- Nombreuses baies vitrées.
- Surface utile intérieure murs : 9.190 m²

Illustrations :



Organisation :

- Rez-de-chaussée : auditoire de 80 places, bibliothèque, salles de cours, herbiers, bureau, salle de réunion, vestiaires, vide donnant sur le niveau -1
- Niveaux -2, -1, +1, +2 et +3 : bureaux, laboratoires, salles de réunion, archives, réfectoire, chambres froides/chaudes
- Niveau +4 : locaux techniques et machinerie ascenseur

Enveloppe :

	Description	U [W/m ² .K]	Surface [m ²]
Toit	Toiture plate en structure massive (béton)	1,55	1.745,89
Mur	Murs extérieurs - mur massif en béton armé de 30 cm d'épaisseur	3,07	3.019,85
	Murs enterrés - mur plein en béton armé de 30 cm d'épaisseur	0,96	357,78
Sol	Dalle sur sol en structure massive (béton)	0,63	1.745,89
Fenêtres	Double vitrage, châssis bois - façade N - arrière	Uw = 2,97	727,52
	- façade O - gauche	Ug = 2,9	106,85
	- façade S - avant	G = 0,77	575,75
	- façade E - droite	Uf = 2,36	154,79

Résultats PEB :

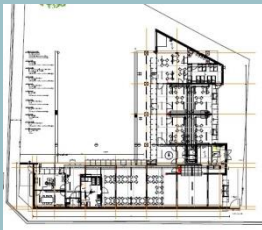

EE4 Données / résultats	
Ach	9.662,08 m ²
Volume	40.559,53 m ³
Niveau K	107
Niveau Ew	176

Equipements :

- Chaudière gaz atmosphérique, hors du volume protégé, rendement de 78,38 % (PCS), température réglable dans chaque local
- Eau chaude sanitaire via chaudière, présence d'un échangeur externe
- Etant donné que le bâtiment universitaire comporte des laboratoires, il dispose d'un Système de ventilation D (Ventilation double flux) mais sans récupérateur de chaleur
- Refroidissement : Climatisation par une machine à compression de froid, EER test 2.5
- Eclairage : 17 W/m² dans les zones de travail, 6 W/m² dans les zones de service, détection de présence (réunions et bureaux), pas de réduction du flux lumineux, puissance moyenne surfacique = 13,4 W/m²
- Pas de protection solaire
- Pas de pont thermique pris en compte
- Etanchéité à l'air : v50 de 15 m³/h.m²

Valeur immobilière : 8.316.310 €

DESCRIPTION DES BÂTIMENTS NEUFS

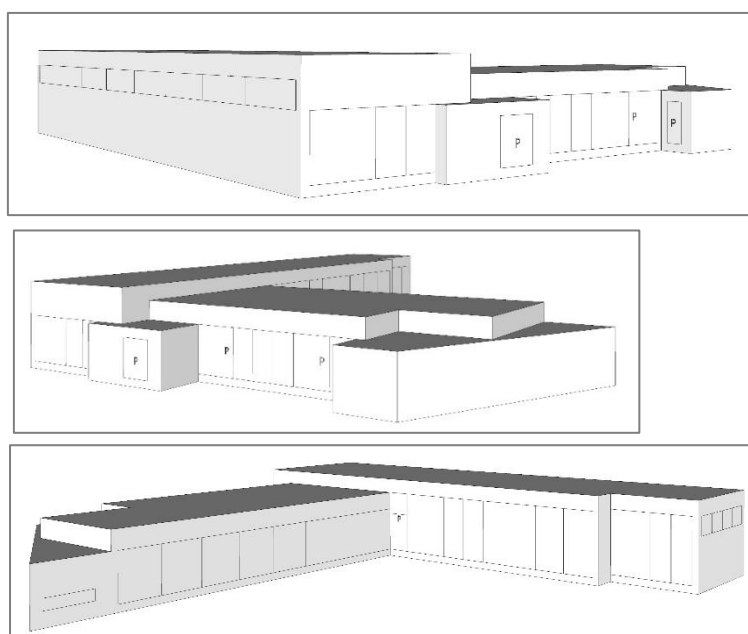
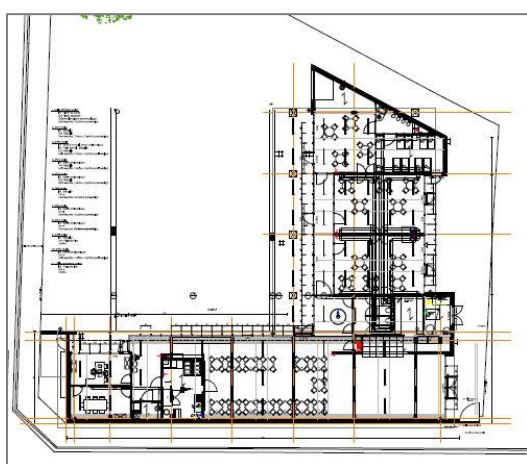
Etablissements scolaires neufs			
> 2008 < 5.000 m ²	EN1		40%
> 2008 < 5.000 m ²	EN2		60%
Total			100%

EN1. Ecole maternelle d'une surface < 5.000 m²

Informations générales :

- Composée d'un seul bâtiment
- Les différentes fonctions sont réparties sur un seul niveau
- Volumétrie marquée par trois niveaux de toitures plates
- Petite école de village de +/- 60 élèves
- Nombreuses baies vitrées
- Surface utile intérieure murs : 440,13 m²

Illustrations :



Organisation :

- L'aile perpendiculaire à la route comprend 1 classe avec dortoir, 2 classes sans dortoir et une zone technique-sanitaire
- L'aile parallèle à la route comprend 2 bureaux, 1 WC, 1 cuisine et le réfectoire faisant aussi office de salle de sport

Enveloppe :

	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture plate en structure massive (béton), 12 cm d'isolation polyuréthane	0,19	486,85
Mur	Murs extérieurs - mur blocs béton 19 + isolant 16 cm de polystyrène expansé et crépi	0,19	393,55
Sol	Dalle sur sol en structure massive (béton) + polyuréthane projeté 10 cm + chape et finition	0,19	486,85
Fenêtres	Double vitrage, châssis PVC : - Façade à rue, avant - NE - Façade droite - NO - Façade arrière - SO - Façade gauche - SE	Uw = 1,64 Ug = 1,1 G = 0,63 U f = 2,4	36,17 38,45 76,05 60,84
Portes	Porte d'entrée	2,0	14,27

EN1 Données	
Ach	486,85 m²
Volume	2.229,85 m³

Equipements :

- Chauffage central mazout, chaudière à condensation avec régulation climatique, dans le volume protégé, rendement de 91,89 % (PCS), température réglable dans chaque local
- Eau chaude sanitaire via chaudière, présence d'un ballon de stockage séparé de la chaudière
- Refroidissement : Climatisation par une machine à compression de froid, électricité. EER test = 2,5
- Eclairage : 17 W/m² dans les zones de travail, 6 W/m² dans les zones de service, détection de présence (réunions et bureaux), pas de réduction du flux lumineux, puissance moyenne surfacique = 11,2 W/m²
- Ventilation double flux (amenées et extractions mécaniques) sans échangeur de chaleur
- Pas de protection solaire
- Pas de pont thermique pris en compte
- Etanchéité à l'air : v50 de 6 m³/h.m²

