

# LES REPORTAGES CHANTIER

Réhabilitation de la salle polyvalente Fernand Léger

Portes-lès-Valences (26)



*Zooms sur :*

- l'enveloppe (p.6)
- les systèmes (p.20)

- >> Les témoignages des acteurs du projet
- >> Les détails constructifs
- >> Les photos de chantier



Avec les partenaires de ses actions

**Ce livret présente le reportage chantier de la Salle Fernand Léger à Porte-lès-Valence, réalisé par Ville et Aménagement Durable. Il a été établi sur la base d'une visite de site en mars 2010 en présence de Mme Maréchal (Eurl Caroline Maréchal Architecte) et de M. Vye (Ville de Portes-lès-Valence), puis d'échanges avec ces acteurs, ainsi qu'avec MM. Poulain et Garbay (Enertech). Nous remercions l'ensemble de ces personnes pour leurs contributions au reportage.**

**Les informations qu'il contient n'engagent en rien les acteurs du projet.**

**Crédit des plans et détails architecturaux : Eurl Caroline Maréchal Architecte  
Crédit photos (sauf mention contraire) : Ville et Aménagement Durable**

Les reportages chantier VAD permettent de traiter une opération de construction ou de réhabilitation de bâtiments performants en phase mise en œuvre et de faire des zooms sur des phases spécifiques du chantier (pose des balcons désolidarisés, mise en œuvre de l'étanchéité à l'air, de l'isolation, etc.). Ils sont illustrés par des photos de chantier, des plans et schémas techniques et complété par l'expertise des acteurs du projet.



D'autres reportages seront réalisés par Ville et Aménagement Durable. N'hésitez pas à nous contacter si vous souhaitez nous informer d'un projet pouvant faire l'objet d'un reportage.

**>> Retrouver ce livret sur notre site internet : [www.ville-amenagement-durable.org](http://www.ville-amenagement-durable.org).**

## Fiche d'identité du projet

L'opération a pour objectif la réhabilitation de la salle polyvalente Fernand Léger, construite en 1982, représentant 572 m<sup>2</sup> de SHON et comprenant 3 salles d'activité. La Mairie a souhaité donner une valeur exemplaire au projet et entend réaliser un **bâtiment à énergie positive**.  
Projet Lauréat Prébat 2009.



### Acteurs du projet :

- **Maître d'ouvrage** : Commune de Portes-lès-Valence
- **Equipe maîtrise d'œuvre** : Architecte : EURL CAROLINE MARECHAL ARCHITECTE - BET Fluides : Cabinet Olivier Sidler - BE Structure béton armé : BET Mathieu - BET Structure bois : ARBORESCENCE - Economiste : Dicobat - BET Acoustique : BEAUDET Acoustique - OPC : ICS
- **Entreprises** : Gros Œuvre : Maron Goudard - Couverture-bardage zinc : Boissy - Charpente bois-bardage bois : Royan Charpente - Menuiseries - ext. aluminium : Raffin - Menuiseries - int. bois : Vareille - Carrelages faïences : Valentinoise de carrelage - Cloisons plafonds peintures : Therond - Plomberie, chauffage VMC climatisation : Hervé Thermique - Electricité : Roland Gard.

### Caractéristiques techniques et environnementales après réhabilitation :

- **Structure** : en béton banché, conservée en l'état.
- **Isolation parois** : ITE par 20 cm de laine de verre, isolation enterrée par 12 cm de polyfoam (polystyrène extrudé), Umur = 0,18 W/m<sup>2</sup>.K ; **Bardage** : salle principale : zinc, autres façades : lames de mélèze
- **Charpente bois** : principe constructif existant repris. Appui sur les fermes existantes
- **Vitrages** : Conservation de la surface vitrée, à l'exception de la création de sheds, Uw ≤ 1,8 W/m<sup>2</sup>.K. Double vitrage, lame d'argon faible émissivité, Uw = 1,7 W/m<sup>2</sup>.K. 2 murs rideaux en triple vitrage, Uw ≤ 1,4 W/m<sup>2</sup>.K, autres menuiseries triple vitrage, Uw ≤ 1,3 W/m<sup>2</sup>.K. Doubles fenêtres acoustiques, Uw = 1,4 W/m<sup>2</sup>.K. Protection solaire : en partie haute de la façade sud pour les vitrages de la salle des jeunes et des sanitaires.
- **Ponts thermiques** : Menuiseries aluminium à rupture de pont thermique, traitement soigné autour des menuiseries et des portes + traitement de la liaison entre toiture et mur extérieur
- **Toiture inclinée** : 24,5 cm de ouate de cellulose insufflée entre deux panneaux de fibre de bois. Utoit=0,16 W/m<sup>2</sup>.K
- **Toiture terrasse** : ITE par 6 cm de polyuréthane et ITI par 10 cm de laine minérale. Utoit=0,20 W/m<sup>2</sup>.K
- **Sol** : Conservé en l'état avec réutilisation du circuit de plancher chauffant et conservation de l'isolant. U sol=0,3 W/m<sup>2</sup>.K
- **Ventilation** : Double flux avec récupération de chaleur par échangeur à plaque à haut rendement et batterie froide utilisant les frigories de l'eau de forage, sans recourir à un système thermodynamique
- **Chauffage et ECS** : PAC sur nappe et réutilisation de la dalle active. PAC assure l'ECS et le chauffage
- **Rafrâichissement** : Charges externes compensées par dalle active chauffante/rafrâichissante irriguée par de l'eau refroidie par la nappe phréatique (par l'intermédiaire d'un échangeur à plaques). Charges internes sont compensées par la ventilation
- **ENR** : capteurs solaires photovoltaïques intégrés en toiture sur bac acier. Production : 12 485 kWh/m<sup>2</sup>.shon.an
- **Autres** : Eclairage performant avec des luminaires haut rendement avec commande par détection de présence dans les locaux annexes. Puissance: 10 W/m<sup>2</sup>

### Performances énergétiques :

- U bât = 0,336 ; Ubât/Ubât réf = 22,99 %
- Cep = 6,09 ; Cep / Cep ref = 93,96 %

- **Coûts** : travaux (hors foncier) : 769 100 €HT soit 1 343,64 €/m<sup>2</sup>SHON, lot "enveloppe" : 403 900 €HT, lot "CVC", hors EnR : 122 000 €HT, lot "CVC", avec EnR : 232 000 €HT

- **Surface** : 5 023 m<sup>2</sup> de terrain, 605,8 m<sup>2</sup> SHOB, 572,4 m<sup>2</sup> SHON, 486,9 m<sup>2</sup> SHAB

## Le chantier



### Planning :

Date de dépôt de permis de construire : avril 2009  
Date démarrage des travaux : septembre 2009  
Date de réception des travaux : août 2010

### Etat d'avancement du chantier au 11/03/10 :

- Gros œuvre terminé (panneaux PV installés, isolants, menuiseries posées sauf mur rideau en triple vitrage).
- Second œuvre en cours : Pare-vapeur apparent au niveau de la charpente bois. Mur intérieur à nu. Bardage zinc et bois en cours de pose.
- Installations techniques, hors installation PV, non installées



## Avant réhabilitation



*Façades Est et Nord*



*Façades Sud et Est*



*Façades Nord et Ouest*



*Façades Ouest et Sud*

## Etat d'avancement au 11 mars 2010



*Façade Nord*

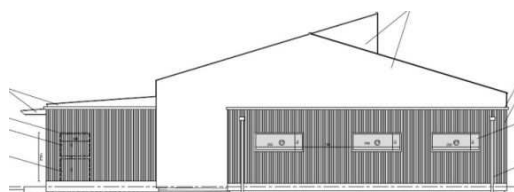


*Façade Est*

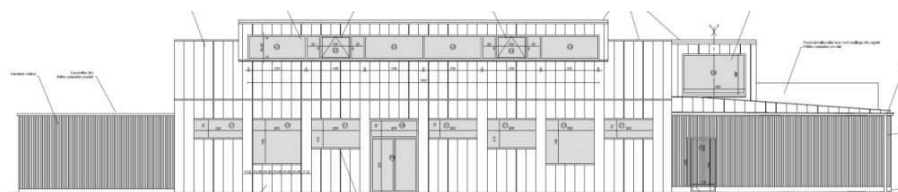


*Façades Sud et Est*

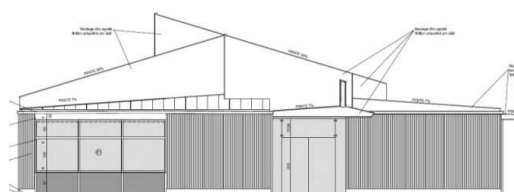
## Vues des façades du projet



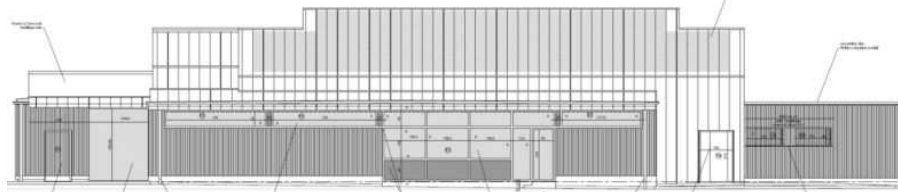
*Façade Est*



*Façade Nord*



*Façade Ouest*



*Façade Sud*



## Préambule : les grands choix en vue d'une réhabilitation à haute qualité environnementale

### La volonté communale

« En 2008, suite aux élections municipales, la nouvelle équipe a eu pour volonté d'intégrer le développement durable dans les différents projets de la ville. Cela s'est traduit par l'élaboration d'un agenda 21, en concertation avec la population (via des ateliers participatifs, comité de quartier,...) et dont le plan d'action a été établi au printemps 2010. Un des objectifs était de rapprocher le quartier ouest de Portes-lès-Valence du reste de la ville, ce quartier étant à l'heure actuel séparé par la nationale ainsi que la voie ferrée.

