

## Construction du Collège ARTEM Nancy



### Dossier Climaxion (hors pièces MOA)

Avril 2020

#### ETUDE D'OPTIMISATION APPEL A PROJETS « BATIMENTS EXEMPLAIRES PASSIFS »

**Architecte Mandataire :**

**MU Architecture**  
43 rue Beaubourg – 75003 Paris  
T +33.09.52.00.43.91  
ludovic.malbet@mu-a.fr  
laura.houssin@mu-a.fr

**Bureau d'étude HQE :**  
**MILIEU STUDIO**

3 rue Sainte Marie des Terreaux – 69001 Lyon  
T +33.04.78.39.44.28  
jv@milieu.fr / jpd@milieu.fr

**Bureau d'étude FLUIDES :**  
**BET CHOLET**

11 rue de la gantière – 63000 Clermont Ferrand  
T +33.04.73.28.6050  
msyre@betcholet.fr  
atouzani@betcholet.fr

**Bureau d'étude VRD:**

**3IA**  
33 rue de Cormey – 37550 Saint-Avertin  
T +33.002.47.48.80.48  
olivier.champoux@3ia.fr

**Bureau d'étude BOIS :**

**BET GAUJARD**  
355 rue Pierre Seghers – 84000 Avignon  
T +33.04.90.86.16.96  
christelle.quinonero@bet-gaujard.com

SOUS TRAITANT BETON : ANATECH

**BSSI CONSEILS**

8 RUE Albert Einstein – 54320 Maxeville  
T +33.03.83.96.33.30  
thierry.davanzo@bssi-conseils.com

**Economiste de la construction :**  
**VPEAS**

80 Rue Faubourg Saint Denis – 75010 Paris  
T +33.01.42.29.70.02  
j.cousin@vpeas.com

**Paysagiste :**

**ATELIER MOABI**  
45 Rue Lepic – 75018 Paris  
T +33.01.42.57.43.93  
ps@atelier-miabi.fr

---

# SOMMAIRE

Sommaire .....	2
Liste des pièces justificatives en annexe.....	3
Synthèse de conception .....	3
1.    Projet .....	3
1.1    Données générales .....	3
1.2    Surfaces .....	4
1.3    Enveloppe.....	4
1.3.1    Parois .....	4
1.3.2    Menuiseries .....	6
1.3.3    Ponts thermiques .....	7
1.3.4    Infiltration à l'air .....	9
1.4    Equipements.....	9
1.4.1    Installations de chauffage.....	9
1.4.2    Installations de refroidissement.....	12
1.4.3    Production d'eau chaude sanitaire .....	12
1.4.4    Ventilation et auxiliaires.....	13
1.4.5    Eclairage artificiel .....	14
1.4.6    Electricité spécifique.....	15
1.4.7    Comptage .....	15
2.    Calculs par la méthode PHPP et par STD .....	16
3.    Calcul RT2012.....	17
4.    Evaluation de l'énergie grise et des émissions de GES .....	18
5.    Bilan financier .....	18
6.    Conclusion.....	19

---

# LISTE DES PIÈCES JUSTIFICATIVES EN ANNEXE

- 1\_Plan de situation du terrain
- 2\_Perspective d'insertion
- 3\_Plan de masse
- 4\_Plan de RDC
- 5\_Plan de R+1
- 6\_Plan de R+2 et R+3
- 7\_Elévations
- 8\_Elévations
- 9\_Tableau de surfaces
- 10\_CCTP Performance énergétique
- 11\_Carnet de Menuiseries Extérieures
- 12\_CCTP Lot 04\_Menuiseries extérieures et protections solaires.
- 13\_Carnet de Détails architecturaux
- 14\_CCTP Test Etanchéité à l'air
- 15\_CCTP Lot 11\_CVC Plomberie
- 16\_CCTP Lot 12\_Electricité
- 17\_CCTP Lot 13\_Asensceur
- 18\_PHPP\_V9.6a\_FR Milieu-optimisé
- 19\_STD\_V12\_version PHPP
- 20\_Notice thermique\_Calcul RT2012
- 21\_Analyse cycle de vie
- 22\_Carnet d'approvisionnement, d'entretien et de maintenance
- 23\_Schéma du réseau CVC

---

## SYNTHESE DE CONCEPTION

### 1. PROJET

#### 1.1 DONNEES GENERALES

##### Pièces justificatives :

- 1\_Plan de situation du terrain
- 2\_Perspective d'insertion
- 3\_Plan de masse
- 4\_Plan de RDC
- 5\_Plan de R+1
- 6\_Plan de R+2 et R+3
- 7\_Elévations
- 8\_Elévations

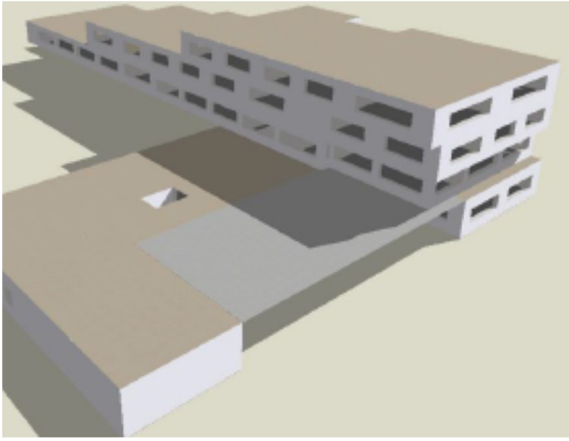
##### Plan et approche bioclimatique :

Le collège est un bâtiment entièrement neuf projeté sur la parcelle vide BP8100 de 51x95m du secteur Artem. Il ne fait l'objet d'aucune extension de l'existant ni de réhabilitation. Le collège se compose d'un corps de bâtiment en RDC orienté Nord-Sud et dont la façade principale d'entrée au Sud sur la rue de l'Ecole de Nancy fait face à la plaine des loisirs (bassin de rétention du site) ; et d'un corps de bâtiment principal en escalier, allant du R+1 au R+3 et orienté Est-Ouest le long de la rue Michel Dinet, dans lequel se trouvent l'ensemble des salles de classes.

Le bâtiment neuf a été modélisé dans son ensemble, pour le compte des diverses études de conception (STD notamment). Les masques solaires proches ont été négligés compte tenu de leur position et de leur taille limitée par rapport à l'implantation du projet. En effet, le seul édifice proche est le bâtiment du Crous situé de l'autre côté de la rue Michel Dinet, c'est-à-dire à une distance de 18cm et d'une hauteur maximale de 15m.

La point haut du collège, sur sa pointe Sud Est, atteint quant lui à altimétrie 19,30m.

Aucun relief naturel notable et pouvant faire office de masque n'est à noter.



L'équipe projet s'est imprégnée des atouts et contraintes du site et du programme pour proposer un projet architectural et technique en accord avec les enjeux passifs. Ainsi le projet prévoit une **volumétrie compacte** en alignant l'enveloppe thermique d'un étage sur l'autre (absence de débord) tout en respectant la volonté urbaine de retrouver des épannelages du Sud vers le Nord. L'ouverture des façades du collège en bandeaux filants sur allèges pleine permet d'homogénéiser la répartition de la lumière tout en limitant les déperditions de chaleur l'hiver et les apports solaires l'été.

Figure 1 : Modélisation du bâtiment sous Design Builder en phase Concours

Le collège qui se déploie donc en L en limites de propriété abrite en cœur de parcelle une cour de récréation. Cette cour est végétalisée par des arbres isolés en fosses, par des plateformes faisant aussi office d'assises, et par une lisière arborée à l'ouest de la parcelle le long du parking mutualisé prévu pour le secteur. L'ensemble des essences prévues répondent au cahier des charges de la Zac Artem et font référence à l'Ecole de Nancy. De plus une continuité paysagère visuelle est créée entre la plaine des loisirs, la toiture végétalisée du corps du bâtiment en RDC et la cour de récréation ; participant à la bonne insertion du projet.

