

**CAHIER DES MODULES DE CONFÉRENCE  
POUR LES ÉCOLES D'ARCHITECTURE  
ET D'INGÉNIERIE DU BTP**

CONFÉRENCES : BÉTON, ARCHITECTURE, PERFORMANCES ET APPLICATIONS



**ÉTUDE DE CAS, ARCHITECTURE DE QUALITÉ  
ET INERTIE DU BÉTON POUR DES BUREAUX BBC**

ARCHITECTE MANDATAIRE : LUCIEN COLIN – ARCHITECTE : DOMINIQUE HENRIET



# ÉTUDE DE CAS, ARCHITECTURE DE QUALITÉ ET INERTIE DU BÉTON POUR DES BUREAUX BBC

ARCHITECTE MANDATAIRE : *LUCIEN COLIN*

ARCHITECTE CHEF DE PROJET : *JEAN-BAPTISTE BURET*

ARCHITECTE : *DOMINIQUE HENRIET*

## Sommaire

---

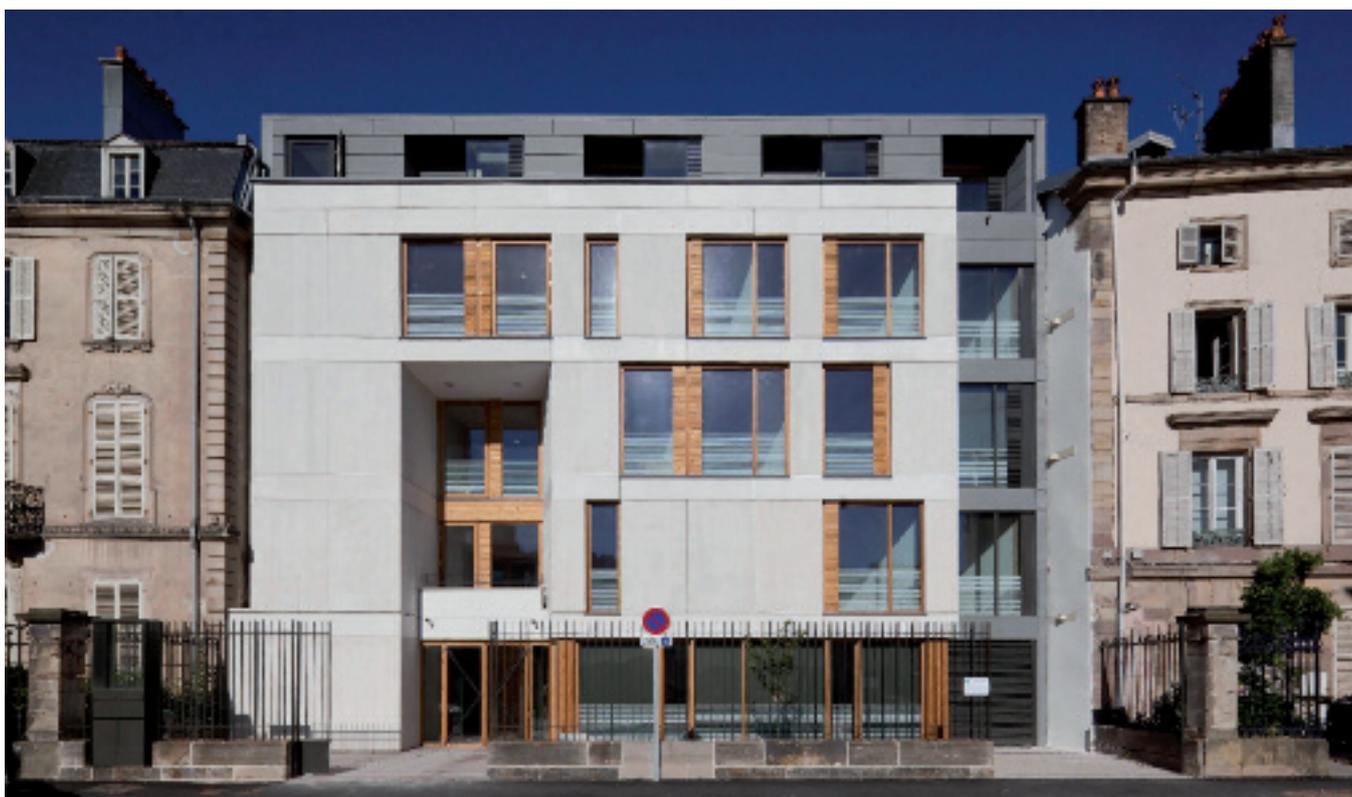
<b>S'inscrire dans le quartier</b>	<b>3</b>
<b>Un bâtiment administratif niveau label BBC</b>	<b>5</b>
<b>Chantier : structure béton et inertie thermique</b>	<b>8</b>
<b>Annexes</b>	<b>12</b>
Pour en savoir plus sur le système de chauffage rafraîchissement et le renouvellement d'air	