Ainsi, le projet de réhabilitation de la salle polyvalente « Fernand Léger » a pour but de revaloriser le quartier ouest, mais également d'être exemplaire sur le plan environnemental. C'est le 1<sup>er</sup> projet de ce type sur la commune, en terme de qualité environnementale et d'intégration d'énergie renouvelable. Les critères de ce programme seront d'ailleurs intégrés dans d'autres programmes de bâtiments communaux.

A noter également que la population est très attachée à cette salle car il s'y déroule tous les moments importants de la ville (activités sportives, mariages, anniversaires,...) »

J.Vye, chargé de mission Agenda 21, Ville de Portes les Valences



Situation de la salle Fernand Léger : dans la quartier ouest de la ville, séparé du reste de la ville par la voie ferrée et la nationale

### Les arbitrages de l'architecte

« Le parti architectural d'une réhabilitation doit se fonder sur une lecture minutieuse de l'existant. La lecture de la Salle Fernand Léger telle que nous l'avons trouvée en janvier 2009 s'est portée sur l'histoire du bâtiment qui avait subi quelques modifications depuis son édification au tout début des années 1980. L'intérêt dans une démarche de réhabilitation, par rapport à une construction neuve, est de pouvoir déceler au travers des usages, les atouts de l'existant ou ses éventuels dysfonctionnements.

Ainsi, la qualité environnementale a été visée avant tout sur ce projet au travers d'une économie de moyens pour remettre en mouvement les éléments de l'existant (en particulier le gros œuvre en béton banché, et le plancher chauffant) qui représentaient un atout considérable en terme d'inertie.

Il faut souligner que cette lecture de l'existant a mobilisé, dès la phase diagnostic, l'ensemble de l'équipe de maîtrise d'œuvre. En particulier, dès la phase d'avant projet sommaire, la modélisation thermique dynamique a été un outil incontournable pour valider les choix constructifs (nouveaux partis sur la gestion de la lumière naturelle pour lesquels la compétence du BET structure bois a été déterminante, complexe de couverture, isolation extérieure), leur impact sur la performance énergétique du bâtiment en période de chauffe, et son confort en thermique d'été.

Une restructuration mesurée des espaces intérieurs, qui devait tenir compte de la conservation du plancher chauffant, a été proposée pour tenir compte de l'accessibilité des personnes à mobilité réduite, et améliorer le confort d'usage :

- Création de deux ensembles de vestiaires/sanitaires, proches de l'entrée
- Création d'une zone entretien, offrant des vestiaires au personnel de la mairie, et un local de stockage du matériel pour l'entretien du bâtiment
- Création d'un local déchet.

Il faut noter la création d'un local technique accueillant une zone Centrale de Traitement d'Air et Pompe à chaleur. L'existence d'un tel local dans le volume isolé, permet une bonne accessibilité des équipements techniques du bâtiment et facilite les opérations d'entretien ou de réglage. Par ailleurs les points faibles que représentent vis-à-vis de l'étanchéité à l'air les pénétrations de canalisations aérauliques ou de fluides sont réduits à leur minimum.

Enfin la conception de la salle principale a du intégrer les contraintes réglementaires d'isolement acoustique dues à l'utilisation de musique amplifiée (mariages, réceptions...).

Le projet présenté aux élus est simple et sans démesure, faisant évoluer ce qui pouvait l'être et permettant de revenir à l'usage initial du bâtiment. »

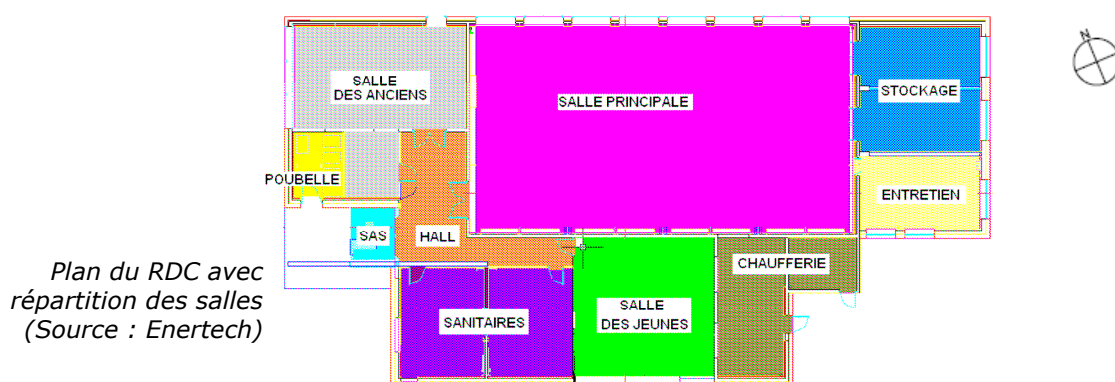
C. MARECHAL, architecte

## Zoom sur :

### 1) L'ENVELOPPE

#### L'enveloppe avant réhabilitation :

- Structure en béton banché avec ITI par 7 cm de laine de verre + brique plâtrière ; extension en aggro.
- Plancher : dalle active en béton armé avec isolation en fond de coffrage par 4 cm de polystyrène expansé ( $\lambda=0,038 \text{ W/m.K}$ ).  $U_{\text{sol}} = 0,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ .
- Toiture inclinée (30%) : charpente bois + de l'intérieur vers l'extérieur : 19 mm de panneaux agglomérés de bois + 130 mm de laine de verre + 19 mm de panneaux agglomérés de bois
- Plafond du bâtiment Est : 20 cm de béton (hourdis et dalle de compression) avec ITE par 6 cm de polyuréthane ( $\lambda=0,025 \text{ W/m.K}$ ), et ITI par 8 cm de laine minérale ( $\lambda=0,04 \text{ W/m.K}$ ).  $U = 0,23 \text{ W/m}^2.\text{K}$ .
- Double-vitrage.



#### Stratégie d'enveloppe

Comme précisé précédemment, les choix de stratégie d'enveloppe ont été fait en fonction des exigences en terme :

- de performance énergétique
- de confort d'été
- de confort en terme d'éclairage naturel.
- de confort acoustique
- de restructuration des espaces.

Les matériaux ont été choisis en fonction de leurs impacts sanitaires, et avec une volonté de limiter les déchets.

Cela a abouti à une conception bioclimatique de l'enveloppe se concentrant sur :

- une isolation performante de l'enveloppe,
- l'apport d'un puit de lumière zénithale orienté au nord généreux en éclairage naturel pour la salle principale,
- la pose de protections solaires sur les vitrages des salles annexes.



Salle principale avant travaux (© Eurl Caroline Maréchal Architecte)

#### a. Le gros œuvre

Par souci d'économie des matériaux, l'ossature en béton banchée du bâtiment a été conservée, ainsi que la dalle de structure (dalle active).

Des reprises de maçonnerie ont été réalisées au niveau de la charpente bois pour permettre l'aménagement d'un plénum technique et pour modifier l'inclinaison d'une partie de la toiture (cf. b) La charpente bois, p.7) et pour murer certaines ouvertures. Il a également fallu reprendre les encadrements de fenêtres.