#### Compacité du projet :

- Surface de parois déperditives : **6462,38 m<sup>2</sup>** (source : calcul PHPP)
- Surface utile : **2709,5 m<sup>2</sup>**
- Indice de compacité : **2,38**

## 1.2 SURFACES

#### Pièces justificatives :

- 9\_Tableau de surfaces (détails de calcul)

Tab 1. Tableau détails de la SU/SHAB, de la SDP et de la Surface Energétique de Référence

Bâtiment	Etages	SDP	SU	SRE
Collège	RDC	1450,20 m <sup>2</sup>	942,6 m <sup>2</sup>	
Collège	R+1	112,40 m <sup>2</sup>	802,5 m <sup>2</sup>	
Collège	R+2	719,20 m <sup>2</sup>	536,4 m <sup>2</sup>	
Collège	R+3	529,20 m <sup>2</sup>	428,0 m <sup>2</sup>	
<b>Total</b>		<b>3 891,0 m<sup>2</sup></b>	<b>2 709,5 m<sup>2</sup></b>	<b>3 178,5 m<sup>2</sup></b>

Calcul SRE = Surface des locaux destinés à être chauffés.

Surfaces utiles comptabilisées à 100%.

Surfaces de circulation comptabilisées à 60%.

Les cages d'escaliers, d'ascenseurs et les gaines techniques ne font pas partie de la SRE.

## 1.3 ENVELOPPE

### 1.3.1 PAROIS

#### Pièces justificatives :

- 10\_CCTP Performance énergétique, pages 5 à 10

Ce document reprend de manière d'autant plus détaillée le tableau 2 du règlement, à savoir : nomenclature précise des parois avec prise en compte structure et ponts thermiques. La localisation de ces parois est indiquée sur plans de repérage en pages 17 à 29.

- 18\_PHPP\_V9.6a\_FR Milieu-optimisé

Le projet, principalement en structure bois poteau-poutre, a recours à des isolants biosourcés et recyclés, comme la paille et la ouate de cellulose. La construction du collège en filière sèche conduit à maîtriser l'impact carbone du projet ainsi que les délais de chantier.

Comme cela est précisé ci-après dans la paroi MOB-01, la composition courante de mur ossature bois comprend ainsi une isolation de 36cm de paille entre montants, avec doublages complémentaires intérieur et extérieur, en accord avec les objectifs PassivHaus. Les isolants sont fixés par des chevilles synthétiques..

Le revêtement extérieur en métal ondulé perforé n'est pas renseigné dans le tableau suivant, il fera l'objet d'une étude en EXE.

**Tab 2. Tableau composition des parois**

Paroi	Composition	Epaisseur en cm	$\lambda$ en W/(m.k)	R en m <sup>2</sup> .k/W	U <sub>paroi</sub> en W/(m <sup>2</sup> .k)
MOB-01	Doublage ext – isolant laine minérale	6	0,038	1,579	
	Doublage ext – montant bois (6%)	6	0,180	0,333	
				<b>1,501</b>	
	MOB – isolant paille	36	0,052	6,923	
	MOB – montant bois (18%)	36	0,180	2,000	
				<b>6,037</b>	
	Doublage int – isolant laine minérale	6	0,040	1,400	
				<b>1,203</b>	
<b>Total</b>					<b>0,112</b>
Paroi	Composition	Epaisseur en cm	$\lambda$ en W/(m.k)	R en m <sup>2</sup> .k/W	U <sub>paroi</sub> en W/(m <sup>2</sup> .k)
MOB-02	Doublage ext – isolant laine minérale	6	0,038	1,579	
	Doublage ext – montant bois (6%)	6	0,180	0,333	
				<b>1,501</b>	
	MOB – Ouate de cellulose	26	0,042	6,190	
	MOB – montant bois (18%)	26	0,180	2,000	
				<b>5,436</b>	
	Doublage int – isolant laine minérale	6	0,040	1,400	
				<b>1,203</b>	
<b>Total</b>					<b>0,120</b>
Paroi	Composition	Epaisseur en cm	$\lambda$ en W/(m.k)	R en m <sup>2</sup> .k/W	U <sub>paroi</sub> en W/(m <sup>2</sup> .k)
ME-01	Doublage ext – isolant laine minérale	6	0,038	1,579	
	Doublage ext – montant bois (6%)	6	0,180	0,333	
				<b>1,501</b>	
	MOB – Laine de bois ou Ouate	14	0,042	3,333	
	MOB – montant bois (7%)	14	0,180	0,778	
				<b>3,156</b>	
<b>Total</b>					<b>0,207</b>
Paroi	Composition	Epaisseur en cm	$\lambda$ en W/(m.k)	R en m <sup>2</sup> .k/W	U <sub>paroi</sub> en W/(m <sup>2</sup> .k)
ME-02	Laine minérale ext. Isofaçade 32R	14	0,032	4,350	
	Béton armé	20	2,500	0,080	
				<b>4,430</b>	
<b>Total</b>					<b>0,217</b>
Paroi	Composition	Epaisseur en cm	$\lambda$ en W/(m.k)	R en m <sup>2</sup> .k/W	U <sub>paroi</sub> en W/(m <sup>2</sup> .k)
MI-01	Béton	16	2,500	0,064	
	Isolant int. Fibrastyroc Ultra Phonic (nombre de fixations : 7)	20	0,034	5,900	
	<b>Total</b>				<b>0,195</b>

Paroi	Composition	Epaisseur en cm	$\lambda$ en W/(m.k)	R en m <sup>2</sup> .k/W	U <sub>paroi</sub> en W/(m <sup>2</sup> .k)
PB-01	Isolant PU sous chape	12	0,022	5,550	
	Dalle béton	20	2,500	0,080	
				<b>5,630</b>	
	<b>Total</b>				<b>0,168</b>
Paroi	Composition	Epaisseur en cm	$\lambda$ en W/(m.k)	R en m <sup>2</sup> .k/W	U <sub>paroi</sub> en W/(m <sup>2</sup> .k)
PB-02	Isolant Rockfeu RSD 60	36	0,035	10,400	
	CLT	18	0,180	1,000	
				<b>8,250</b>	
	<b>Total</b>				<b>0,113</b>
Paroi	Composition	Epaisseur en cm	$\lambda$ en W/(m.k)	R en m <sup>2</sup> .k/W	U <sub>paroi</sub> en W/(m <sup>2</sup> .k)
PH-01	Verre cellulaire type Ready Block Foamglas T4+	20	0,041	4,800	
	CLT	11	0,180	0,611	
				<b>5,411</b>	
	<b>Total</b>				<b>0,180</b>
Paroi	Composition	Epaisseur en cm	$\lambda$ en W/(m.k)	R en m <sup>2</sup> .k/W	U <sub>paroi</sub> en W/(m <sup>2</sup> .k)
PH-02	Ouate de cellulose	32	0,042	7,619	
	OSB	2,2	0,000	0,000	
	Laine de roche	6	0,040	1,500	
				<b>9,119</b>	
	<b>Total</b>				<b>0,108</b>
Paroi	Composition	Epaisseur en cm	$\lambda$ en W/(m.k)	R en m <sup>2</sup> .k/W	U <sub>paroi</sub> en W/(m <sup>2</sup> .k)
PH-03	Isolant Polyuréthane Efigreen Duo+	20	0,022	9,000	
	Dalle BA	20	2,500	0,080	
				9,080	
	<b>Total</b>				<b>0,108</b>

### 1.3.2 MENUISERIES

Pièces justificatives :

- 11\_Carnet de Menuiserie Ext (avec repérage et description de toutes les typologies de menuiseries).
- 12\_CCTP Lot 04\_Menuiseries extérieures et protections solaires.
- 18\_PHPP\_V9.6a\_FR Milieu-optimisé

Tab 3. Tableau répartition des menuiseries

		Nord	Sud	Est	Ouest	Total
RDC	Surface vitrée	86,9 m <sup>2</sup>	51,3 m <sup>2</sup>	64,9 m <sup>2</sup>	95,6 m <sup>2</sup>	298,7 m <sup>2</sup>
R+1	Surface vitrée	0,0 m <sup>2</sup>	34,7 m <sup>2</sup>	89,5 m <sup>2</sup>	87,0 m <sup>2</sup>	211,2 m <sup>2</sup>
R+2	Surface vitrée	0,0 m <sup>2</sup>	6,0 m <sup>2</sup>	33,6 m <sup>2</sup>	35,1 m <sup>2</sup>	74,7 m <sup>2</sup>
R+3	Surface vitrée	0,0 m <sup>2</sup>	0,0 m <sup>2</sup>	28,1 m <sup>2</sup>	34,1 m <sup>2</sup>	62,2 m <sup>2</sup>
Total	Surface vitrée	86,9 m <sup>2</sup>	92,0 m <sup>2</sup>	216,1 m <sup>2</sup>	251,8 m <sup>2</sup>	<b>646,8 m<sup>2</sup></b>
	% de vitrage (par rapport à la surface de façade)	19,7%	18,1%	22,5%	23,4%	<b>21,7%</b>
	Ratio clair de vitrage/SRE5					<b>20,4%</b>



L'ensemble des menuiseries du projet est numéroté, décrit et repéré clairement sur un plan de repérage dans le carnet de menuiserie en annexe. La composition complète de chaque menuiserie est détaillée dans le PHPP.