---

L'hôtel du département des Vosges, siège du conseil général, se dresse au 8, rue de la Préfecture au cœur du quartier historique d'Épinal situé sur la rive droite de la Moselle. Cette institution gère aujourd'hui, sur l'ensemble du territoire vosgien, un domaine immobilier de près de 500 000 m<sup>2</sup>. Dans le cadre de l'administration de ce parc bâti et pour ses constructions neuves, elle s'est engagée dans une démarche de préservation de l'environnement et de réduction de sa dépense énergétique. Le nouvel immeuble de bureaux situé au 14 de la rue de la Préfecture regroupe, dans un même lieu et dans le voisinage immédiat de l'hôtel du département, différents services du conseil général précédemment disséminés sur plusieurs sites de la ville. Ce bâtiment administratif répond aux critères du label BBC. Sa consommation totale se situe en dessous de 65 kWh/m<sup>2</sup>/an, avec seulement 15 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le chauffage et aucune climatisation. La structure de l'édifice est entièrement en béton armé. Le chauffage des locaux en hiver et leur rafraîchissement en été sont assurés par un plancher chauffant/rafraîchissant, qui utilise l'inertie thermique des dalles en béton armé et joue un rôle primordial dans les performances énergétiques de ce bâtiment.

La parcelle, sur laquelle se dresse ce projet, appartenait précédemment à l'évêché. Un immeuble à R + 2 s'élevait en front de rue, tandis que tout l'intérieur de la parcelle était occupé par un jardin où se dressaient quelques petits édicules servant à du stockage ou à du rangement de matériel. L'immeuble était occupé par des logements destinés à l'hébergement de prêtres. Lorsque l'ensemble a été repris par le conseil général des Vosges et libéré de ses habitants, l'immeuble a fait l'objet d'un diagnostic préalable au concours d'architecture pour vérifier qu'il n'existait pas de possibilité de le récupérer dans le cadre du futur programme. Le diagnostic a établi que le bâtiment était en très mauvais état et qu'il ne présentait pas une qualité architecturale nécessitant son impérieuse conservation. Compte tenu de ces constatations et de la densité du futur programme, le conseil général a choisi de procéder à la déconstruction de l'ancien bâtiment.

Le site, privilégié par sa position en centre-ville, présente des contraintes et des caractéristiques fortes, dont la prise en compte fonde la posture urbaine, architecturale et environnementale du projet conçu par l'architecte Lucien Colin. Il se situe en