« La limitation des déchets de chantier fait partie des priorités en terme de qualité environnementale. Néanmoins, il n'est pas toujours évident de mettre en place une bonne gestion des déchets, car cela nécessite un temps supplémentaire à intégrer dans les missions des entreprises. »

C. MARECHAL, architecte



Conservation de l'ossature en béton banché et de la dalle de structure avec reprise de maçonnerie. A gauche : vue générale, au centre : salle principale, à droite : salle des anciens (en rose : moquette existante) (© J.Vye - 2009)

« Sur ce chantier, il n'a pas été mis en œuvre une grande quantité de béton, cependant le travail du lot gros œuvre a été long, en particulier pour : modifier les arases et les appuis de charpente, réaliser les réservations pour les traversées de conduits aérauliques, et reprendre les encadrements de fenêtres. »

C. MARECHAL, architecte

## b. La charpente bois

### Technique

La volonté initiale était de conserver le principe constructif de toiture avec charpente en bois massif, par souci d'économie de matériaux, et en particulier pour être au plus près de la maçonnerie existante.

Cependant, cette charpente devait être modifiée à certains endroits en raison :

- d'un problème d'étanchéité au niveau des volumes bas d'origine (salle des anciens à l'ouest, sanitaires/vestiaires, salle des jeunes et local CTA au sud). En effet, à ces endroits, la toiture recouverte par une membrane d'étanchéité bitumineuse ne présentait qu'une pente de 1%, ce qui n'est plus toléré aujourd'hui. Ainsi, la charpente a été refaite avec une pente de 7% (cf. **Détail 8 : Traitement de la jonction couvertures 30% et 7%** en page 17)
- de la nécessité de créer un plénum technique (cf. page 19) pour gérer les cheminements aérauliques à l'intérieur du volume isolé
- de la volonté d'améliorer la gestion de la lumière naturelle.

Dans la salle principale les fermes existantes ont pu être conservées et modifiées pour créer le shed qui éclaire ce volume. Cependant, compte tenu du nouveau complexe de couverture mis en œuvre, elles ont dû être complétées par de nouvelles fermes.



## Mise en œuvre



Charpente du bâtiment non-rénové  
(© Eurl Caroline Maréchal Architecte)

« Au début du chantier, l'entreprise de charpente a proposé de déposer les fermes existantes, et de traiter en neuf toutes les fermes de la salle principale pour faciliter le dimensionnement ainsi que la mise en œuvre. Il était en effet difficile de coller aux pentes et aux cotes de l'existant. La conservation des fermes n'a pas été techniquement une solution de facilité, cependant ce choix permet d'introduire une singularité dans le volume de cette salle qui fait écho à son histoire. »

C. MARECHAL, architecte



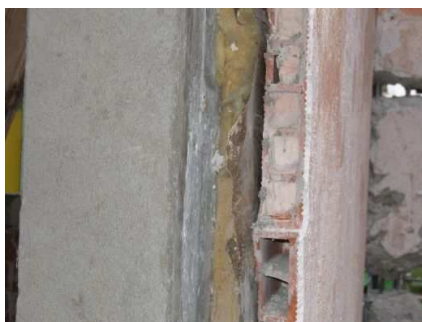
Charpente bois existante protégée de la pluie durant les travaux  
(© J.Vye - 2009)



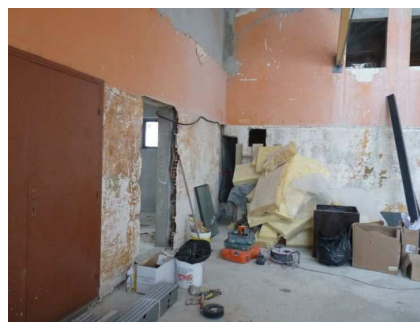
Anciennes fermes  
Nouvelles fermes

Charpente du bâtiment rénové

## c. Le choix d'une isolation thermique par l'extérieur (ITE)



Avant rénovation : isolation intérieure du béton banché par de la laine de verre et de la brique plâtrière (© J.Vye)



Murs intérieurs de la salle principale avec isolant (laine de verre) déposé.

« L'ossature en béton banché, que l'on voulait conserver, était isolée par l'intérieur par 7 cm de laine de verre + 5 cm de brique plâtrière. Il était prévu d'isoler ces murs par l'extérieur tout en conservant l'isolant intérieur, pour des raisons diverses : gain de temps et donc d'argent, conservation des matériaux, et diminution de l'épaisseur d'isolant en extérieur. Cependant, dès lors que la couverture a été enlevée, la tenue mécanique de la brique plâtrière a été insuffisante, et il a fallu déposer entièrement l'isolant intérieur. Cela a eu pour conséquence des travaux supplémentaires liés à cette dépose, mais également deux adaptations :

- l'augmentation de la performance thermique de l'isolant extérieur pour compenser la perte d'isolant intérieur ( $\lambda = 0,032 \text{ W/m.K}$  au lieu de  $0,038$ ).
- Un complément d'isolation a été réalisé au niveau des allèges des 2 murs rideau ».

C. MARECHAL, architecte

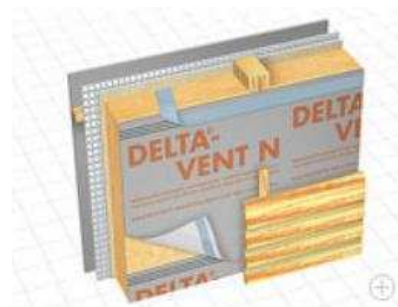
## d. La mise en œuvre de l'ITE

### a. En paroi courante

#### Technique

L'isolation des murs extérieurs est réalisée par deux couches croisées de laine de verre de 10 cm (marque : GR32 d'Isover ;  $\lambda = 0.032 \text{ W/m.K}$ ) montées sur une ossature bois.

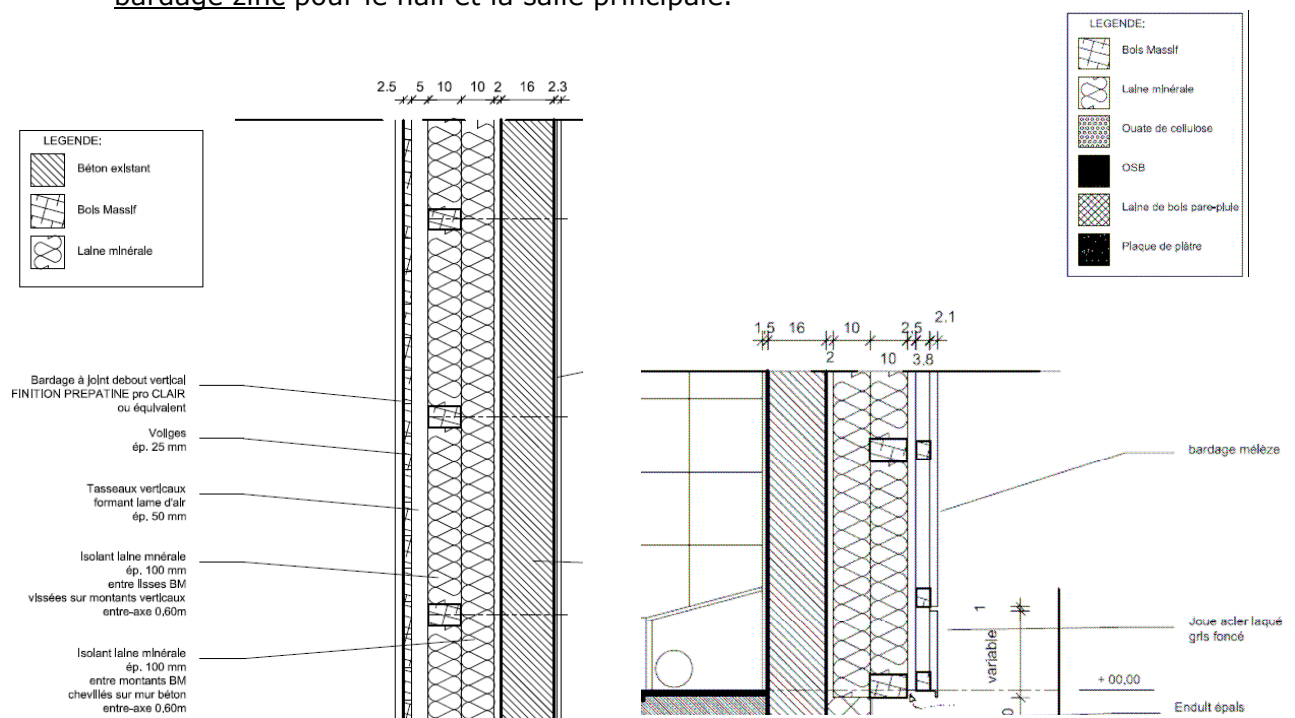
Une isolation périphérique extérieure par des panneaux de polystyrène extrudé (polyfoam C de Knauf,  $\lambda = 0.038 \text{ W/m.K}$ ) de 12 cm, collés sur les murs bétons existants jusqu'aux fondations va être mise en œuvre pour limiter les ponts thermiques de la liaison mur-dalle (cf. **Détail 3 : Pied de façade** en page 12).