Les menuiseries préconisées sont mixte bois pin teinté naturel intérieur - capotage aluminium extérieur Ral 7016, dito teinté bardage. Quant au BSO ils sont situés à l'extérieur, entre le MOB et le bardage métallique.

Les baies prises en compte dans l'étude présentent les caractéristiques suivantes :

**Tab 4. Tableau composition des menuiseries.**

Produit	Ug (W/m².K)	Uf (W/m².K)	Facteur solaire	Transmission lumineuse	Largeur cadre	Largeur séparatif verticaux	Hauteur	Largeur
Baie courante	0,5	1,4	0,50	0,70	% de clair d'après calcul PHPP		Idem PHPP et carnet menuiseries	

### 1.3.3 PONTS THERMIQUES

Pièces justificatives :

- 10\_CCTP Performance énergétique, pages 13 à 15
- 13\_Carnet de Détails architecturaux
- 18\_PHPP\_V9.6a\_FR Milieu-optimisé

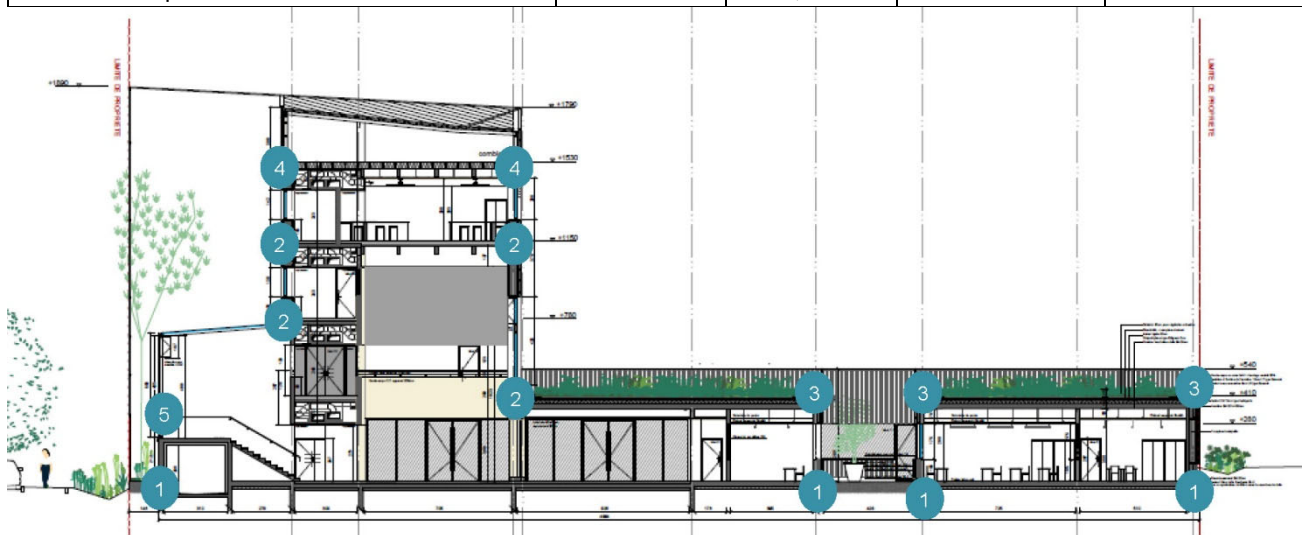
Les ponts thermiques sont repérés et numérotés sur une coupe. Leur détail de traitement figure dans le carnet de détails architecturaux.

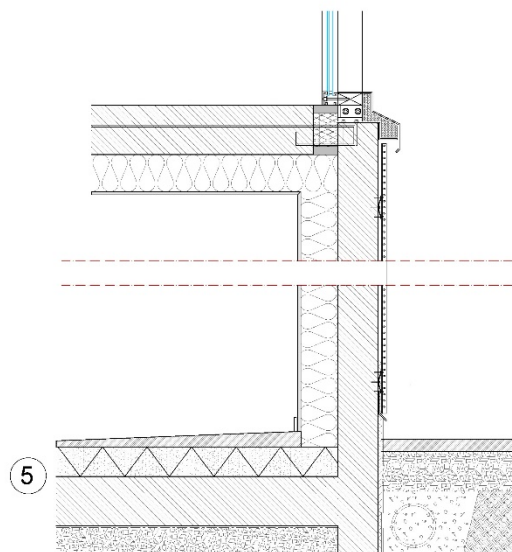
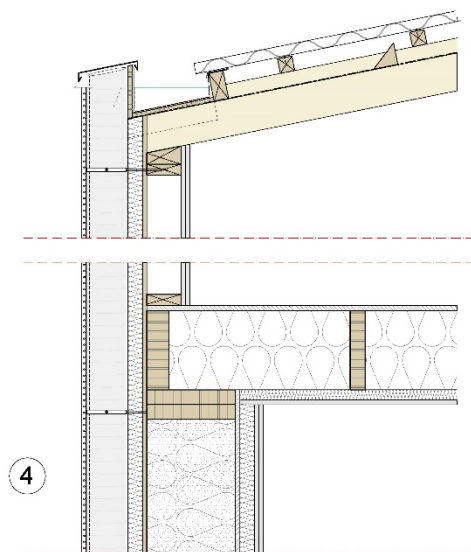
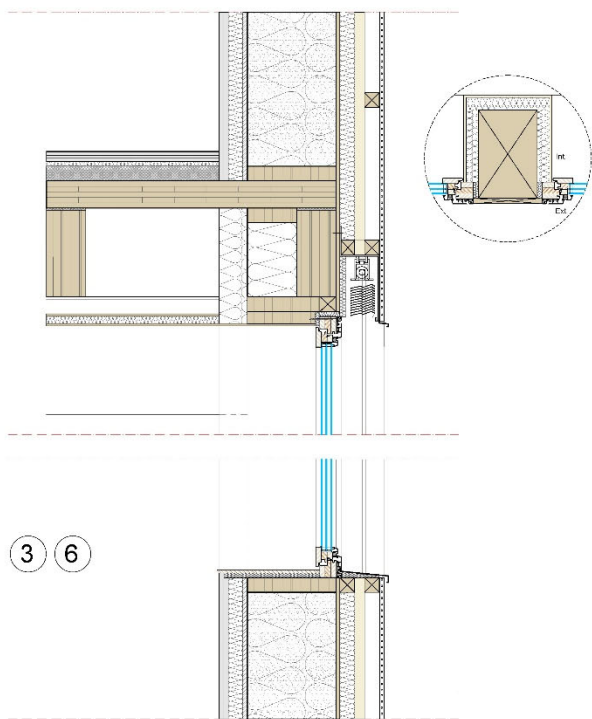
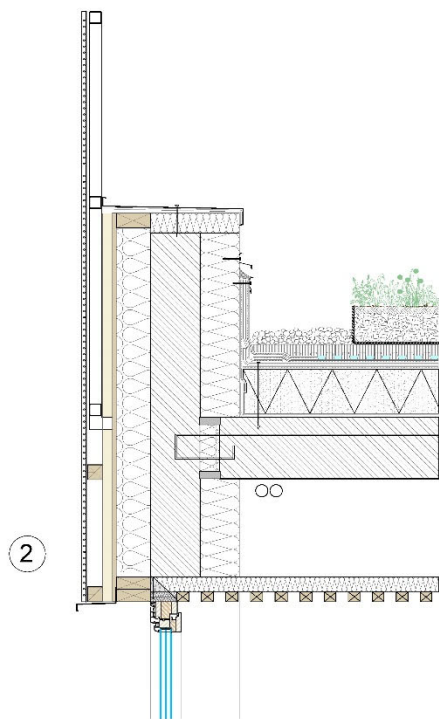
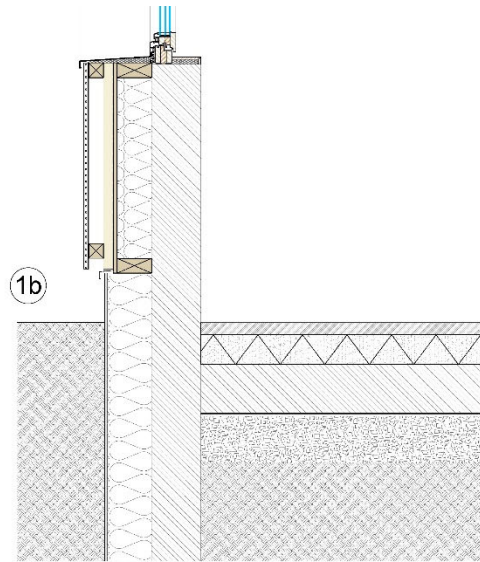
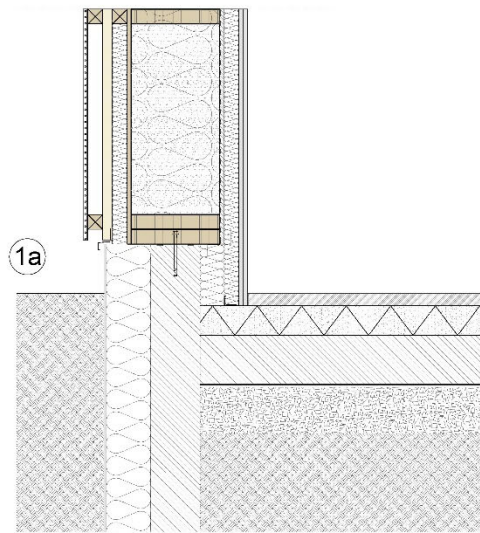
Les grands principes de traitement des ponts thermiques sont les suivants :