Façade principale sur la rue de la Préfecture



Plan masse

secteur sauvegardé, en zone de sismicité 1A et dans le périmètre d'un PPRI (Plan de prévention des risques d'inondation) du fait de la proximité de la Moselle. La rue de la Préfecture offre un paysage particulier. Un alignement continu de murets surmontés de grilles en fer forgé sépare le trottoir d'un étroit jardin qui précède la façade généralement en pierre de chaque bâtiment. Le gabarit moyen des constructions existantes varie entre R + 2 et R + 3. Le projet est implanté sur une parcelle en longueur, profonde de 70 m et large de 14 m, orientée à l'est côté rue et au sud-ouest à l'autre extrémité. Le programme fonctionnel soumis à l'architecte est simple. Il s'agit de créer dans un même ensemble tertiaire 70 postes de travail répartis en bureaux individuels ou multiples. À cela s'ajoutent 2 salles de réunions, des espaces communs, des locaux techniques et annexes. De plus, le projet doit privilégier la modularité et l'évolutivité des espaces dans le temps. En effet, lors de la consultation les futurs services utilisateurs ne sont pas connus.

## S'inscrire dans le quartier

« Cette intervention en site protégé conserve la logique de constitution du quartier et joue des relations visuelles et physiques avec ses voisins immédiats, précise Lucien Colin. La composition architecturale du projet et son plan-masse résultent de l'analyse du site et de son environnement. Sur rue, un premier corps de bâtiment reprend l'alignement et la volumétrie des constructions existantes. À l'intérieur de

la parcelle, un second corps de bâtiment se développe dans le gabarit des mitoyens et dans la continuité du cœur de l'ensemble de l'îlot. Ces deux entités sont reliées entre elles par une galerie intérieure à simple rez-de-chaussée généreusement ouverte sur un jardin central. Ce dernier se développe entre les deux bâtiments et offre un espace ouvert de respiration qui dispense l'air, les vues et la lumière nécessaire. Le volume sur rue (R + 4) est plutôt vertical et minéral dans la continuité du paysage architectural de la rue de la Préfecture. L'autre est plus horizontal (R + 2). Il s'adosse sur le mur mitoyen au sud et se découpe côté nord en fonction du recul imposé par les règles du prospect et de l'optimisation de l'éclairage des bureaux en lumière naturelle. »

La façade sur rue affirme la présence institutionnelle de l'édifice. Elle décline une composition régulière, sobre et élégante de panneaux préfabriqués en béton brut de décoffrage de couleur beige clair alternant surface lisse et surface rainurée. Les panneaux horizontaux et lisses, posés au niveau des dalles de plancher, soulignent la stratification des niveaux. Les panneaux verticaux, d'une hauteur d'étage, présentent une texture faisant apparaître le rythme et le mouvement des veines des planches de bois du coffrage, posées en fond de moule. Du rez-de-chaussée au 2<sup>e</sup> étage, un retrait vertical se dessine en creux dans la peau de béton de la façade et marque l'entrée dans le bâtiment. Deux césures verticales détachent cette enveloppe de béton des immeubles mitoyens et manifestent sa présence dans le paysage de la rue. La couleur du béton, le calepinage des panneaux, le registre des textures composent un ensemble à l'architecture contemporaine qui s'intègre de façon harmonieuse à la modénature des constructions existantes. Les menuiseries en mélèze des fenêtres ainsi que



*Façade sur rue. Elle décline une composition régulière, sobre et élégante de panneaux préfabriqués en béton brut de décoffrage de couleur beige clair alternant surface lisse et surface rainurée.*

l'habillage en zinc prépatiné du dernier étage en retrait et des parois en fond de césures accompagnent ce travail d'inscription.

Les façades sud-ouest des deux corps de bâtiment présentent le même aspect. Généreusement vitrées, elles sont composées d'un mur-rideau en menuiserie bois et double vitrage avec remplissage en gaz argon. Elles sont chacune protégées du rayonnement solaire direct par un puissant brise-soleil en béton. Les éléments porteurs verticaux sont coulés en place, tandis que les lignes horizontales sont constituées de dalles préfabriquées. L'ensemble est en béton gris clair. Des réservations, disposées de façon très précise en surface et en sous-face de ces dalles, permettent d'enchâsser dans la trame en béton du brise-soleil des lames verticales de verre sérigraphié qui complètent le dispositif de protection solaire. Ces brise-soleil, protégeant les baies exposées, arrêtent ou filtrent les rayons solaires. Ce dispositif élimine tous risques de surchauffe dans les bureaux et participe au confort du personnel en évitant la présence de tous rayonnements gênants sur les plans de travail.