Valeur immobilière : 867.219 €

EN2. Ecole fondamentale de taille moyenne (+/- 3.000 m²)

Informations générales :

- Ecole fondamentale
- Volumétrie simple
- Façade côté cour (avant) orientée SE
- Surface utile intérieure murs : 3.033,61 m²

Illustrations :



Organisation :

- Niveau R-1 : réserves, cage d'escalier, locaux techniques (chaufferie, entretien, ...), cour autour de laquelle se trouvent une zone de lecture, une classe d'accueil, des classes de 1^{ère} et de 2^{ème} maternelle et un espace de psychomotricité
- Rez-de-chaussée : classes de maternelle et de primaire, cuisine, réfectoire, sanitaires et cage d'escalier
- Etage : classes de primaires, espaces réservés au personnel et cage d'escalier

Enveloppe :

	Description	U [W/m².K]	Surface [m²]
Toit	Toiture plate en structure massive (béton), 10 cm d'isolation polyuréthane	0,24	1.110,87
Mur	Murs extérieurs - mur blocs béton 19 cm + isolant 14 cm de polystyrène expansé et crépi	0,23	691,82
	Murs puit de lumière - mur blocs béton 14 cm + isolant 14 cm de polystyrène expansé et crépi	0,22	41,71
	Murs contre terre : bloc béton 29 cm + isolant 8 cm polystyrène extrudé + étanchéité	0,24	523,23
Sol	Dalle sur sol en structure massive (béton) + polyuréthane projeté 8 cm + chape et finition	0,24	1.243,82
Fenêtres	Double vitrage, châssis PVC		
	<ul style="list-style-type: none"> Façade NO - arrière Façade SO - gauche Façade SE - avant Façade NE - droite 	Uw = 1,64 Ug = 1,1 G = 0,63 Uf = 2,4	269,42 45,09 258,13 35,15
	Fenêtre de toit	Uw = 1,72	4,00
Portes	Portes extérieures pleines	2.00	33,79

EN2 Données	
Ach	3.226,11 m²
Volume	11.532,29 m³

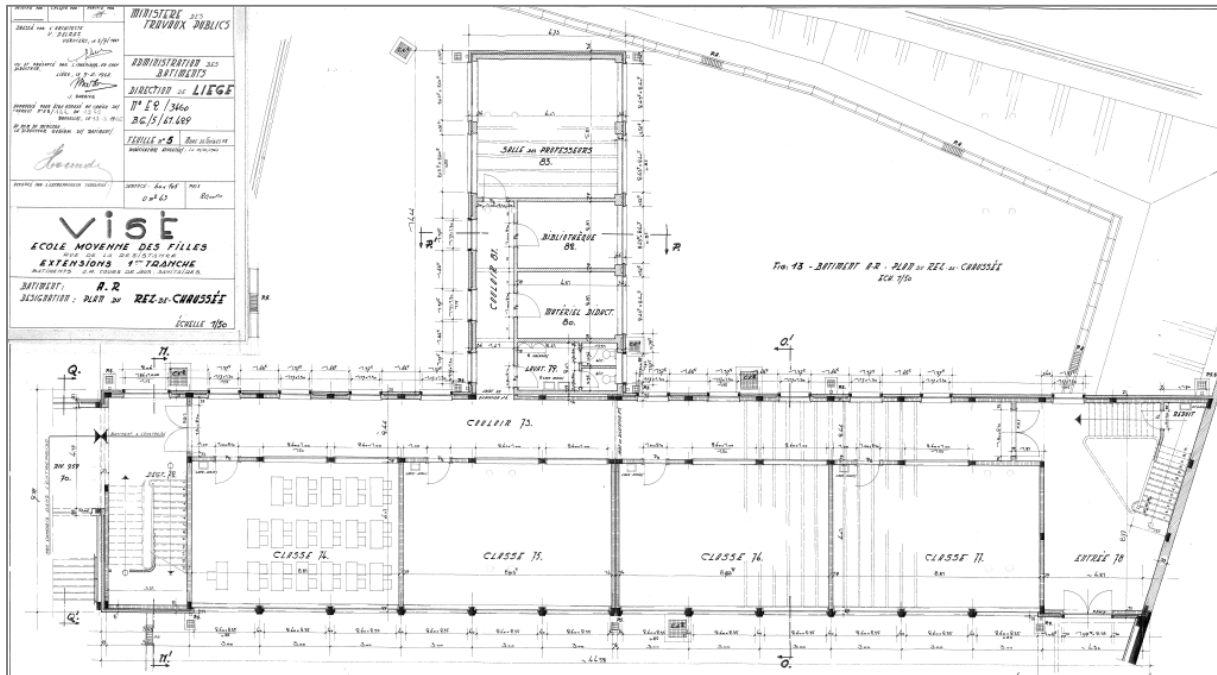
Equipements :

- Chauffage central gaz, chaudière gaz à condensation avec régulation climatique, dans le volume protégé, rendement de 96,39 % (PCS), température réglable dans chaque local, émission via radiateurs
- Eau chaude sanitaire via chaudière, présence d'un ballon de stockage séparé de la chaudière
- Refroidissement : Climatisation par une machine à compression de froid, électricité. EER test = 2,5
- Système de ventilation : amenées mécaniques, extractions mécaniques (double flux) sans échangeur
- Eclairage : 17 W/m² dans les zones de travail, 6 W/m² dans les zones de service, détection de présence (réunions et bureaux), pas de réduction du flux lumineux, puissance moyenne surfacique = 11,2 W/m²
- Pas de protection solaire
- Pas de pont thermique pris en compte
- Etanchéité à l'air : v50 de 6 m³/h.m²