- Mise en œuvre d'un doublage extérieur permettant de traiter les ponts thermiques de plancher intermédiaire,
- Isolation sous chape au RDC garantissant la continuité d'isolation de l'enveloppe thermique en pie (avec le doublage intérieur des murs extérieurs),
- Chemisage des poteaux dans les ensembles menuisés,
- Retournement de l'isolation sur toutes les faces des acrotères.

**Tab 5. Détails des ponts thermiques**

Identification	Longueur	Psi moyen W/m.K	Déperdition W/K	N°du schéma
Liaison Mur façade / plancher bas Béton	293 m	0,099	29,0	1a et 1b
Liaison Mur façade / plancher intermédiaire	447 m	0,072	32,2	3
Liaison Mur façade / plancher haut Béton	125,5 m	0,129	16,2	2
Liaison Mur façade / plancher haut Bois	234,9 m	0,080	18,8	4
Ponts thermiques de refend	104, 48 m	0,099	10,34	x
Ponts thermiques angles sortants	120,65 m	0,002	0,24	x
Ponts thermique transformateur	7,17 m	0,70	5,02	5
Ponts thermiques linteaux menuiseries	780,9 m	0,03	54,48	3
Ponts thermiques appuis menuiseries		0,04		3
Ponts thermiques tableau menuiseries		0,143		3 et 6







### 1.3.4 INFILTRATION A L'AIR

#### Pièces justificatives :

- 14\_CCTP Test Etanchéité à l'air  
La pièce justificative constitutive du dossier Marché présente un repérage de la limite d'étanchéité à l'air du bâti, ainsi que **des prescriptions particulières par lot de mise en œuvre** et un cadre de consultation pour la réalisation du suivi et des tests pendant le chantier :
- Objectif Etanchéité à l'air N50 < 0,6 vol/h
- En phase de préparation :
  - Visa des détails de poses
  - Visa des fiches techniques (joints...)
- En phase chantier
  - Tests d'infiltrométrie
  - Vérification que la mise en œuvre de la pose et les produits correspondent aux éléments visés.
- En fin de chantier :
  - Tests et essais (à planifier en amont)
  - DOE (identification des éléments posés, ensemble des performances et opérations de maintenance)
  - Quantitatifs détaillés des produits et équipements mis en œuvre

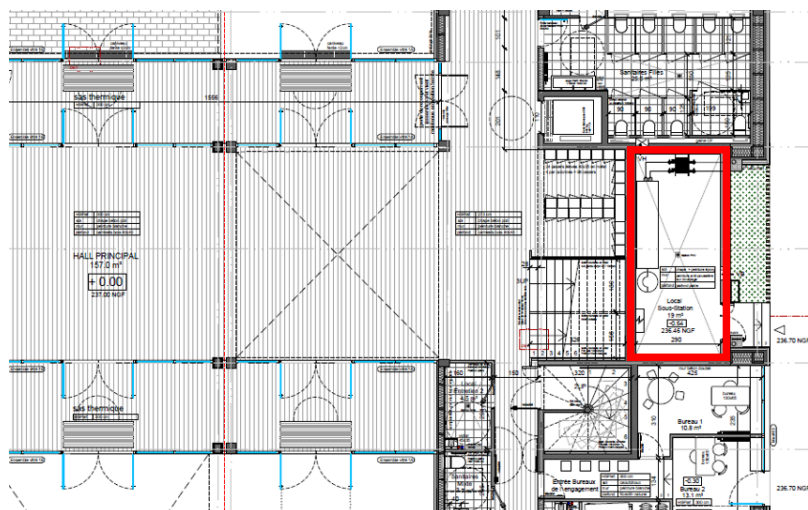
Les points de vigilance sont les même que ceux des ponts thermiques et l'équipe de maîtrise d'œuvre sera attentive en phase chantier à ce que les entreprises assurent la continuité de l'étanchéité à l'air sur la totalité de l'enveloppe. Tout percement devra donc s'accompagner d'un cafeutrement. Les utilisations de mousses PU et de joints silicones sont proscrites pour traiter l'étanchéité à l'air de l'enveloppe, elles n'ont pas les propriétés collantes et l'élasticité nécessaire.

## 1.4 EQUIPEMENTS

### 1.4.1 INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE

La production calorifique est réalisée par la sous-station située au RDC du bâtiment, et alimentée par le réseau de chaleur basse température (plus de 90% d'énergie renouvelable) passant sous la rue Michel Dinet.

#### Réseau primaire :



Ci-contre la localisation du local Sous-station, au RDC du collège, sous le palier de l'escalier principal.

Situé le long de la rue Michel Dinet, le local est accessible directement depuis cette rue.

**Puissance de la sous-station : 81 kW**

#### Réseaux secondaires à température variable :

- Radiateurs des salles de classe : 1 à deux radiateurs selon la surface des salles de classe.
- Radiateurs du pôle administration.
- Radiateurs de la salle de réception et des locaux annexes.
- Plancher chauffant du hall d'accueil
- Batteries chaudes des CTA

Les différentes phases d'études et les calculs correspondants ont permis d'optimiser le nombre de radiateurs et de les réduire de moitié entre la phase APS et la phase PRO. Les réseaux chemineront dans le faux-plafond en RDC (zone chaude) et dans l'épaisseur de la chape sèche dans les étages permettant ainsi de réduire le linéaire de réseau mais aussi le nombre de réservations et de calfeutrements nécessaires.

### Régulation de la production de chaleur :

Les besoins sont régulés par contrôle de la température de départ en fonction de la température extérieure et/ou en fonction de la température de retour. Le régulateur sera communicant, il récupèrera également les informations des compteurs d'énergie présents dans la sous-station.