Le rez-de-chaussée du bâtiment sur rue est occupé par les deux salles de réunions et le hall d'entrée,



*Façade sud-ouest du corps de bâtiment en cœur de parcelle, protégée du rayonnement solaire direct par un puissant brise-soleil en béton dans lequel sont enchâssées des lames verticales de verre sérigraphié*



*Vue de la galerie de liaison vers le hall d'entrée.*

qui se prolonge par la galerie de liaison. Dans les étages sont installés l'Association des communes forestières des Vosges, le Syndicat départemental d'assainissement non collectif des Vosges, le Syndicat mixte pour l'informatisation communale et l'Association des maires des Vosges. À chaque niveau, un généreux palier baigné de lumière naturelle donne accès à un couloir central qui dessert

*Vue de l'escalier du bâtiment sur rue.*



de part et d'autre les bureaux. Un escalier sculptural en béton coulé en place relie les différents étages. L'autre corps de bâtiment est entièrement occupé par la direction des ressources humaines du conseil général. Les circulations bénéficient dans leur majorité d'ouvertures directes sur l'extérieur et d'arrivées de lumière naturelle.

## Un bâtiment administratif niveau label BBC

Ce nouvel immeuble de bureaux répond aux normes les plus strictes en termes de dépenses énergétiques. Sa consommation totale se situe en dessous de 65 kWh/m<sup>2</sup>/an, avec seulement 15 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le chauffage. Le chauffage des locaux en hiver et leur rafraîchissement en été sont assurés par un plancher chauffant/rafraîchissant, qui utilise l'inertie thermique du béton. Il n'y a pas de climatisation. L'enveloppe du bâtiment fait l'objet d'une étanchéité à l'air renforcée. Toutes les dispositions constructives (liaisons équipées de rupteurs, etc.) sont prises pour supprimer les ponts thermiques et 30 cm d'isolant pour les murs, voire plus dans certaines parties, permettent d'obtenir une excellente isolation thermique.

Pour un meilleur contrôle des consommations d'énergie, toutes les parois vitrées et les fenêtres du bâtiment sont fixes et ne peuvent être ouvertes. L'architecte Lucien Colin a cependant prévu des panneaux de ventilation qui permettent à chaque occupant d'avoir une possibilité d'ouverture sur l'extérieur. Toutefois les occupants doivent se sensibiliser au fait que l'ouverture intempestive de ces ventilations peut nuire aux performances BBC de l'édifice.

Chaque plancher est parcouru par un réseau de tuyaux intégré au cœur de la dalle en béton armé et dans lequel circule de l'eau. Pendant la période froide cette eau est chauffée par un générateur gaz mural à condensation de 50 kW. Pendant la saison chaude, l'eau est refroidie au travers d'un échangeur à plaques parcouru par de l'eau froide captée

dans la nappe phréatique présente sur le site à faible profondeur. L'eau utilisée n'est pas rejetée directement dans la nappe phréatique pour éviter tout risque de pollution de cette nappe. Elle est évacuée dans un ancien puits existant sur le site et conservé à cet effet. Il n'y a pas dans ce bâtiment de compresseur ou de groupe de froid pour une climatisation. Dans le cas de ce système de plancher chauffant/rafraîchissant où un réseau de tuyaux est intégré au cœur de la dalle en béton armé (système très répandu en Allemagne et souhaité par l'architecte), deux tiers de la chaleur ou de la fraîcheur sont diffusés vers le haut et un tiers vers le bas. Du fait de la très forte inertie du système structurel et des dalles en béton, la température est assez uniforme dans l'ensemble du bâtiment.