Delta Vent N (Source : Dörken)

Sur l'ITE est mis en œuvre le pare-pluie (Delta Vent N de Dörken) + lame d'air de 50 mm + bardage qui est de deux types :

- bardage par lames de mélèze verticales pour les éléments les plus bas, couronné par un élément en zinc filant,
- bardage zinc pour le hall et la salle principale.



Détail 1 : à gauche : façade zinc - paroi courante / à droite : façade sud - bardage mélèze

## Mise en œuvre

**Etape 1 :** Montants bois verticaux chevillés sur voiles de béton armé et précadre bois des doubles-fenêtres. L'ossature bois est déportée des voiles béton par des équerres métalliques afin de reprendre l'alignement de la façade

**Etape 2 :** Pose du 1<sup>er</sup> lit de laine de verre (10 cm) dans le vide aménagé par les équerres métalliques et donc derrière les montants bois verticaux



© M. Vye



© M. Vye

**Etape 3 :** Mise en œuvre de la 2<sup>ème</sup> couche de laine de verre (10 cm) entre les montants verticaux 45x95mm, entre-axes 60cm.

### Etape 4 :

- Pour les vêtements en bardage mélèze :

Mise en place d'un lattage vertical de ventilation de 25 x 50 mm (entre-axes 60 cm) formant lame d'air en avant du pare-pluie. Fixation au travers du pare-pluie sur les montants verticaux de 45x95 mm. Des lisses horizontales de 38x65 mm sont ensuite mises en œuvre avec un entre-axe de 60 cm. Le bardage mélèze vertical (21x60 mm) se fixe sur ces lisses horizontales.

- Pour les vêtements en bardage zinc :

Mise en place de lambourdes verticales 50x50 mm (entre-axes 60 cm) formant lame d'air en avant du pare-pluie. Fixation au travers du pare-pluie sur les montants verticaux de 45x95 mm. Le bardage zinc se fixe sur les voliges épaisseur 25 mm.



Réalisation de la façade





Au 1<sup>er</sup> plan : salle principale qui recevra un bardage zinc,  
au 2<sup>ème</sup> plan : salle des anciens avec son bardage bois



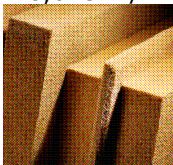


Mise en œuvre du bardage zinc  
sur lattage bois

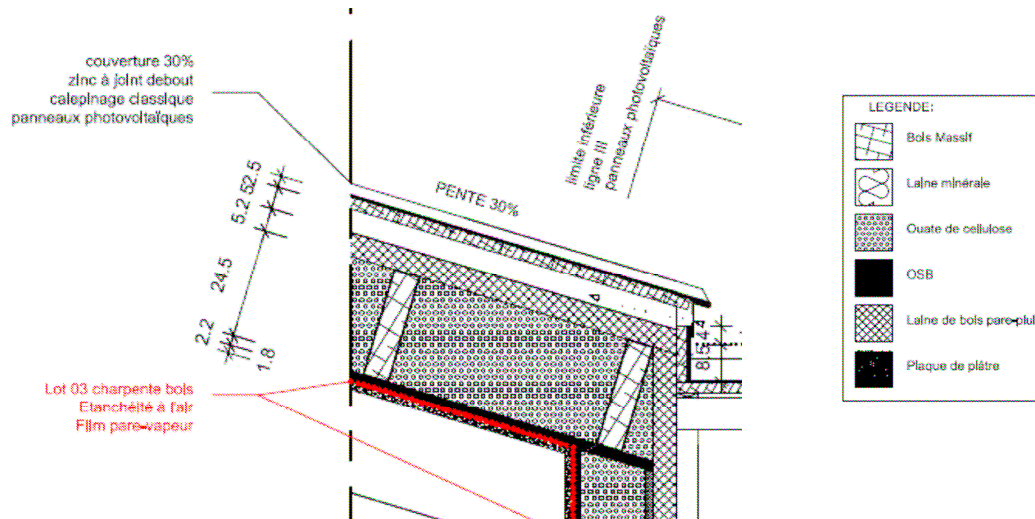
## b. Les toitures

### >> Toiture inclinée à 30% et 7% :

Les panneaux de couverture ont été préfabriqués en atelier.

Les 2 toitures sont constituées, de l'extérieur vers l'intérieur :

	<b>toiture à 30%</b>	<b>toiture à 7%</b>
Ext ↓ Int	couverture Zinc à joint debout	
	lame d'air ventilée, e=50 mm	
	voliges d'épaisseur 25 mm	
	panneau pare-pluie en fibre de bois, e=52 mm (UD Q11 protect de Homatherm, $\lambda = 0,043 \text{ W/m.K}$ )	panneau pare-pluie en fibre de bois, e=24 mm (Steico Universal, $\lambda = 0,049 \text{ W/m.K}$ )
		
	ouate de cellulose insufflée, e=245 mm (Isol'Ouate, $\lambda = 0,039 \text{ W/m.K}$ )	
		
	panneau OSB, e=22 mm (Kronoply OSB3 de Kronobois, $\lambda = 0,12 \text{ W/m.K}$ )	panneau OSB, e=12 mm (Kronoply OSB3 de Kronobois, $\lambda = 0,12 \text{ W/m.K}$ )
	film pare-vapeur (Delta Reflex de Dörken)	
	BA 18 formant écran thermique	
	En rampant : plafond acoustique Heradesign A2,s1,d0, e=25 mm, espacement 3cm + laine de roche Heralan DP5, e=30mm	Faux-plafond horizontal démontable 1200x600 :panneaux acoustiques en laine de roche, e= 20mm (Ekla de Rockfon)



*Détail 2 : Toiture inclinée à 30%*

Une continuité de l'isolation à la jonction toiture-mur vertical permet de limiter les ponts thermiques.

### >> Plafond du bâtiment Eest :

L'isolation du plafond du bâtiment Est reste inchangée, à l'exception de l'isolant intérieur qui a été déposé et remplacé. La constitution est donc la suivante (de l'extérieur vers l'intérieur) : 6 cm de polyuréthane ( $\lambda=0,025 \text{ W/m.K}$ ) + 20 cm de béton (hourdis et dalle de compression) + 10 cm de laine minérale ( $\lambda=0,04 \text{ W/m.K}$ ).  $U = 0,20 \text{ W/m}^2.\text{K}$ .

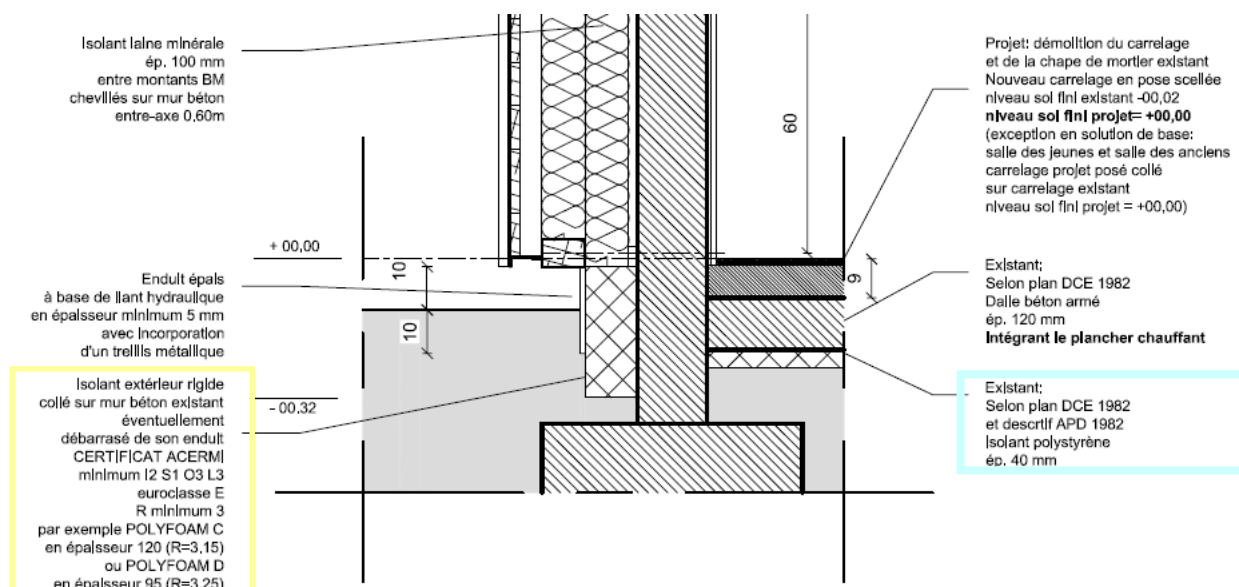
c. Le sol

La dalle béton armé d'épaisseur 120 mm a été conservée.