### Choix des émetteurs :

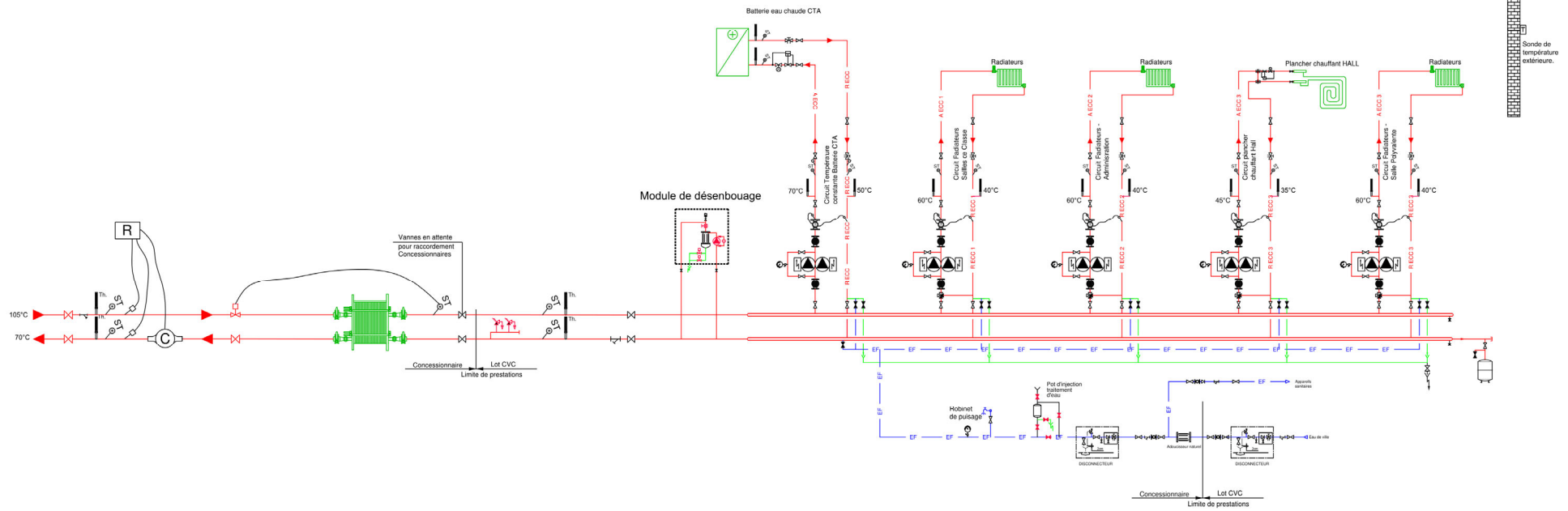
- Radiateurs en acier à eau chaude, sélectionné en fonction de l'émission calorifique conformément à la norme NF E.31.211. Température de départ radiateur : 60° / Température de retour : 40°
- Plancher chauffant Hall. Température de départ plancher chauffant : 45° / Température de retour : 35°

### Pièces justificatives :

- 15\_CCTP Lot 11\_CVC Plomberie :
  - §7 p136 : Production calorifique
  - §8 p142 : Réseau de distribution hydraulique
  - §9 p143 : Principes de traitement des locaux
  - §12.5 p167 : analyse fonctionnelle
  -
- 23\_Schéma du réseau CVC (issu du dossier marché) :

LEGENDE	
	Vanne de régulation 2 voies indépendante de la pression différentielle, marque Belimo.
	Filtre à tamis
	Vanne d'isolement
	Vanne d'isolement normalement fermée
	Vanne 2 voies motorisée
	Vanne 3 voies motorisée
	Vanne d'équilibrage avec prises de pression
	Vanne de réglage de débit
	Détendeur
	Soupape différentielle
	Soupape de sécurité
	Robinet boisseau sphérique de vidange
	Thermostat de Sécurité
	Aquastat de Sécurité
	Thermomètre
	Manomètre avec robinet d'isolement

LEGENDE	
	Sonde de température
	Manchon antivibration
	Clapet anti-retour
	Clapet anti retour contrôlable, type EA
	Purgeur d'air automatique
	Compteur volumétrique
	Pompe Simple à débit constant
	Pompe Double à débit constant
	Pompe Double à débit variable
	Compteur d'énergie
	Doigt de gant
	Robinet thermostatique
	Té d'équilibrage
	Vase d'expansion à membrane
	Groupe de protection de terminal



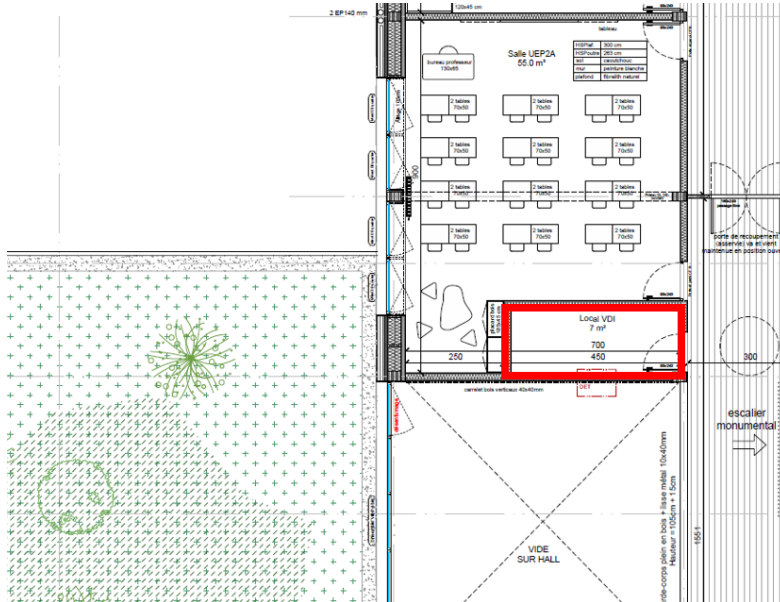
Sonde de température extérieure.

## 1.4.2 INSTALLATIONS DE REFROIDISSEMENT

Pièces justificatives :

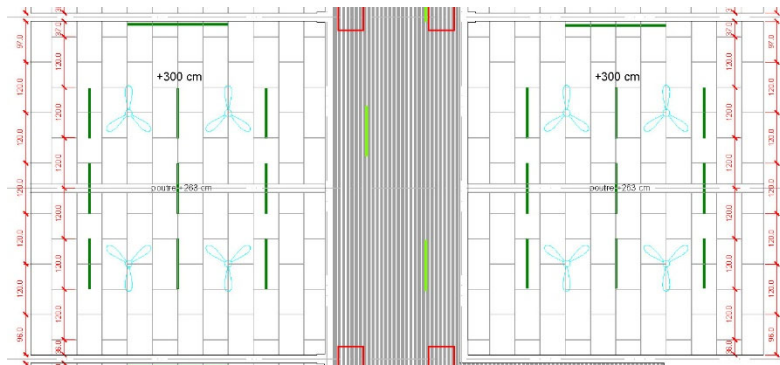
- 15\_CCTP Lot 11\_CVC Plomberie, §9.3 p145
- 16\_CCTP Lot 12\_Electricité, §2.10.1.2 p51

Seul le local informatique dispose d'une installation de climatisation (25°) par un système à détente directe, à condensation par air, utilisant comme fluide frigorigène R410A.



Localisation du local VDI au R+1.

Dans une logique de résilience au changement climatique, des brasseurs d'air plafonniers sont prévus. Exemple d'une salle courante d'enseignement, avec 4 brasseurs intégrés dans les salles courantes et 6 brasseurs dans les salles de plus grandes dimensions (salle d'art plastique, musique et SVT-Techno) :



Localisation des brasseurs d'air plafonniers dans les salles de classe courantes

## 1.4.3 PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Pièces justificatives :

- 15\_CCTP Lot 11\_CVC Plomberie, §2 p125
- 4/5/6\_Plans

La production ECS est de type instantané, à 45°C maximum.

Elle est réalisée par l'intermédiaire de chauffe-eau instantanés électriques, installés au plus près des besoins.

Illustration sur plan architectes et plans CVC.