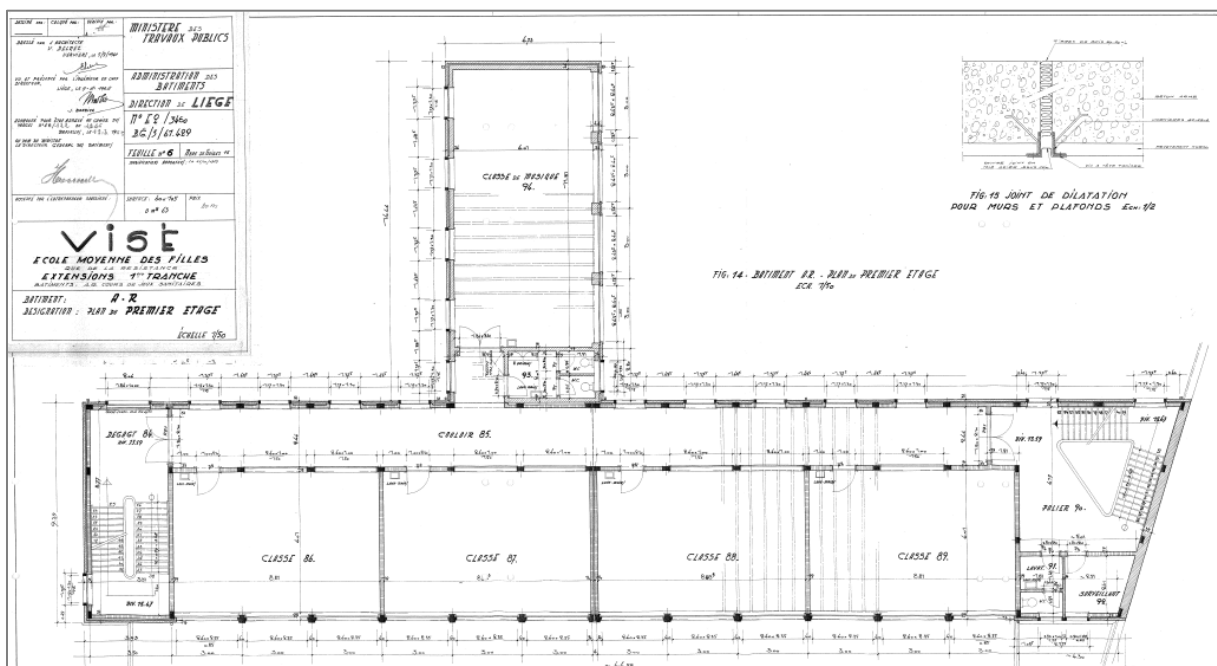
Valeur immobilière : 5.483.557 €

Annexes : plans

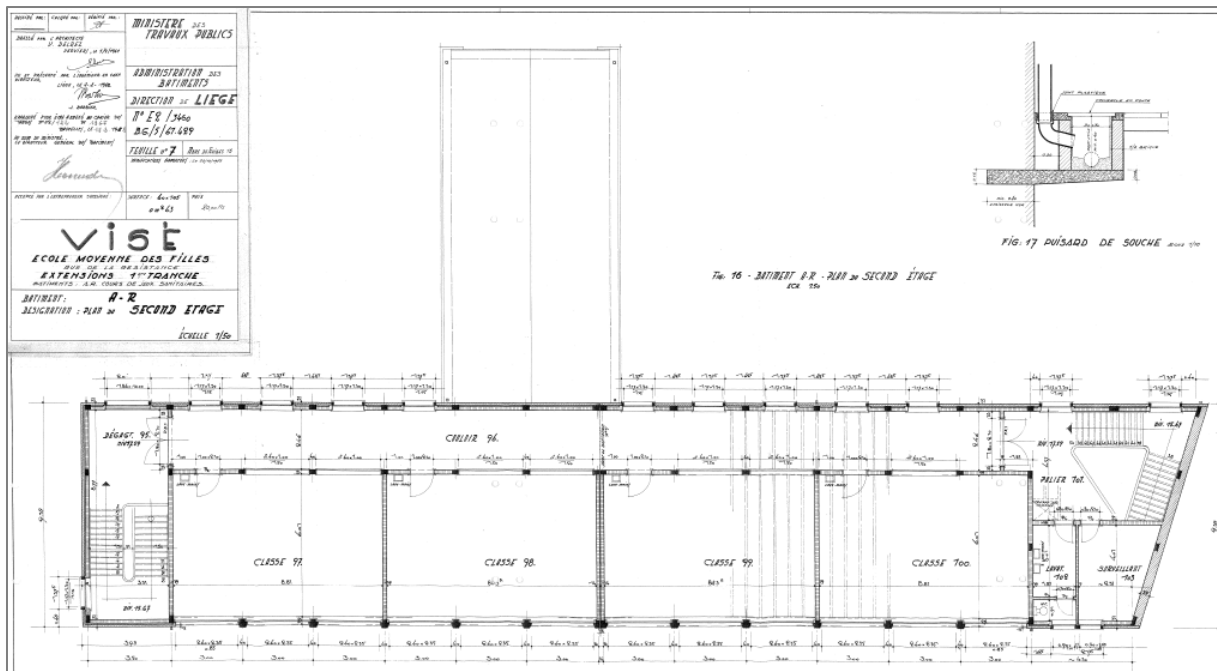
EE2. Ecole maternelle primaire de 1950 d'une surface < 5.000 m²