Cette dalle active couvre l'ensemble du bâtiment sauf l'extension en aggloméré (zone entretien et stockage).

Le carrelage et la chape de mortier existants ont été démolis.

L'isolation existante en fond de coffrage de la dalle béton est conservée. Il s'agit de 4 cm de polystyrène expansé ( $\lambda=0,038 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ )).



*Détail 3 : Pied de facade*

## e. La mise en place d'un vitrage performant

### Stratégie

Dans le bâtiment existant, le vitrage créait de l'inconfort : les vitrages au Sud provoquaient des surchauffes (conduisant les usagers à obturer totalement des châssis vitrés en partie haute de la paroi sud de la salle principale) alors que ceux à l'Est et l'Ouest provoquaient de l'éblouissement.

Ainsi, la stratégie combine les exigences en terme de performance énergétique et de confort visuel et se décline en deux axes :

#### ➤ conservation des surfaces vitrées :

Les surfaces vitrées sont globalement conservées, à l'exception de la création d'un shed, orienté Nord au niveau de la salle principale. Ainsi, le ratio d'indice d'ouverture de **18%** (surface des baies en tableau / surface dans œuvre) voulu par le BE Enertech a été respecté.

#### ➤ protections solaires :

- A l'Ouest, les façades vitrées bénéficient d'occultations extérieures à lames orientables.
- En façade Sud des volumes les plus bas, là où des verrières inclinées occasionnaient des surchauffes dans les zones de restaurations scolaires, des débords de toitures permettent de maîtriser les apports dus au rayonnement solaire.
- A l'est (zone stockage-entretien non chauffée) : aucune protection.

### Technique et mise en oeuvre

- Les fenêtres double-vitrage ont des menuiseries en aluminium à rupture de pont thermique Wiconia type Epure et sont posées en tunnel avec des précadres en bois (cf. p.9) .
- Les menuiseries triple-vitrage sont en aluminium à rupture de pont thermique WicStyle 50 de Wiconia, et sont posées en applique.

« Dans notre configuration d'isolation extérieure rapportée, la pose en tunnel avec des précadres bois permet une implantation des châssis aluminium qui limite le retrait des menuiseries par rapport au nu extérieur de la façade. Ce choix esthétique nécessite une interface entre les lots : charpente, menuiseries alu et gros œuvre (pour ce dernier, il s'agit dans la majorité de ses interventions d'une reprise soignée des tableaux après dépose des menuiseries existantes, et pour quelques cas de créations ou modifications d'ouvertures dans la maçonnerie existante).

La pose en applique des murs rideaux aluminium se fait directement sur les parois en béton banché. En tête, le mur rideau s'appuie sur la poutre de rive de la toiture.

La bonne gestion de l'interface entre les lots est importante, en particulier pour maîtriser l'étanchéité à l'air de l'enveloppe.»

C. MARECHAL, architecte

### Doubles fenêtres acoustiques en façade Nord de la salle principale :

#### - Côté extérieur :

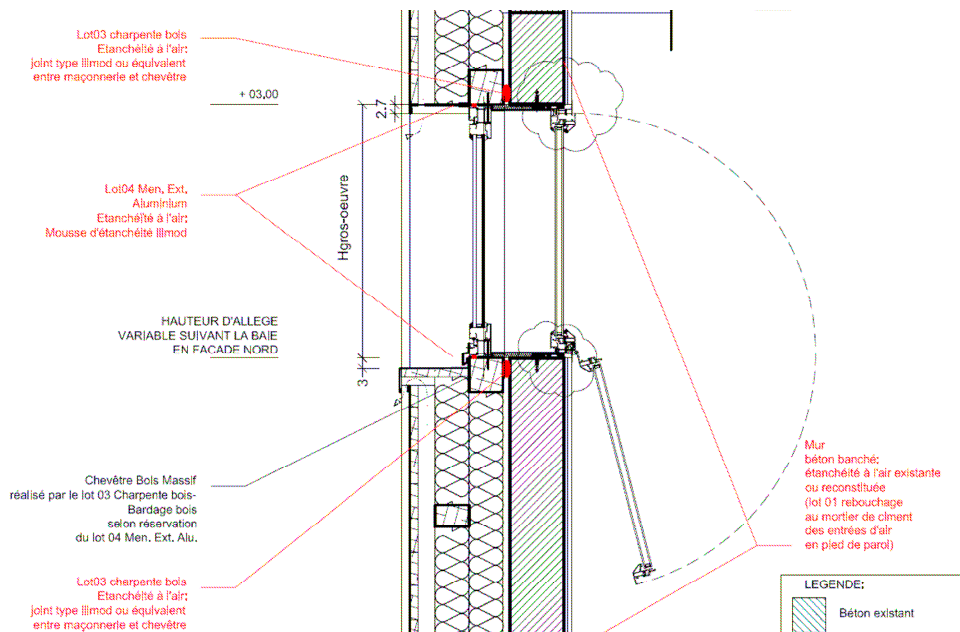
châssis fixe (iplus E / ipaphon SF 46/37 ou iplus E / ipaphon SF 45/35 d'Interpane)  
composition du vitrage : SF11 / 16 / 10 Argon).

#### - Côté intérieur:

châssis ouvrant à la française de type 44.2 SGG Stadip Silence. Menuiserie alu à rupteur de pont thermique.

Uw = 1,4 W/m².K pour l'ensemble de la double-fenêtre.

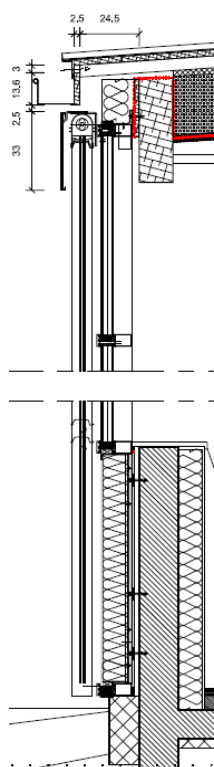




Double fenêtre vue depuis la salle principale

Détail 4 : Double fenêtre en façade Nord

**Murs rideaux en façades sud et ouest :** Triple vitrage,  $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ,  $U_w \leq 1,4 \text{ W/m}^2.\text{K}$ .



©J.Vye



Murs rideau avant la pose



Murs rideau en façade Ouest

Détail 5 : Façade ouest –mur rideau

Un complément d'isolation (10 cm de laine de verre en intérieur) a été réalisé au niveau des allèges des 2 murs rideaux.

**Fenêtres en façade Est et Sud des locaux de stockage et d'entretien :** triple vitrage,  $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ,  $U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ .



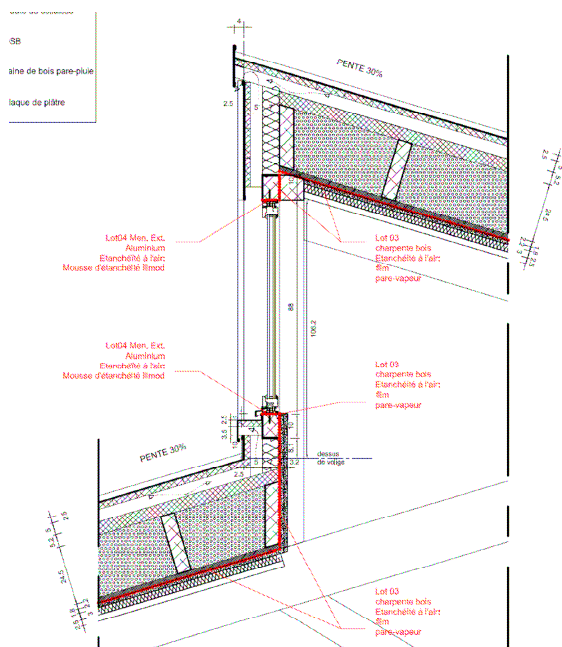
Triple-vitrage avant la pose



Façade Est

### Sheds en toiture :

Double-vitrage acoustique (iplus E / ipaphon SF 48/38 d'Interpane ; Composition du vitrage : SF13/16/:SF9 Argon),  $U_w \leq 1,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