- Chauffe-eau instantané compact à réglage électronique pour les douches (nombre=4)
- Chauffe-eau instantané compact à commande hydraulique pour les vidoirs, éviers et lavabos. Ces derniers sont prévus pour l'ensemble des locaux d'entretien, pour les kitchenettes et les paillasses des salles de SVT-Techno. La suppression de ces derniers en phase chantier est une piste d'optimisation fortement envisagée, car les chauffe-eaux instantanés restent une source de consommation électrique non négligeable.

## 1.4.4 VENTILATION ET AUXILIAIRES

Pièces justificatives :

- 15\_CCTP Lot 11\_CVC Plomberie
  - §12 p85 : Equipements traitement d'air
  - §10 p149 : Ventilation mécanique contrôlée double flux
  - §11 p156 : Distribution aéraulique
- 15\_Docs Annexes\_CTA, PDC et FT
- 18\_PHPP\_V9.6a\_FR Milieu-optimisé

Les caractéristiques des 4 CTA prévues sont les suivantes :

	CTA 01 Salles de classes	CTA 02 Salles de classes	CTA 03 Administration	CTA 04 Salle de réception
Implantation	Local CTA au R+3	Local CTA au R+2	Local entretien RDC (en plafond)	Dépôt réception RDC (en plafond)
Débit d'air nominal Soufflage (m3/h)	6 635	4 060 (à optimiser)	1 540	960
Débit d'air nominal Extraction (m3/h)	7 265	4 060 (à optimiser)	1 340	990
Rendement minimum Récupérateur de chaleur.	85 %	85 %	85 %	85 %
Puissance batterie Eau chaude (KW)	15	8,5	3,5	2

Les études et principalement l'outil PHHP a permis d'anticiper un travail d'optimisation nécessaire à effectuer avec l'entreprise titulaire du lot CVC en phase chantier, concernant la sélection de la CTA 02 et de manière générale, afin de réduire au maximum les pertes de charge, sur l'ensemble de l'installation de ventilation du projet via par exemple des piquages à 45% plutôt qu'à 90°.

Dans la saisie sur l'onglet « Vent. Supp. » du fichier PHPP, nous avons donc considéré pour la CTA02, une Swegon Gold RX25, permettant de traiter un débit d'air neuf de 4960 m3/h. Cette CTA ne correspond donc pas à la CTA Swegon Gold RX14 précédemment sélectionnée, qui permettait de traiter seulement 4060 m3/h.

**L'installation est de type double flux :**

- A débit variable avec ventilateur à haute efficacité énergétique (classe IE2)
- Avec préchauffage et pré-rafraîchissement adiabatique de l'air neuf,
- A récupération d'énergie à haut rendement (> 85%).

**Débit :**

Le débit d'air hygiénique insufflé et la reprise d'air dans les locaux à forte occupation intermittente sont modulés en fonction de l'occupation réelle de la pièce, par l'intermédiaire de modules de régulation de débit variable asservis à des sondes de CO<sub>2</sub>. Les sondes CO<sub>2</sub> permettent de prendre en compte le nombre d'occupants :

- En période d'inoccupation : 10% du débit nominal,
- Asservissement entre 10% et 100% du débit nominal en fonction du taux de CO<sub>2</sub>,
- En période d'occupation maximale : 100% du débit nominal.
- Les horaires d'occupation des salles d'enseignement et locaux administratifs étant considérés de 8h à 17h, et le redémarrage de la ventilation étant prévue une heure avant l'arrivée des occupant, la durée de fonctionnement de la double-flux est de 10h par jour.

Un tableau de débit pièce par pièce avec calcul du brassage en volume heure et perte de charge est fourni en **Annexe** au présent document. Exemples :

- Salle courante de 55 m<sup>2</sup>, hauteur : 3m, débit 450 m3/h => Taux de brassage =  $450 / (55 \times 3) = 2,73$  vol/h
- Salle d'arts de 93 m<sup>2</sup>, hauteur : 3m, débit 450 m3/h => Taux de brassage =  $450 / (93 \times 3) = 1,61$  vol/h
- Salle repos de 14 m<sup>2</sup>, hauteur 2,80m, débit 25 m3/h => Taux de brassage =  $25 / (14,2 \times 2,8) = 0,63$  vol/h  
= Cas le plus défavorable mais supérieur au renouvellement d'air minimum fixé par l'appel à projets.

**Système antigivre :**

La température limitée de fonctionnement du dégivrage est de 3°, température à partir de laquelle le dégivrage se met en fonctionnement automatiquement.



## 1.4.5 ECLAIRAGE ARTIFICIEL

Pièces justificatives :

- 16\_CCTP Lot 12\_Electricité, §1.10 p21 à 27
- 18\_PHPP\_V9.6a\_FR Milieu-optimisé

Description des types de luminaires :

<p><b>Type 1 :</b> Downlight encastré 8W LED étanche de type MiniRay de chez Clareo Lighting ou techniquement équivalent. Plafonnier encastrable étanche. 4000°K. Classe2, IP65. Diamètre 80m, Durée de vie : 60 000h, 800lm et compris accessoires de pose et de fixation. <b>Localisation :</b> Sanitaires et suivant plans d'implantations CFO / CFA.</p>	
<p><b>Type 2 :</b> Spot downlight encastré 27W LED, type DownRay Flat de Clareo ou équivalent, Diamètre 275mm, IP44, vitre opale, DALI, espérance de vie : 60 000h, et compris accessoires de pose et de fixation. <b>Localisation :</b> Vestiaires et suivant plans d'implantations CFO / CFA.</p>	
<p><b>Type 3 :</b> LineLED 84x56 150cm 50W Tech, <u>ligne lumineuse</u> de 150cm de long UGR &lt; 19 montage en suspension et ligne continue en plage de puissance jusqu'à 50W y compris kit de montage <b>Localisation :</b> salle de classe et suivant plans d'implantations CFO / CFA.</p>	
<p><b>Type 4 :</b> Luminaire LineLED 49X32 encastrable Acces avec colerette en montage encastré 36W 1500mm diffuseur opale 110° GR0 corps aluminium 50000 heures <b>Localisation :</b> Hall et circulation et suivant plans d'implantations CFO / CFA</p>	
<p><b>Type 5 :</b> Luminaire LineLED 49X32 encastrable Acces avec colerette en montage encastré 24W 1200 mm diffuseur opale 110° GR0 corps aluminium 50000 heures <b>Localisation :</b> Hall et circulation et suivant plans d'implantations CFO / CFA</p>	
<p><b>Type 6 :</b> Tableau Luminaire Plafonnier suspendu asymétrique de type SYSTEM 40 de SCHMITZ, avec LED (diode électroluminescente), puissance du système : 19W-97lm/W, flux lumineux du luminaire ---lm, IRC &gt;90, 3000 K blanc chaud, L80 (B10) 50'000h, 230 V, rayonnement direct, profilé de luminaire en aluminium, incolore anodisé, gris ou blanc, diffuseur en polycarbonate Office, L=1124mm Classe de protection I, Degré de protection IP20, Test de filament 850 °C, <b>Localisation :</b> Tableaux de classes, et suivant plans d'implantations CFO / CFA.</p>	
<p><b>Type 7 :</b> Luminaire tubulaire LED type TubuLED de CLAREO ou équivalent. Source LED 20W, 2400lm et ballast électronique. Classe 1, IP67, IK10. D'une longueur de 60cm et diamètre 7cm <b>Localisation :</b> Escaliers, préau et suivant plans d'implantations CFO / CFA.</p>	
<p><b>Type 8 :</b> Luminaire étanche LED en polycarbonate type EverPark de CLAREO ou équivalent, Source LED 40W, 5200lm, 4000°K, cos phi ≥ 0.9. Classe 1, IP65, IK08. <b>Localisation :</b> Locaux techniques et suivant plans d'implantations CFO / CFA</p>	
<p><b>Type 9 :</b> Luminaire étanche LED type <b>Guell ZERO</b> A/W de Performance Lighting ou équivalent, Source <b>LED 28W</b>, 4000°K, cos phi ≥ 0.9. Corps en aluminium moulé sous pression peint par poudre polyester. Vitre en verre trempé sécurité - Réflecteur asymétrique. Joint en silicone antivieillessement, visserie en acier inoxydable imperdables en aluminium avec ressort inox y compris accessoires nécessaires. Classe 1, IP66, IK07. <b>Localisation :</b> Eclairage extérieur et suivant plans d'implantations CFO / CFA</p>	
<p><b>Type 10 :</b> Luminaire étanche LED type <b>Guell 1</b> A/W de Performance Lighting ou équivalent, Source <b>LED 53W</b>, 5950lm, 4000°K, cos phi ≥ 0.9. Corps en aluminium moulé sous pression peint par poudre polyester. Vitre en verre trempé sécurité - Réflecteur asymétrique. Joint en silicone antivieillessement, visserie en acier inoxydable imperdables en aluminium avec ressort inox y compris accessoires nécessaires. Classe 1, IP66, IK07. <b>1 Mât de 4 mètres de hauteur y compris tous les accessoires de fixations nécessaires</b> <b>Localisation :</b> Eclairage extérieur Côté rue CFO / CFA</p>	