Le renouvellement de l'air dans les locaux est assuré par une ventilation double flux avec récupération de chaleur sur l'air extrait en période froide. La prise d'air neuf de cette ventilation est branchée sur un puits canadien assurant, selon la saison, un préchauffage ou un prérafraîchissement de l'air neuf. Toute l'installation est gérée de façon très précise par une GTC (Gestion technique centralisée).

### INERTIE THERMIQUE

L'inertie thermique est la capacité d'un bâtiment à absorber, puis à restituer la chaleur ou la fraîcheur de manière diffuse. Plus l'inertie est importante (plus les matériaux utilisés lors de la construction sont lourds, plus l'inertie est importante), plus le **bâtiment stockera d'énergie.**

**Le béton est un matériau à forte inertie thermique:** il peut capter la chaleur ou la fraîcheur ambiante, la stocker et la restituer de manière diffuse dans l'édifice, favorisant ainsi les économies d'énergie pour le chauffage ou le rafraîchissement. L'inertie thermique d'un bâtiment est obtenue en utilisant du béton coulé en place pour construire des refends porteurs, des murs de façades, des planchers, etc.

Ce projet est lauréat du projet PREBAT (Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans les bâtiments). Grâce à des compteurs installés dans le bâtiment, l'ADEME va procéder à une campagne de relevés de trois ans et ainsi pouvoir vérifier l'exactitude des calculs et les confronter à la réalité. Ce sont les scientifiques du CETE Est qui sont en charge de la récolte des données.

## Chantier : structure béton et inertie thermique

Le chantier a commencé par la déconstruction du bâtiment existant, dont la majorité des matériaux ont été recyclés. Tous les éléments de structure du nouveau bâtiment, poteaux, poutres, voiles et dalles de planchers sont en béton coulé en place. La rigidité de la structure béton associée à des dispositions constructives pertinentes (noyaux indéformables, fractionnement par joints parasismiques en bloc de forme rectangulaire et compacte, etc.) permet de répondre aux exigences de la réglementation parasismique en vigueur. La portée des dalles est importante (environ 7,50 m). Ce choix permet d'obtenir des plateaux d'étages plus libres, qui offrent une grande modularité et présentent un fort potentiel d'évolutivité des espaces intérieurs dans le temps. Dimensionnées pour supporter une charge de 1 tonne au mètre carré, les dalles de planchers ont une épaisseur de 30 cm. Le système de plancher chauffant/rafraîchissant met à profit l'inertie thermique des dalles en béton armé et joue un rôle primordial dans les performances énergétiques de ce bâtiment dit « passif ».

Le plancher du rez-de-chaussée est construit sur un vide sanitaire inondable, afin de répondre aux exigences du PPRI (Plan de prévention des risques d'inondation). Il se situe à 40 cm au-dessus du niveau de cote des plus hautes eaux de la Moselle défini dans le PPRI. Il est composé de poutres préfabri-



*Le plancher du rez-de-chaussée, construit sur un vide sanitaire inondable, est composé de poutres préfabriquées en béton précontraint et de hourdis polystyrène de 30 cm qui assurent l'isolation en sous-face de la dalle.*

quées en béton précontraint et de hourdis polystyrène de 30 cm qui assurent l'isolation en sous-face de la dalle. Contrairement aux planchers des étages, le plancher du rez-de-chaussée est uniquement un plancher chauffant et non un plancher chauffant/rafraîchissant. En effet, compte tenu de sa constitution avec des ourdis polystyrène, ce plancher ne présente pas la même inertie que les planchers des étages. La plus faible épaisseur de la dalle béton est difficilement compatible avec la densité de réseau nécessaire au rafraîchissement. Enfin et surtout, une grande surface de ce plancher donne sur les vides des cages d'escalier. En raison de la taille de ces volumes un rafraîchissement par le plancher n'aurait pas été très efficace.