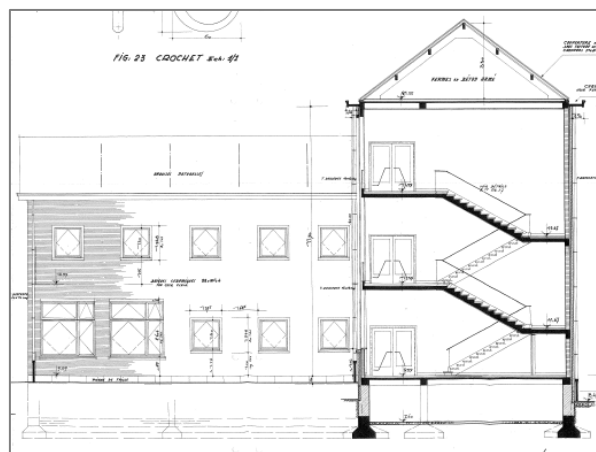
Plan du rez-de-chaussée



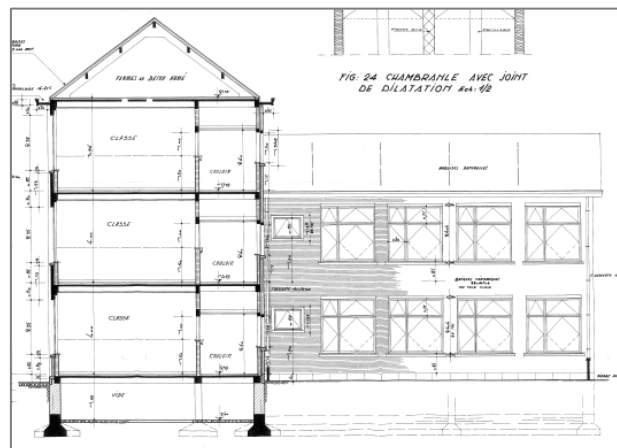
Plan du 1^{er} étage



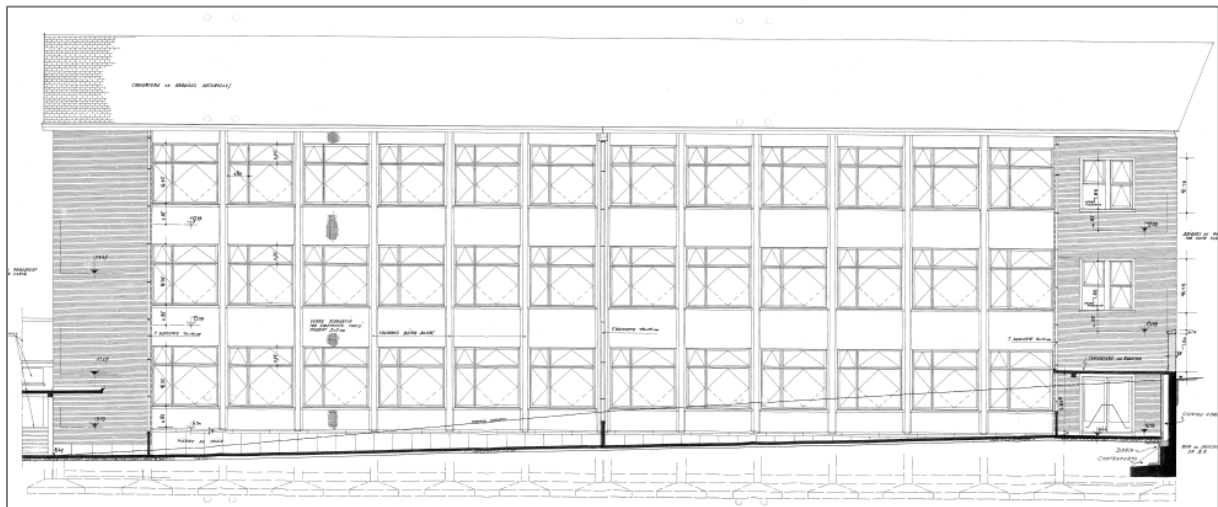
Plan du 2ème étage



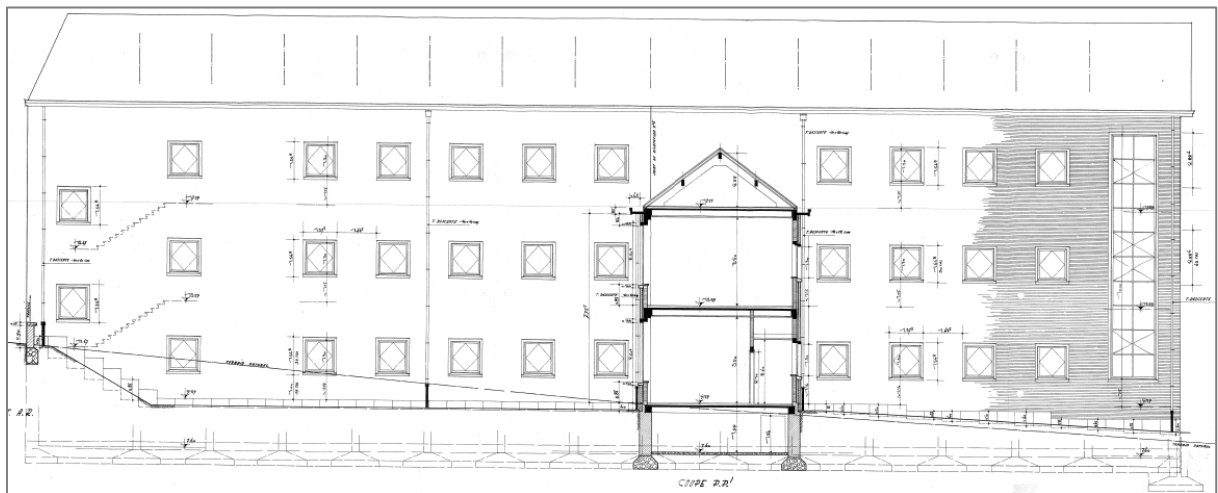
Coupe 1



Coupe 2

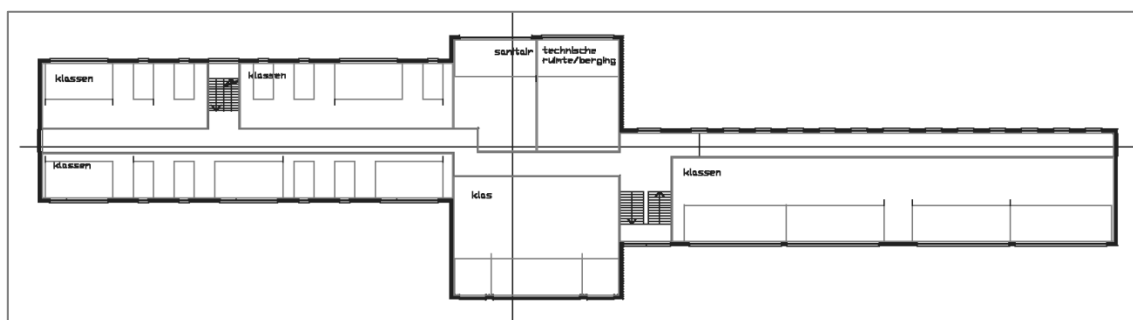


Façade avant



Façade arrière

EE3. Ecole secondaire d'après 1970 d'une surface comprise entre 5.000 m² et 10.000 m²