### Principes de commande :

- Accueil, escaliers et circulations : détection de présence.
- Salles d'enseignement :
  - Tableau : commande par interrupteur simple allumage.
  - Côté couloir : commande par cellules photoélectriques et boutons poussoirs variateurs.
  - Côté baie vitrée : commande par cellules photoélectriques et boutons poussoirs variateurs.
- Bureaux et locaux personnels : commande en va-et-vient ou bouton poussoir.

### Principes de réduction des consommations d'éclairage :

- Des études FLJ ont été menées dès la phase concours afin de recourir le plus possible, durant les heures de jour, à un éclairage naturel confortable.
- L'ensemble des luminaires sont de type Led.
- L'éclairage participant de façon non négligeable à la surchauffe, des systèmes de gestion d'éclairage et de détection de présence ont été projetés et intégrés au PHPP. Et il sera possible d'optimiser la puissance d'éclairage dans la majorité des locaux en phase chantier en mettant en place des équipements plus performants.

## 1.4.6 ELECTRICITE SPECIFIQUE

### Autres postes de consommation électrique :

- Ascenseur : cf 17\_CCTP Lot 13\_Ascenseur
- Eclairage extérieur : 16\_CCTP Lot 12\_Electricité, §1.10.3 p24, §1.10.5 p25 et §2.6.3 p47
- Informatique et bureautique : matériel dépendant du collège.

## 1.4.7 COMPTAGE

### Pièces justificatives :

- 15\_CCTP Lot 11\_CVC Plomberie, §12.7 p172
- 16\_CCTP Lot 12\_Electricité, §2.3 p41

### Compteurs :

- Comptage des consommations eau froide des différents réseaux.
- Comptage au niveau du réseau primaire poste de livraison dans le local sous-station (à charge du concessionnaire)
- Comptage d'énergie calorifique des différents circuits
- Sous-comptage de chaque départ des armoires et coffrets
- Sous-comptage de chaque BECS
- Sous-comptage de chaque CTA
- Sous-comptage éclairage par tranche de 500 m<sup>2</sup> et PC par tranche de 500 m<sup>2</sup>
- Sous-comptage pour l'éclairage extérieur

### Liste des points GTB :

Nbre Equip.	Code	Désignation	REPORTS SUR GTB						Points Totaux	Observations / Localisation
			TA	TS	TC	TR	TM	TK		
1	1.06	Echangeur	1	2	2	2	4	1	12	
1	1.07	Module de desembouage	1	2	2	2	4	1	12	
1	1.08	Adoucisseur	2	2	0	0	2	2	8	
25	2.03	Echangeur instantané ECS	1	0	0	1	1	1	100	
1	3.01	Circuit Eau Chaude à Température Constante	2	2	2	2	2	1	11	
4	3.02	Circuit Eau Chaude à Température Variable	2	2	2	1	2	1	40	
4	4.02	CTA Double Flux vitesse variable	1	3	3	0	3	3	52	
4	4.02	Calissons adiabatiques	1	1	1	1	1	1	24	
1	4.06	Ventilo convecteur	1	2	2	1	2	2	10	
1	4.07	Plancher chauffant	1	2	2	0	2	2	9	
1	5.02	VMC	1	1	0	0	0	2	4	
4	6.03	Compteur Chaud ou Froid	1	1	0	0	0	1	12	
52	6.05	Registre Motorisé Débit variable assenti CO2	2	2	2	2	0	0	416	
1	7.01	Branchement EF	2	0	0	0	0	0	2	
2	7.03	Compteur Débit	1	0	0	0	0	1	4	
1	7.09	Cuvette ascenseur	1	0	0	0	0	0	1	

- 7.12	SSI	-	-	-	-	-	-	-	Récupération des informations sur automate du lot "CFO/CFA" (voir CCTP CFO/CFA)
- 8.01	Arrosage automatique	-	-	-	-	-	-	-	Récupération des informations sur automate du lot "VRD" (voir CCTP Paysagiste)
- 10.01	Contrôle d'accès	-	-	-	-	-	-	-	Récupération des informations sur automate du lot "CFO/CFA" (voir CCTP CFO/CFA)
- 11.01	Anti-intrusion	-	-	-	-	-	-	-	Récupération des informations sur automate du lot "CFO/CFA" (voir CCTP CFO/CFA)
- 12.01	Eclairage (intérieur / extérieur)	-	-	-	-	-	-	-	Récupération des informations sur automate du lot "CFO/CFA" (voir CCTP CFO/CFA)
- 13.01	Vidéoophonie	-	-	-	-	-	-	-	Récupération des informations sur automate du lot "CFO/CFA" (voir CCTP CFO/CFA)
- 14.01	Courant Fort	-	-	-	-	-	-	-	Récupération des informations sur automate du lot "CFO/CFA" (voir CCTP CFO/CFA)
	<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>717</b>	

## 2. CALCULS PAR LA METHODE PHPP ET PAR STD

Pièces justificatives :

- Calcul PHPP : 18\_PHPP\_V9.6a\_FR Milieu-optimisé
- Simulation Thermique Dynamique : 19\_STD\_V12\_version PHPP

Dépense du bâtiment :

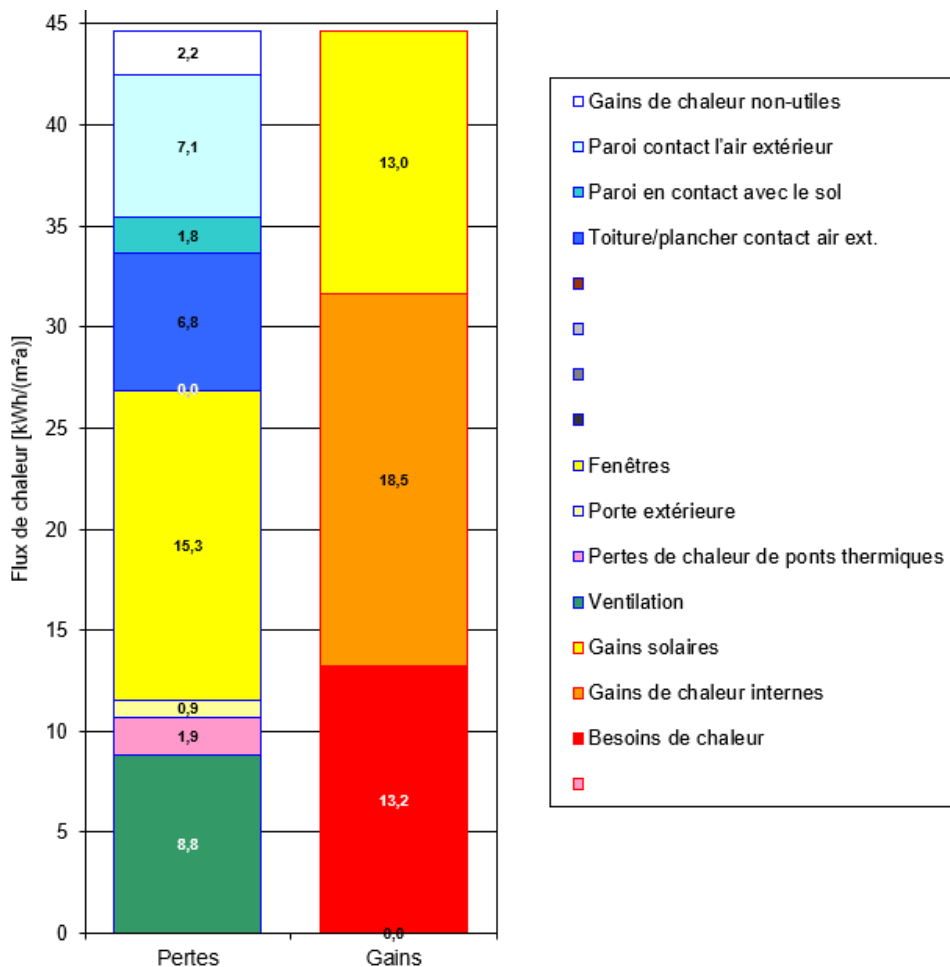


Figure 2 : Bilan énergétique annuel – Bilan de chauffage

**Besoins de chauffage selon calcul PHPP** : 13,0 kWh/m<sup>2</sup>/an

A ce stade des études et de l'avancement du projet, une seule variante est retenue et présentée ci-après.