Pour chaque plancher d'étage, du premier niveau à la toiture-terrasse, la mise en œuvre est identique dans les deux corps de bâtiment. Les plaques horizontales de coffrage sont portées par un système



*Pour chaque plancher d'étage, du premier niveau à la toiture-terrasse, la mise en œuvre est identique dans les deux corps de bâtiment. Les plaques horizontales de coffrage sont portées par un système d'étalement constitué de poutrelles en aluminium très rapprochées les unes des autres.*

d'étalement constitué de poutrelles en aluminium très rapprochées les unes des autres. Cela permet de caler de façon très régulière et précise les panneaux de contreplaqué bakéliné qui constituent la peau coffrante horizontale. Ce système d'étalement permet d'obtenir une sous-face de dalle sans défaut de surface (sans décalage entre les panneaux coffrants). Ceci est important dans le cas présent où une grande partie des plafonds doit rester brute de décoffrage pour permettre à l'inertie de jouer son rôle. Pour chaque coulage de plancher une peau coffrante neuve est utilisée. Il n'y a pas de réemploi des panneaux de contreplaqué. Une fois le coffrage installé, un travail de préparation est nécessaire avant le coulage du béton. Le ferrailage bas de la dalle est mis en place (avec les écarteurs pour le maintenir à distance régulière du panneau de coffrage). Ensuite le réseau des tuyaux du système de chauffage/rafraîchissement et le treillis spécifique du chauffagiste pour l'accrochage des tuyaux sont mis en place. Le réseau de tuyau se situe en coupe dans les deux tiers bas de la dalle



*Le chauffage des locaux en hiver et leur rafraîchissement en été sont assurés par un plancher chauffant/rafraîchissant, qui utilise l'inertie thermique du béton. Chaque plancher est parcouru par un réseau de tuyaux intégré au cœur de la dalle en béton armé et dans lequel circule de l'eau. Vue de la mise en place des tuyaux.*

béton. En effet pour que le plancher chauffant/rafraîchissant soit le plus performant possible, il faut que la chaleur ou la fraîcheur diffusées depuis la dalle en béton soit émise vers le haut (depuis la face plancher de la dalle) comme vers le bas (depuis la face plafond de cette même dalle). Si aucune disposition n'est prise, la diffusion de chaleur ou de fraîcheur sera beaucoup plus importante vers le haut. Une fois que toutes ces opérations sont effectuées, la dalle de béton est coulée.

« Les façades sont conçues de façon à ne pas avoir de ponts thermiques », précise l'architecte. Ainsi, pour la façade sur rue, des rails métalliques sont fixés à la structure. Les panneaux de façade préfabriqués sont accrochés sur ces rails. Cela permet d'obtenir un vide de 10 cm entre la dalle de plancher et chaque panneau pour réaliser la rupture de pont thermique. Une première couche d'isolant en laine de verre est mise en place, dans l'espace libre de 10 cm et sur toute la hauteur des panneaux. Une couche supplémentaire de 20 cm d'isolant est rajoutée, ce qui donne au final une isolation thermique intérieure de 30 cm sur cette façade. Les panneaux préfabriqués ont une épaisseur de 12 cm.