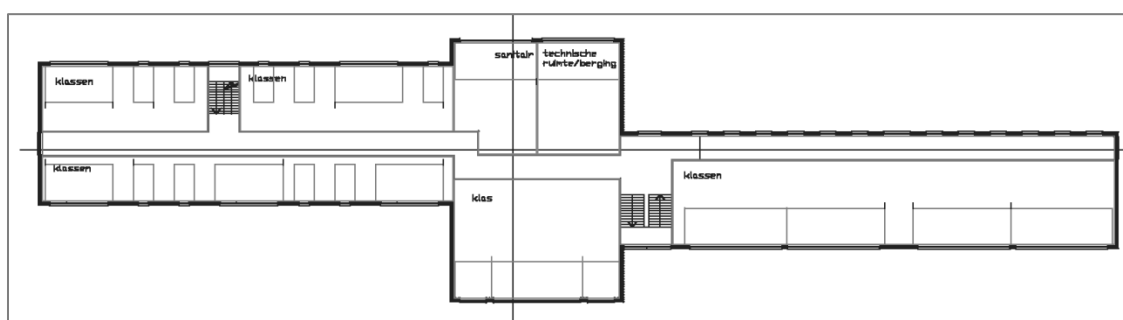
Plan du rez-de-chaussée



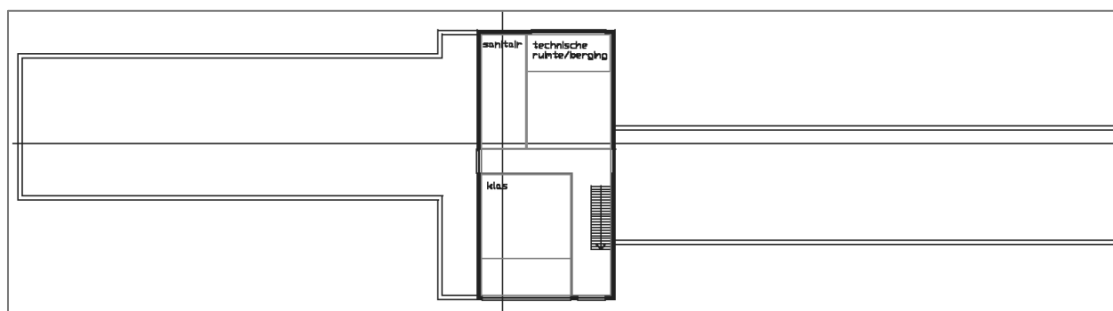
Plan du 1^{er} étage



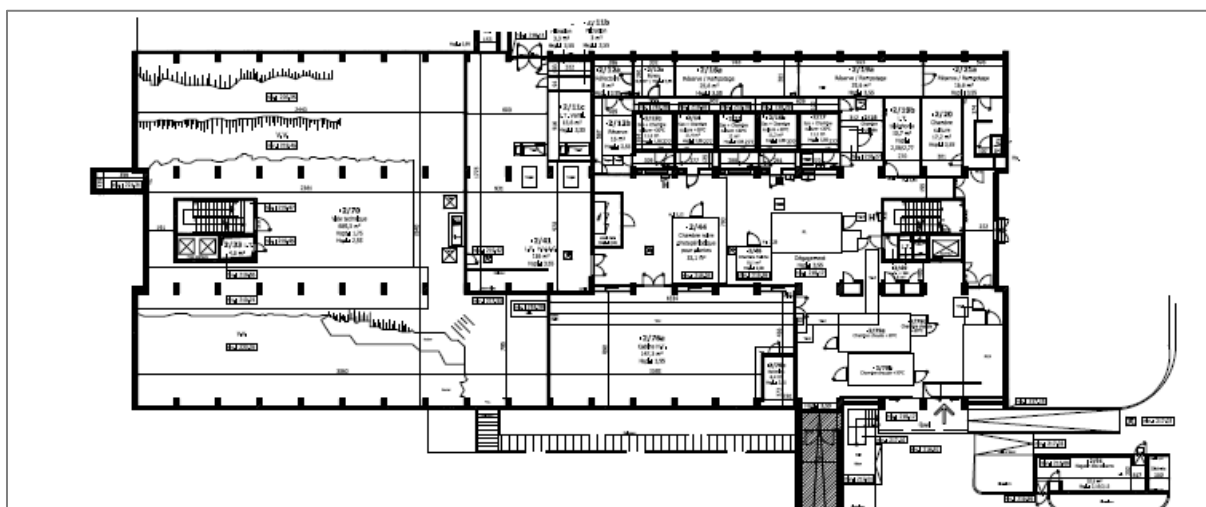
Plan du 2^{ème} étage



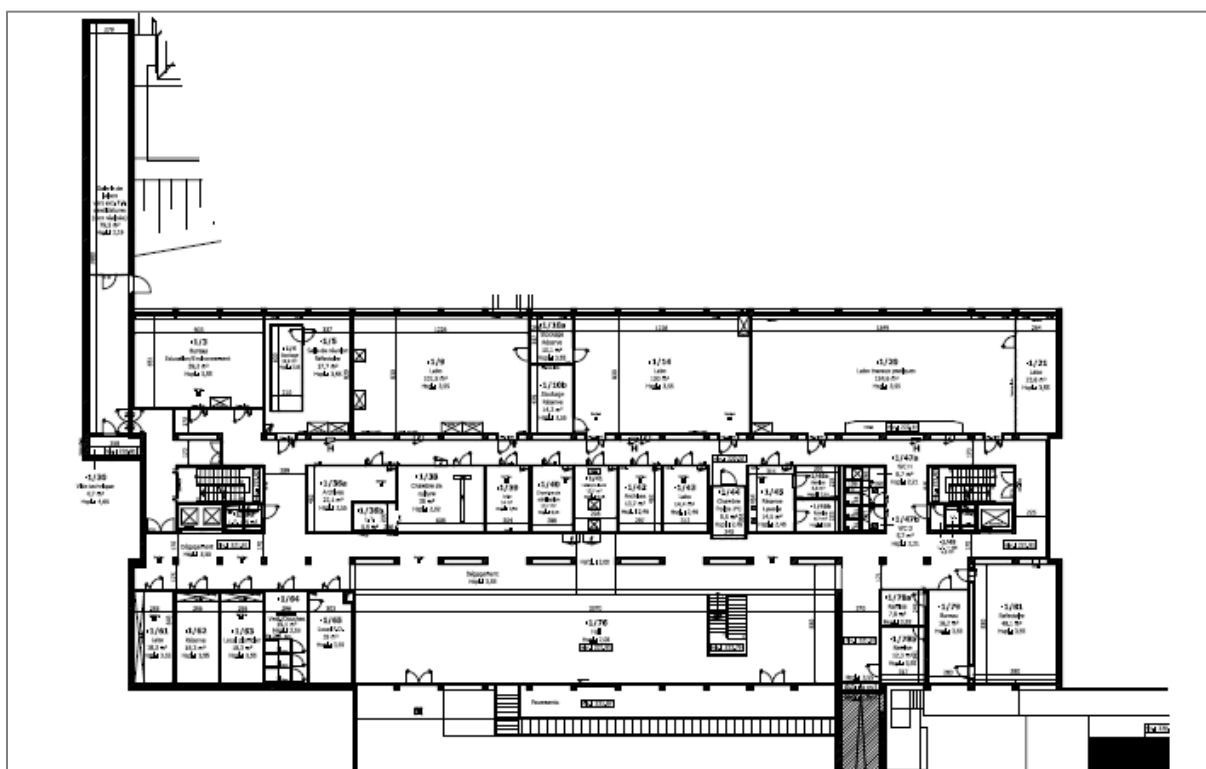
Plan du 3^{ème} étage

*Plan du 4^{ème} étage**Plan du 5^{ème} étage*

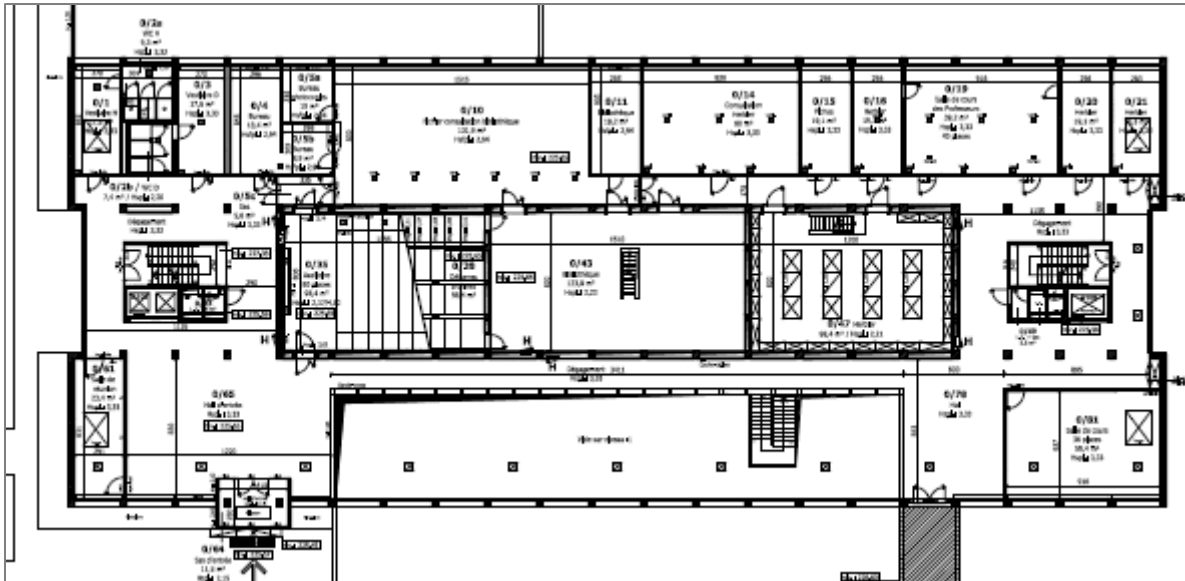
EE4. Bâtiment universitaire de 1968 d'une surface d'environ 10.000 m²