Suite aux différents échanges, le contenu des études d'optimisation PHPP ayant porté principalement sur l'enveloppe thermique, les consommations d'énergie primaire ne correspondent pas en détail au dossier marché.

**Consommation d'énergie primaire non renouvelable** : 49 kWh/m<sup>2</sup>/an

**Consommation d'énergie primaire renouvelable** : 23 kWh/m<sup>2</sup>/an

En phase chantier, une production photovoltaïque en toiture (20 m<sup>2</sup>) sera également intégrée au chantier.

**Tab 7. Tableau récapitulatif des consommations**

	<b>Consommation PHPP en kWh/m<sup>2</sup>/an</b>
Chauffage	7,3
Refroidissement	8,0
ECS	-
Eclairage	-
Auxiliaires	-
<b>Total</b>	
Ventilation	-
Electricité Spécifique	34

**Simulation confort d'été** : surchauffe à 25°C inférieure à 10%

La surchauffe du bâtiment a été maîtrisée principalement par la mise en place de BSO, par l'optimisation des surfaces vitrées tout au long des phases d'études de conception et par la mise en œuvre d'un facteur solaire 0,5 sur les triples vitrages.

La réalisation de STD, qui est un outil précis et complet pour évaluer l'évolution de la température locale par local, a démontré que les objectifs de confort sont respectés sans avoir recours à l'ouverture des fenêtres et ce, même avec un fichier météo caniculaire.

Stratégie de confort d'été mise en place :

- Maîtrise des ratios de surface vitrée (648 m<sup>2</sup> de vitrage pour une SRE de 3179 m<sup>2</sup>, soit un taux de surface vitrée de 20,4%),
- Facteur solaire de triple vitrage abaissé à 50% (au lieu de 63%),
- Fermeture partielle des lames de BSO (permettant de conserver un accès à la lumière naturelle),
- Pas de valorisation des brasseurs d'air (= outil de résilience aux canicules),
- Ventilation naturelle nocturne par ouverture en oscillo-battants des menuiseries salle de classe et désenfumage. Ces préconisations de ventilation nocturne doivent s'accompagner d'un guide de bon usage des équipements, d'une sensibilisation et d'un accompagnement des usagers lors de la livraison pour les associer à la maîtrise de la performance environnementale.

Ainsi, le projet propose un confort d'été maîtrisé en moyenne dans le bâtiment et de manière détaillée, local par local dans l'ensemble des salles de classe et locaux tertiaires. La stratégie de confort déployée dans le projet tel qu'il est conçu s'avère conforme aux exigences du cahier des charges CLIMAXION : tous les moyens architecturaux et techniques sont mis en œuvre sur le projet pour assurer le confort thermique des occupants, y compris dans un contexte de réchauffement climatique.

### 3. CALCUL RT2012

Pièces justificatives :

- 20\_Notice thermique\_Calcul RT2012

La Notice thermique et le calcul RT2012 seront remis à jour pour en phase EXEcution afin d'être conformes aux dernières évolutions projet (passage en triple vitrage notamment), ainsi qu'aux produits et performances réellement mis en œuvre.

Calcul du Bbio projet : 37,50 < Bbio max = 70,00

Calcul du Cep projet : 29,20k Wh/m<sup>2</sup>/an < Cepmax = 77,00 kWh/m<sup>2</sup>/an

**Besoins couverts par une énergie renouvelable pour chaque usage** : Pas de production PV considérée dans le calcul RT en phase d'études. Cependant, des panneaux PV seront intégrés au projet en chantier. Le calcul RT EXE sera mis à jour en conséquence.

Température interne de confort (Tic) : 31,6°C pour un Tic,ref de 32,2°C

## 4. EVALUATION DE L'ENERGIE GRISE ET DES EMISSIONS DE GES

Pièces justificatives :

- 21\_Analyse cycle de vie

## 5. BILAN FINANCIER

Tab 8a. Coûts d'investissement des différents lots (marchés attribués)

LOTS	MONTANT HT
01_ INSTAL. DE CHANTIER – TERRASSEMENTS – FONDATIONS – GROS OEUVRE	1 175 000,00 E
02_ STRUCTURE BOIS – FACADES - COUVERTURE	3 075 000,00 E
03_ ETANCHEITE	130 707,65 E
04_ MENUISERIES EXTERIEURES	670 541,00 E
05_ SERRURERIE - METALLERIE	103 718,96 E
06_ MENUISERIES INTERIEURES	307 037,00 E
07_ CLOISONS DOUBLAGES	375 114,00 E
08_ REVETEMENTS SOLS DURS - FAIENCES	35 000,00 E
09_ REVETEMENTS SOLS SOUPLES	179 854,30 E
10_ PEINTURE	82 154,08 E
11_ CVC PLOMBERIE	564 137,31 E
12_ ELECTRICITE	513 626,20 E
13_ ASCENSEUR	26 890,00 E
14_ VRD	390 924,44 E
15_ AMENAGEMENTS PAYSAGERS	126 581,00 E
16_ CHAPE SECHE	148 800,00 E

Tab 8b. Coûts d'exploitation et de maintenance et évaluation du projet en coût global sur 30 ans

POSTES	TOTAL Euros H.T/an	TOTAL Euros H.T/30ans
Consommation d'eau	2 534	76 620
Consommation chauffage	1 947	58 410
Consommation Electricité (éclairage + ventilation + double flux + chauffe-eau instantané)	3 371	101 310
Coût de maintenance installation chauffage	2 300	69 000
Coût de maintenance installation ventilation double flux	3 450	103 500
Coût de maintenance installation de plomberie sanitaire	1 395	41 850
Coût de maintenance électricité	5 875	176 250
Gros entretien Lot CVC PB		276 500
Gros entretien Lot Electricité		160 150
<b>Total</b>	<b>20 872</b>	<b>1 062 810</b>



Pièces justificatives :

- 22\_Carnet d'approvisionnement, d'entretien et de maintenance

## 6. CONCLUSION

Tab 9. Tableau récapitulatif des choix retenus

Description	Solution retenue
Système de chauffage	Sous-station alimentée par réseau de chaleur urbain
Système de rafraîchissement	Pas de climatisation (sauf pour local VDI) Pour renforcer la stratégie de confort d'été, des brasseurs d'air et CTA adiabatiques sont mis en œuvre.
Système de ventilation	CTA double flux
Système de production ECS	Chauffe-eau instantanés électriques
Système d'éclairage	LED
Puissance chauffage	81 kW
Perméabilité à l'air	0,6 vol/h
Besoins de chauffage	13,0 kWh/m <sup>2</sup> SRE/an
Bbio	37,50 points
Bbio,max	70,00 points
Cep	29,20 kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Cep,max	77,00 kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> /an
Energie grise	65,7 kWh/ m <sup>2</sup> SDP/an (pour une durée de vie de 60 ans)
Emission de GES	0,61 kgeqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> SDP/an (pour une durée de vie de 60 ans)
Coût d'exploitation	1 062 810,00 € HT (sur 30 ans)
Coût total travaux	7 905 085,91 HT
Coût total opération	13 500 00,00 HT