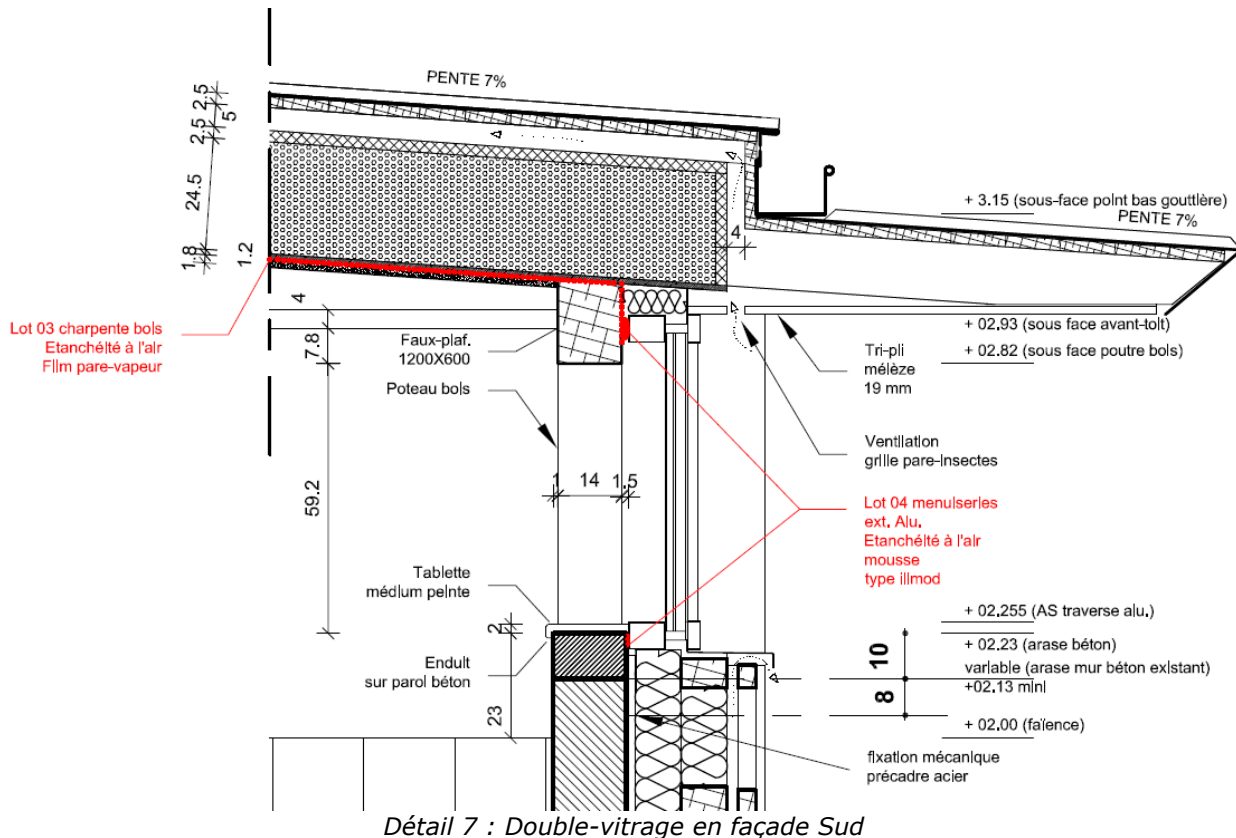


Détail 6 : Shed sur salle principale en façade Nord



### Ailleurs en façades Sud :

Double vitrage INTERPANE, lame d'argon faible émissivité,  $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , facteur solaire  $g = 0,61$ ,  $U_w = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Pour limiter les ponts thermiques au niveau de la liaison mur-menuiseries, un retour d'isolant sur le chevêtre support de la menuiserie est réalisé.

## f. La réalisation d'une enveloppe étanche à l'air

### Technique :

Une continuité de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe est assurée :

- Au niveau des murs en agglo et des ouvertures refermées dans le béton banché : par l'enduit.
- Au niveau de la charpente bois en toiture : par la pose d'un pare-vapeur.

## Mise en œuvre

« La question de l'étanchéité à l'air du bâtiment, et en particulier la gestion de cette problématique au niveau des menuiseries, était nouvelle pour moi. Elle n'a été gérée qu'à partir de la préparation de chantier. Une sensibilisation a été réalisée en début de chantier par le cabinet Enertech.

*Aujourd'hui, ce travail sur l'étanchéité à l'air demande un gros effort d'adaptation aussi bien du côté de la maîtrise d'œuvre (la réglementation constructive est actuellement assez pauvre sur le sujet) que de celui des entreprises.*

La réalisation de détails d'enveloppe à l'échelle 1/10 a permis de visualiser les principes à mettre en œuvre pour chacun des intervenants.

*Le test intermédiaire d'infiltrométrie a été un bon outil pour avoir un retour d'expérience direct sur l'efficacité des produits et vérifier leur mise en œuvre.. »*

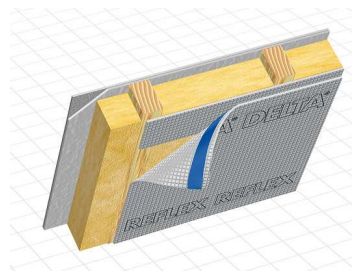
C. MARECHAL, architecte



## 1 – Traitement de l'étanchéité à l'air de la charpente bois

Les lés de pare-vapeur, de marque Delta Reflex de Dörken, sont déjà montés sur les caissons de toiture préfabriqués.

Sur chantier, il faut assurer une continuité de l'étanchéité entre les caissons mais aussi avec les éléments existants : cela est réalisé par des bandes adhésives monoface de marque Delta Multiband de Dörken.



Source : Dörken

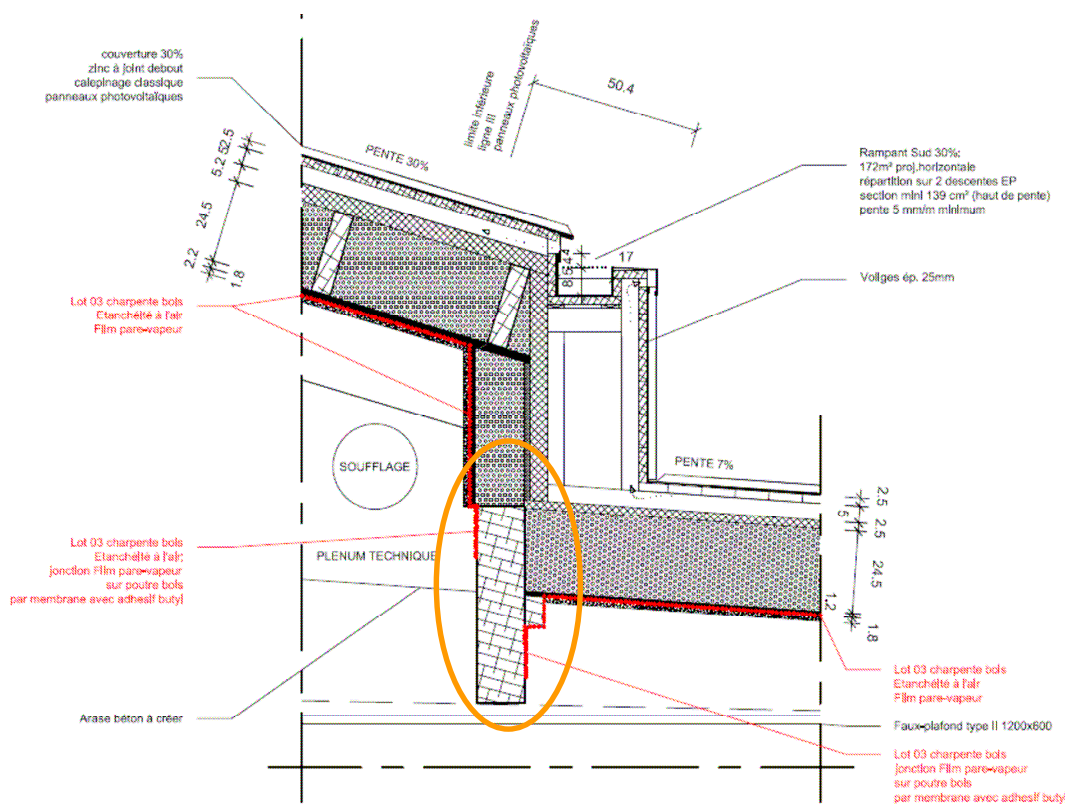


Pare vapeur Delta Reflex

Scotch Delta Multiband

Lés de pare-vapeur au niveau de la charpente bois

La jonction entre les poutres bois et les lés de pare-vapeur des caissons préfabriqués est réalisée avec une membrane avec adhésif butyl.