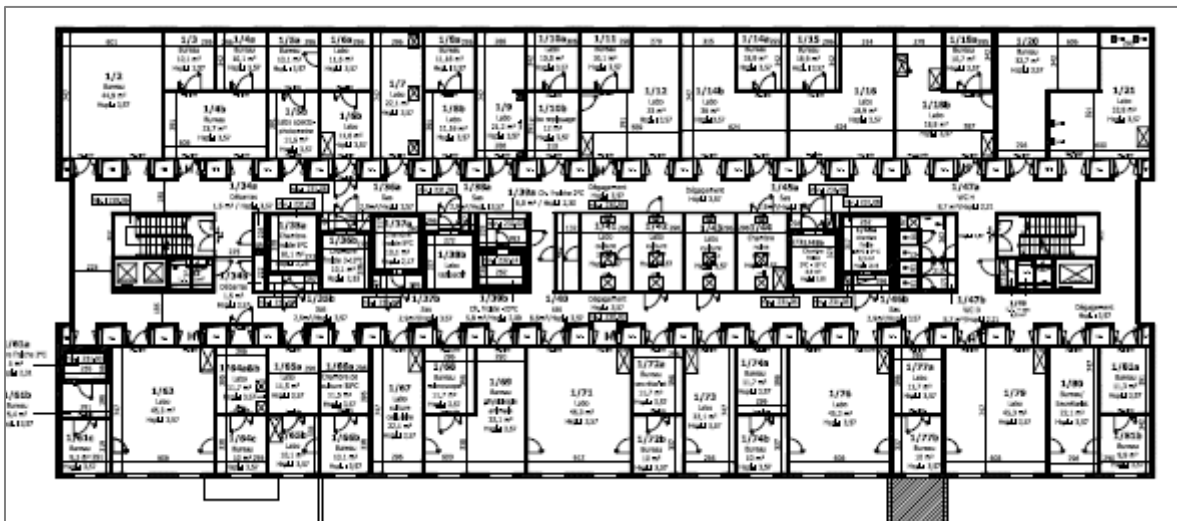
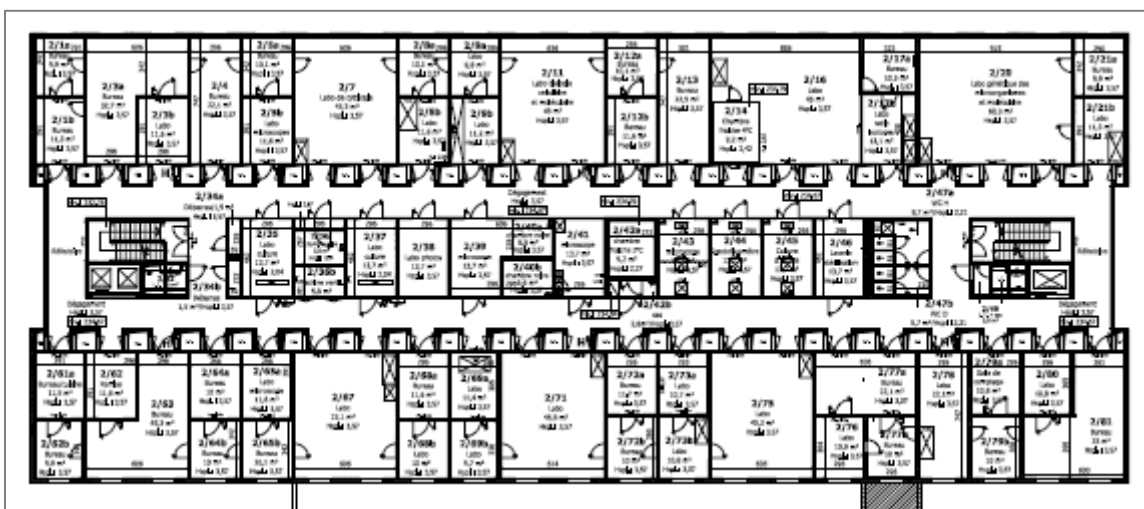
Plan de l'étage - 2

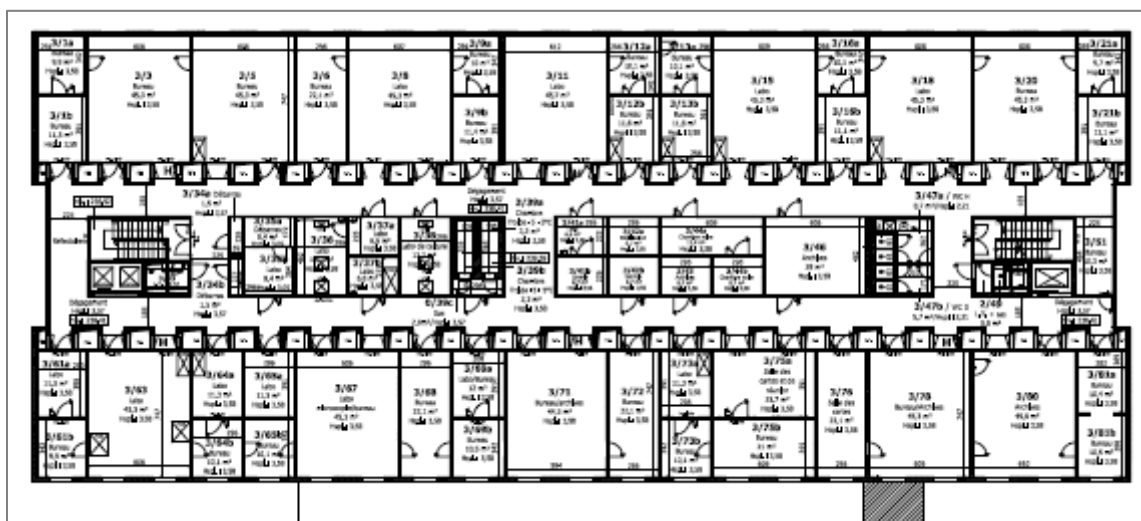
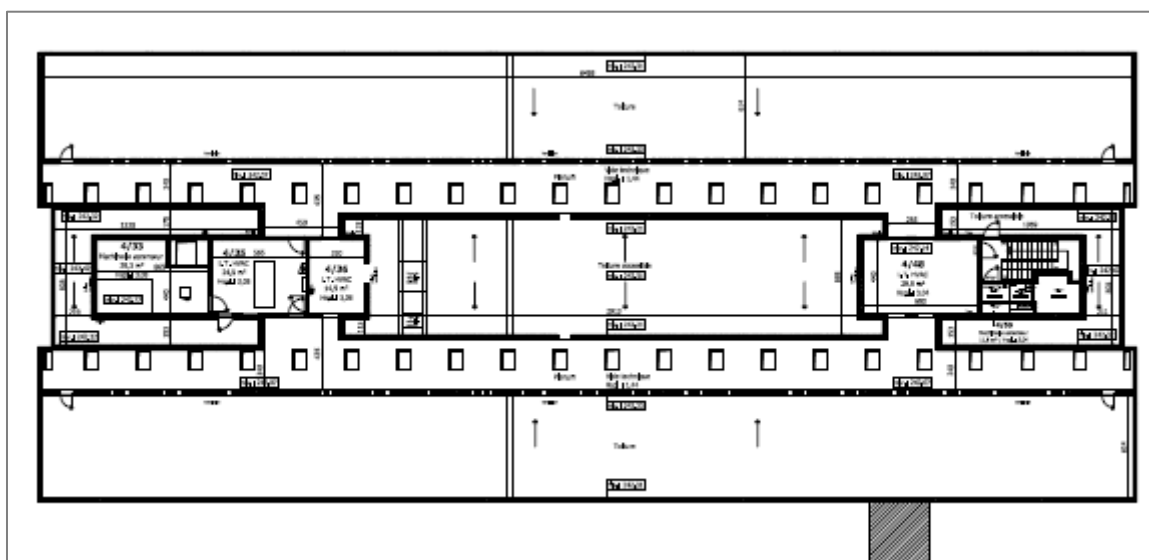