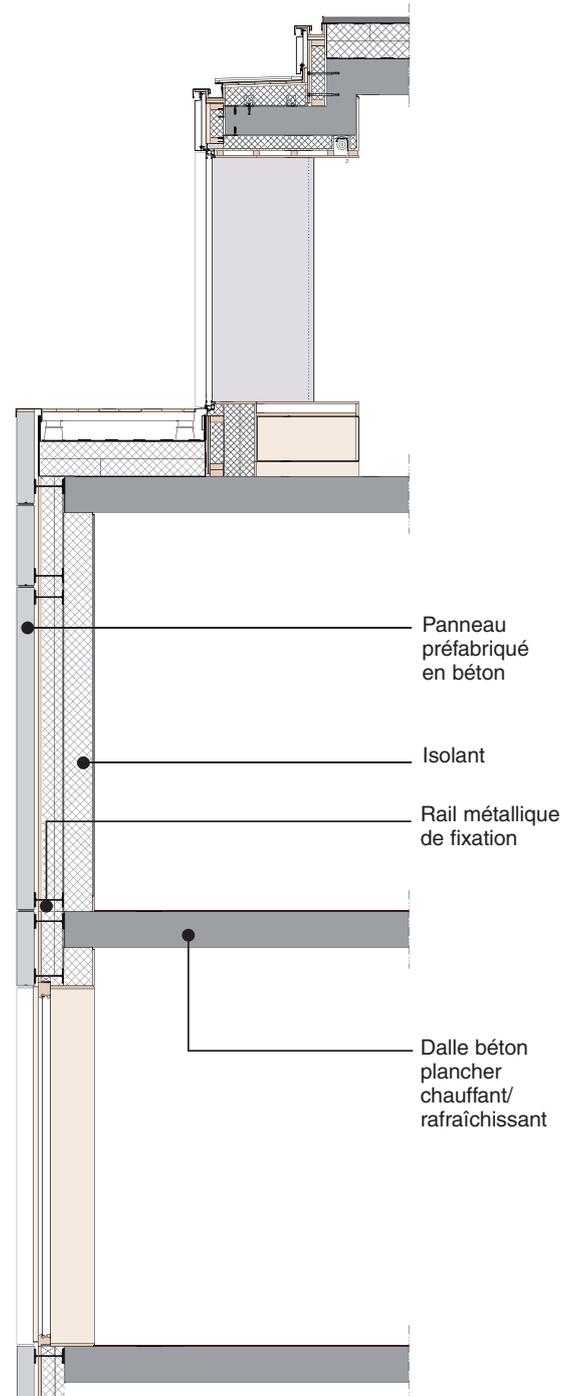


Vue des rails métalliques sur lesquels seront accrochés les panneaux en béton préfabriqués de la façade.

Détail des pièces de fixation des rails métalliques sur la structure en béton du bâtiment et vue du système de fixation mécanique des panneaux sur les rails. On distingue aussi nettement l'espace (de 10 cm) libre entre les panneaux et le nez de dalle, qui permet de réaliser la rupture de pont thermique.



Les toitures terrasses du projet sont constituées d'une dalle en béton armé isolée par l'extérieur avec 35 cm de laine de verre. La toiture-terrasse du corps de bâtiment situé en cœur d'îlot est entièrement végétalisée. La végétalisation de la toiture est réalisée avec des bacs précultivés à réserve d'eau.



Détail sur la façade sur rue.

Tout en affirmant une architecture contemporaine harmonieusement intégrée en centre-ville, ce programme offre à ses utilisateurs des espaces confortables et agréables. Par ses performances énergétiques, il répond aux enjeux environnementaux actuels soucieux de préserver l'avenir et démontre que consommer moins d'énergie rime avec vivre mieux.



*L'accrochage des panneaux en béton sur les rails métalliques et la mise en place de l'isolant thermique (ici, entre, une paroi de béton coulée en place et les panneaux de façade).*

## FICHE TECHNIQUE

Maître d'ouvrage: Conseil général des Vosges –  
Direction vosgienne du patrimoine

Maître d'œuvre: Lucien Colin, architecte mandataire, avec Jean-Baptiste Buret, architecte chef de projet, et Dominique Henriët, architecte

BET Structure, fluides et économiste: BECSI-EIC

BET: ADAM (études d'exécution structure)

Ingénierie environnementale:  
Sophie Brindel-Beth

Entreprise gros œuvre: EIFFAGE

Préfabricant: BCM

Surface: 1 780 m<sup>2</sup> SHON

Coût: 3 150 000 € HT

# Annexes

## ***Pour en savoir plus sur le système de chauffage/rafraîchissement et le renouvellement d'air***

L'excellente isolation du bâtiment (avec rupture de pont thermique, isolation par l'intérieur, etc.) aboutit à une déperdition minimale en terme de chauffage. L'hiver, ceci permet par l'intermédiaire du plancher chauffant/rafraîchissant d'assurer le chauffage entier de l'établissement par l'intermédiaire d'une chaudière murale de 50 kW seulement. Il s'agit d'une chaudière haute performance à condensation. Il n'y a pas besoin de chaufferie, et cette chaudière est installée dans un placard technique, un véritable gain de place. Elle suffit pour