Détail 8 : Traitement de la jonction couvertures 30% et 7% en façade Sud

### 2 – Traitement de l'étanchéité à l'air des menuiseries

Une mousse imprégnée précomprimée de classe E1 est appliquée :

- Pour les murs rideaux posés en applique : cette mousse est mise en œuvre par le lot menuiseries extérieures aluminium au niveau de la liaison maçonnerie-aluminium, et au niveau de la liaison poutre de rive-aluminium, en recouvrement du pare-vapeur posé en sous face de rampant par le lot charpente. Une bonne compression de cette mousse (et donc sa bonne étanchéité) est tributaire d'un jeu continu entre les profilés aluminium et les supports (mur en béton ou poutre bois).
- Pour les menuiseries posées en tunnel : cette mousse est mise en œuvre par le lot menuiseries extérieures aluminium au niveau des liaisons dormant aluminium-chevêtre bois.

*« Alors que la pose en applique des menuiseries est très sécurisante en terme d'étanchéité à l'air, la pose en tunnel avec utilisation de joints précomprimés l'est beaucoup moins car les entreprises n'en ont pas la pratique. Dans ce cas, il peut s'avérer intéressant que le fabricant se déplace sur site pour intégrer une pose correcte de son produit au savoir-faire de l'entreprise. »*

*C. MARECHAL, architecte*

### 3 – Résultat du test d'étanchéité à l'air en phase travaux

Le test d'étanchéité à l'air, réalisé le 22 mars, a permis de mettre en évidence deux faiblesses : un chevêtre non traité, et un oubli de joint compribande. Par ailleurs, il a mis en évidence que les traitements provisoires de postes non encore traités n'avaient pas forcément été bien gérés.

Le test d'étanchéité à l'air réalisé à ce stade (bâtiment hors d'eau, hors d'air) est donc très important car il permet de mettre en évidence des anomalies qui ne sont plus forcément visibles, mais qui peuvent être encore traitées.

## 2) Les systèmes

### Les systèmes avant réhabilitation :

- Chauffage : dalle active alimentée par une chaudière gaz naturel
- ECS : ballons électriques
- Ventilation : par ouverture des ouvrants

Le chauffage et le refroidissement sont assurés par les dalles actives existantes. L'air n'est utilisé que pour évacuer le CO<sub>2</sub>, les odeurs, l'humidité et la chaleur.

Ce bâtiment atteint des performances énergétiques très élevées grâce à la réalisation d'une enveloppe performante, et grâce au choix des systèmes suivants :

- Pompe à chaleur géothermale à double condenseur non réversible associée à une dalle active. Le projet pourrait refaire naître la technique des dalles actives qui n'est presque plus utilisée depuis 30 ans.
- Système de ventilation à déplacement d'air avec une plage de variation de débit très importante pour s'ajuster aux charges internes. La régulation du débit de la ventilation est indépendante pour chacune des 3 salles principales selon des sondes de CO<sub>2</sub>, d'hygrométrie et de température. Le projet permettra de compléter une littérature pratiquement inexistante sur le sujet pour un bâtiment performant.
- CTA double-flux à récupération de chaleur par échangeur à plaque haut efficacité 90%.
- Un automate avec accès Web. Celui-ci peut permettre de connaître le comportement du bâtiment et des systèmes en direct sans attendre la fin d'une campagne de mesure (qui dure généralement 1 an).

Aucun système thermodynamique n'est utilisé pour le rafraîchissement.

*« L'objectif d'Enertech est toujours de réaliser des bâtiments très performants sur le plan énergétique. Toutefois, avec un niveau de Cref -90%, ce bâtiment atteint des performances bien meilleures que ce que nous pouvons observer d'ordinaire, les bâtiments se situant plutôt autour de Cref-50%. En fait, le projet a bénéficié de circonstances favorables : présence d'une eau de forage à 15,7°C, configuration du bâtiment à réhabiliter, équipe motivée,... Ainsi, le besoin de chauffage est de 35 kWh/(m<sup>2</sup>.an) selon notre STD. Nous attendons avec impatience de connaître le comportement des systèmes par les relevés qui seront faits afin de vérifier les hypothèses et les calculs, qui pourront être exploités pour réaliser d'autres projets ».*

J-Y. POULAIN, Enertech

### **a. Pompe à chaleur géothermale associée à une dalle active**

Les dalles actives, en fonctionnement depuis 1982, ont été conservées. Avant les travaux, elles étaient alimentées par une chaudière gaz et assuraient le chauffage du bâtiment (pas de rafraîchissement).

En hiver, la production de chaleur est maintenant assurée par une pompe à chaleur géothermale eau/eau/ECS. La haute performance de cette PAC est rendue possible grâce à une température de l'évaporateur élevée (température de l'eau de forage à 15.7°C selon un sondage) et une température du condenseur faible pour le chauffage (régime d'eau dalle active 20/23°C). Le compresseur est à débit variable type Scroll Inverter, il permet de moduler la puissance consommée du compresseur en fonction des besoins.

La PAC est non réversible. En été, les dalles actives sont refroidies par eau de forage (température arrivée eau 18°C mini) via un échangeur à plaques plutôt surdimensionné ce qui permet d'avoir une faible perte de charge et un faible pincement de température.



Ces caractéristiques de l'échangeur permettent de réduire les consommations des pompes, or en l'absence d'utilisation de la PAC pour le refroidissement, les pompes (notamment celle de forage) sont devenues les principaux postes de consommation.

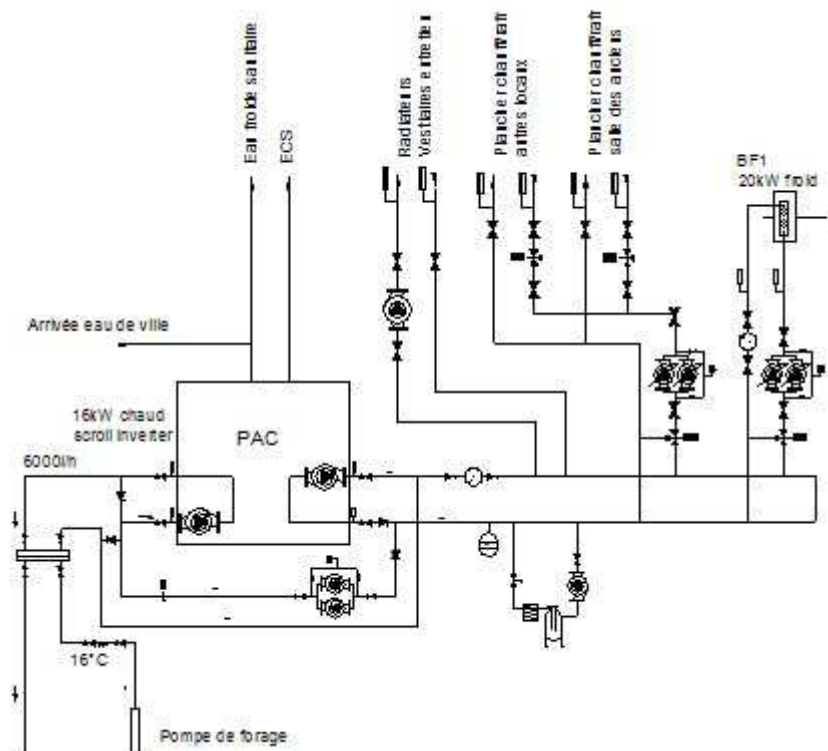


Schéma hydraulique (Source : Enertech)

« La difficulté lors des travaux de réhabilitation est de ne pas dégrader la dalle active existante. »

C. MARECHAL, architecte

## Production et distribution ECS

Il est prévu de l'ECS pour la kitchenette, les 2 douches des blocs sanitaires et le vidoir pour le ménage. Les lavabos sont à eau froide seule.

Le bâtiment, au sens de la réglementation thermique RT2005 est « une salle de spectacle, de conférence, salle polyvalente » et dans ce cas la consommation d'énergie pour la production ECS n'est pas prise en compte dans le bilan thermique.

Pourtant, d'après la STD d'Enertech, la consommation pour l'ECS devient importante comparé à la consommation annuelle pour le chauffage, si on conservait les ballons électriques qui étaient installés.

Pour cette raison, la totalité de l'ECS (à 55°C, modifiable) est produite par la PAC précédemment décrite, sans recourir à une résistance électrique.

### b. Système de ventilation à déplacement d'air

Le but du système de ventilation est d'évacuer les polluants : le débit et la température de l'air soufflé sont régulés par des sondes de CO<sub>2</sub>, d'humidité et de température placées dans chacune des 3 salles.

Le système de diffusion d'air choisi est « à déplacement d'air » (cf. paragraphe « Principe de la ventilation à déplacement d'air » ci-dessous) et non pas par un système dit « à mélange d'air ». Ce système est peu utilisé dans les bâtiments.

L'air est introduit en partie basse des salles et extrait au niveau des plafonds.

Dans la salle principale, l'air est introduit au niveau du sol au travers d'une cloison perforée de 20 m de long, sur une hauteur de 0.5 m. Dans la salle des jeunes et des anciens, les diffuseurs sont des diffuseurs à déplacement du commerce.