Plan de l'étage - 1

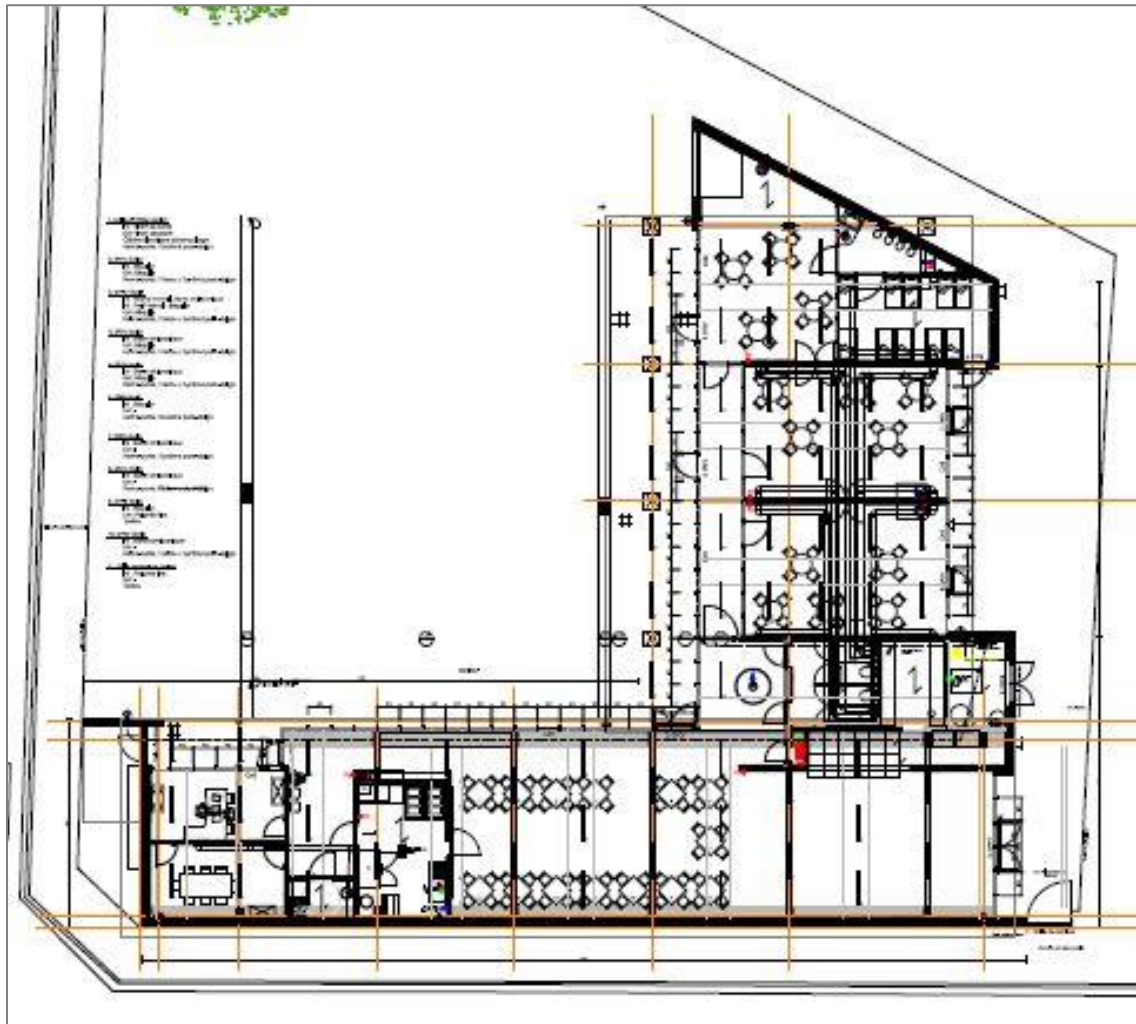


Plan du rez-de-chaussée

Plan du 1^{er} étagePlan du 2^{ème} étage

Plan du 3^{ème} étagePlan du 4^{ème} étage

EN1. Ecole maternelle d'une surface < 5.000 m²



EN2 : Ecole fondamentale de taille moyenne (+/- 3.000 m²)