L'avantage de ce système est de pouvoir introduire de l'air neuf dans la zone d'occupation sans que celui-ci soit mélangé avec l'air chaud et pollué par les occupants et de faciliter l'évacuation de la chaleur et de l'humidité en été en partie haute.

« L'humidité exprimée en g/kg dans la zone d'occupation devrait être proche à celle de l'extérieur. Ce point important sera à valider par les campagnes de mesure. »

J-Y. POULAIN, Cabinet SIDLER

C'est le seul système qui s'adapte parfaitement aux variations d'occupation (cf. paragraphe « Gestion des variations d'occupation » ci-dessous).

### Gestion des variations d'occupation :

Une des contraintes du projet est la très grande variation de l'occupation.

En effet, la salle principale reçoit aussi bien des activités sportives (moins d'une dizaine de personnes) que des mariages (env. 150 personnes). Le débit d'air doit pouvoir varier en fonction du nombre de personnes, sans quoi il faudrait surventiler par faible occupation, et surconsommer en chauffage et refroidissement.

Le système à déplacement d'air permet de descendre à un débit très faible, pour s'adapter à l'occupation.

Les débits soufflés et extraits sont régulés par des boîtes à débit variable.

### Principe de la ventilation à déplacement d'air :

« La ventilation au moyen de diffuseurs était un préalable. Le système choisi a pour avantage d'être silencieux et amène un grand confort. L'aéraulique est à bien intégrer dès le 1<sup>er</sup> coup de crayon. »

C. MARECHAL, architecte

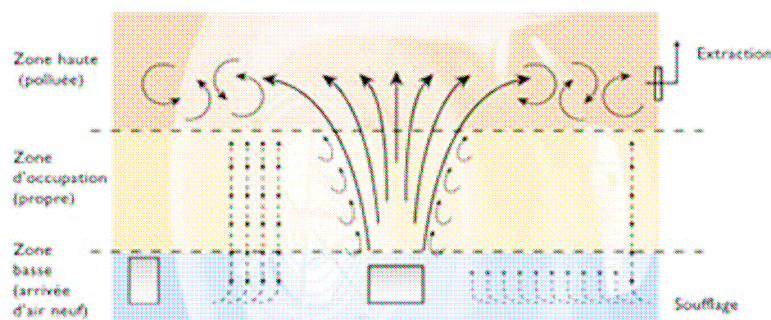


Schéma de principe de système à déplacement d'air (Source : ADEME)

Le principe est le suivant :

- L'air est soufflé, à basse vitesse, en partie basse des locaux traités.
- Cet air, plus froid que l'ambiance tombe au sol et parcourt la largeur de la salle (dans le cas de la salle principale, sur une longueur de 10 m). Selon des essais avec fumigène fait en laboratoire par un fournisseur, l'épaisseur de ce flux d'air au sol est de 25 cm de haut (zone basse indiquée sur le schéma).
- Cet air contourne les obstacles mais est dévié par un flux ascendant au contact des occupants et des sources chaudes. Les polluants cités plus haut, dégagés par les occupants sont évacués par convection.
- Environ 70 % de la chaleur des personnes est évacuée par convection, le reste est évacué par rayonnement vers le plafond ou absorbé par le sol.

« La ventilation à déplacement d'air est très peu utilisée à l'heure actuelle. Il s'agit donc d'un projet expérimental, ce qui le rend particulièrement intéressant.

Si un système à déplacement d'air n'avait pas été choisi, au profit d'un système « à mélange d'air », l'air vicié aurait alors été mélangé à l'air neuf d'où une homogénéisation de la température et de la pollution. Ainsi, il aurait fallu souffler un air plus froid et faire appel à un système thermodynamique. Ici, l'air vicié ou pollué est évacué sans être mélangé avec l'air soufflé. »

J-Y. POULAIN, Enertech

## c. CTA double flux

La ventilation sera assurée par une unique CTA double-flux à récupération de chaleur haut rendement de marque Aldes DFE+ 6000. La CTA est dimensionnée pour un débit d'air de 40 m<sup>3</sup>/h.pers, soit 6000 m<sup>3</sup>/h (150 pers. x 40 m<sup>3</sup>/h.pers.).

L'échangeur associé à la centrale Aldes DFE+ 6000 a un rendement annoncé par le fournisseur de 90% pour -10°C extérieur.

Il permet de souffler de l'air 3 à 5°C en dessous de la température ambiante dans la zone d'occupation.



CTA Double-flux DFE+ Micro-watt (source : Aldes)

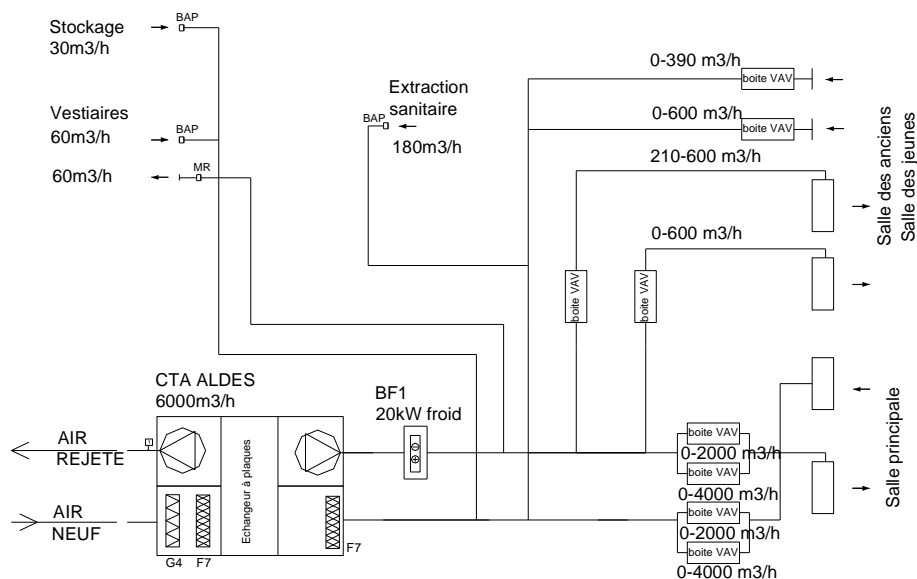


Schéma aéraulique (Source : Enertech)

« La STD est réalisée à partir d'un calendrier d'occupation fourni par la mairie. Si le bâtiment venait à être davantage occupé en hiver, la consommation de chauffage diminuerait grâce à la régulation et au débit d'air variable. En été, cela entraînerait une consommation plus importante de ventilation, uniquement pendant la durée d'occupation et selon le nombre de personne . »

J-Y. POULAIN, Cabinet SIDLER

## Coût du poste ventilation - climatisation :

« Dans la salle principale, l'air étant soufflé depuis le local technique dans un caisson de 20 m de long, il n'y a pas de travaux à la charge du lot CVC, à l'exception de la pose des 3 sondes d'ambiance.

Une installation de climatisation « classique » avec diffuseurs plafonniers aurait nécessité un réseau de distribution coûteux et volumineux. De manière générale, c'est une priorité du Cabinet Sidler d'atteindre des coûts faibles. »

J-Y. POULAIN, Cabinet SIDLER



## d. Plénum technique

La refonte de la charpente a été faite de manière à pouvoir aménager un plénum technique qui permet de traiter de manière très discrète les cheminements aérauliques de la ventilation double-flux depuis le local entièrement dédié à la centrale de traitement d'air.



Plénum technique

*Plénum technique*

Le plénum est « maçonné » entre chaque pièce (exigence du BE de contrôle, pour des raisons coupe-feu). Le lot ventilation va percer ces éléments maçonnés pour faire passer les gaines.

Dans la grande salle ainsi que dans les salles de réunion, la diffusion se fait dans des caissons via des éléments en bois menuisés.



*Réservations pour extracteurs (à gauche) et diffuseur (à droite) dans la salle principale*

## e. L'installation photovoltaïque

### Principe :

Le projet prévoit l'installation de 220 m<sup>2</sup> de capteurs sur la toiture sud qui produiront 12 485 kWh/an.

### Mise en œuvre :

Le rampant sud à 30% de la salle est équipé de panneaux photovoltaïques totalement intégrés dans le calepinage de la couverture en zinc à joint debout.



*Panneaux photovoltaïques intégrés à la couverture en zinc (© J.Vye)*



Ville et Aménagement Durable

19, rue Victorien Sardou - 69007 Lyon

Tél : 04 72 70 85 59 - [associationvad@orange.fr](mailto:associationvad@orange.fr) - [www.ville-amenagement-durable.org](http://www.ville-amenagement-durable.org)