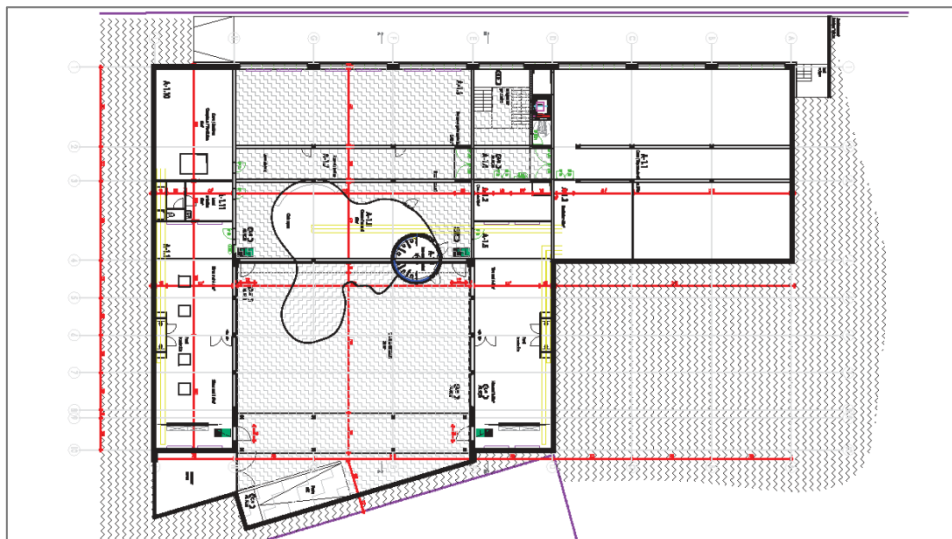


Figure 1 - Plan du R-1

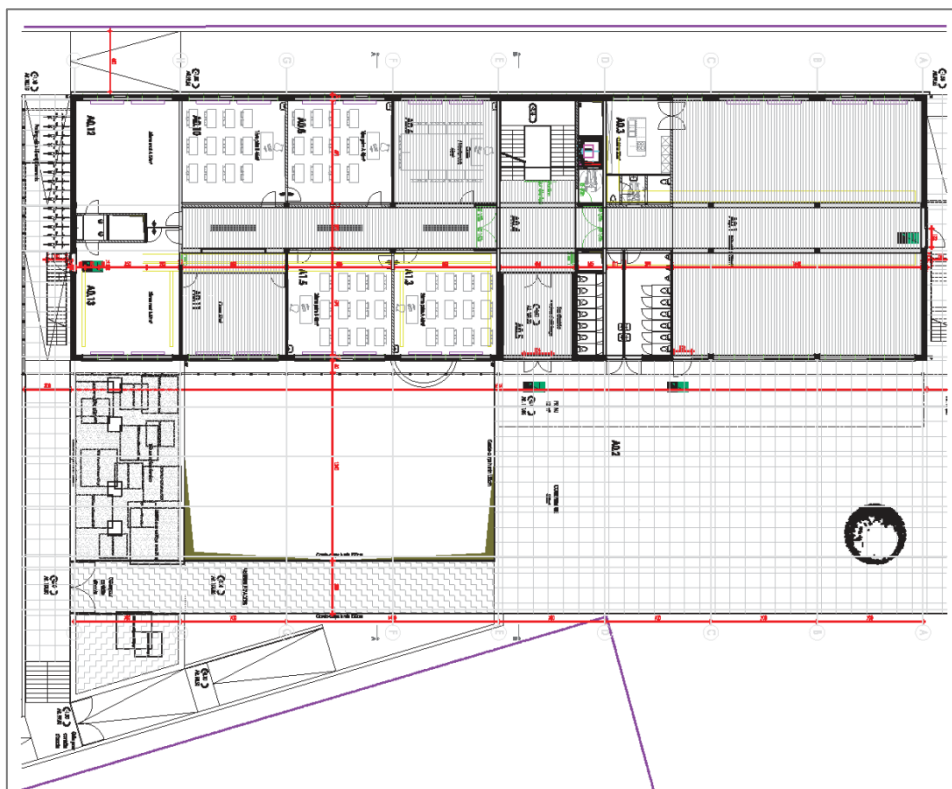


Figure 2 - Plan du R

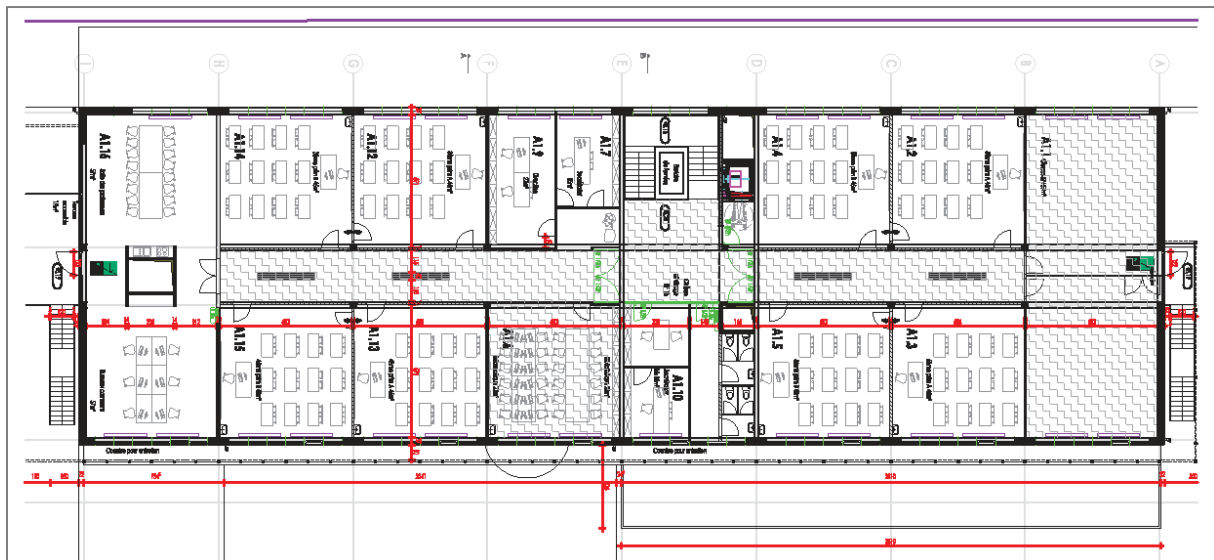


Figure 3 - Plan du R+1

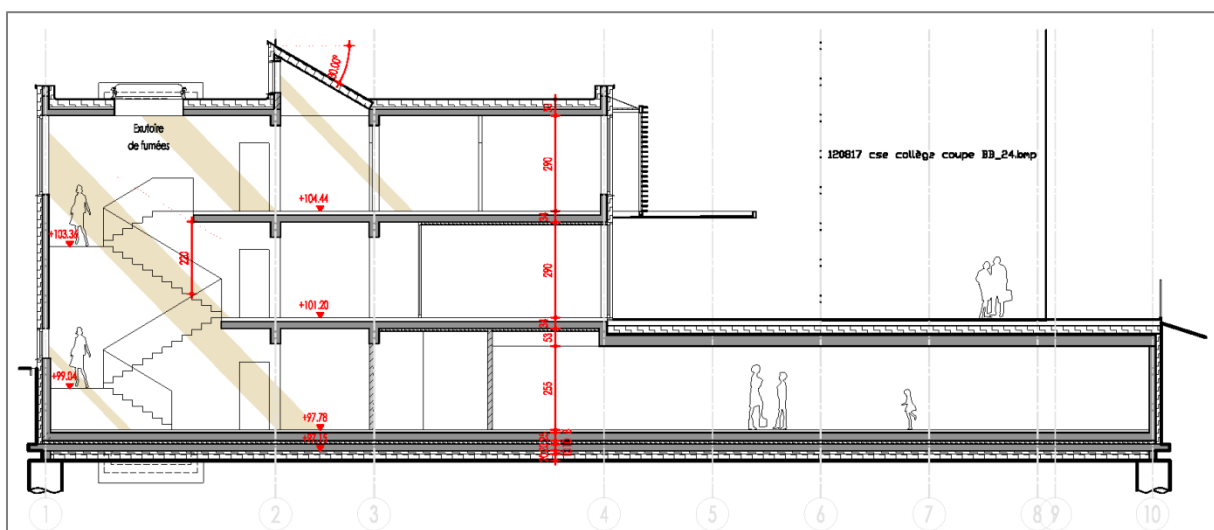


Figure 4 - Coupe