*L'un des grands bureaux. Le plafond est en grande partie laissé brut de décoffrage pour le fonctionnement optimum de la dalle de plancher/chauffant rafraîchissant.*

bien chauffer les locaux l'hiver et il existe même une certaine marge. Ceci est d'autant plus remarquable que dans la région d'Épinal la température extérieure de base l'hiver est de  $-15\text{ °C}$  (c'est la température retenue pour les calculs). Certaines années, la température peut ponctuellement descendre jusqu'à  $-20\text{ °C}$ , voire  $-30\text{ °C}$ . Le choix d'une chaudière haute performance à condensation est particulièrement bien adapté au chauffage par plancher chauffant. En effet la condensation est d'autant plus efficace que le régime de température est bas. Dans le cas d'un plancher chauffant, le fluide chauffant est à une température de  $30\text{ °C}$ . Ces conditions sont optimales pour ce type de chaudière et permettent d'obtenir des rendements de l'ordre de 105 % à 110 % sur Pouvoir calorifique supérieur (PCS).

La ville d'Épinal étant située dans une zone de climat continental, en été, il peut y avoir des épisodes de fortes chaleurs où la température extérieure atteint, voire dépasse, les  $30\text{ °C}$ . Pendant la saison chaude, le rafraîchissement des locaux se fait en utilisant l'eau de la nappe phréatique. La température de l'eau de la nappe phréatique varie peu entre l'hiver et l'été. Elle est en moyenne de l'ordre de  $11\text{ °C}$ . L'eau est puisée dans la nappe phréatique et conduite jusqu'à un échangeur à plaques (l'eau de la nappe ne peut pas être envoyée directement dans le réseau du plancher chauffant/rafraîchissant, car elle contient des impuretés qui risqueraient d'encrasser ce réseau). La fraîcheur de l'eau de la nappe est récupérée au niveau de l'échangeur à plaques et transmise au fluide parcourant le réseau du plancher chauffant/rafraîchissant. L'échangeur n'a pour but que de séparer les deux réseaux de fluides. Le rafraîchissement des locaux se fait ainsi presque gratuitement par les planchers chauffant/rafraîchissant. La seule énergie consommée est celle utilisée pour faire fonctionner le système (par pompe). La fraîcheur contenue dans l'eau de la nappe phréatique est quant à elle totalement gratuite. Grâce à ce système de rafraîchissement naturel et aux protections solaires des façades, il n'y a pas dans ce bâtiment de compresseur ou de groupe de froid pour une climatisation. Une économie d'énergie importante est ainsi effectuée sur un poste de consommation habituellement majeur dans le



*Vue sur la mise en œuvre du puits canadien, dans une tranchée, le long du mur mitoyen nord.*

bureau. La mise en œuvre de ce système est une première dans la région vosgienne. Le recul d'expérience d'une année d'utilisation avec un été chaud montre que le système de rafraîchissement fonctionne très bien. La performance de la fonction rafraîchissement est tout à fait conforme aux prévisions et même supérieure.

Le renouvellement de l'air dans le bâtiment se fait par l'intermédiaire d'une ventilation double flux avec récupération de chaleur sur l'air extrait en période froide. Elle assure une ventilation sanitaire permanente et réglementaire. La prise d'air neuf de cette ventilation est branchée sur un puits canadien assurant, selon la saison, un préchauffage ou un prérafraîchissement de l'air neuf. Le réseau des tubes plastiques est enterré à 1,5 m ou 2 m de profondeur. Il y a à peu près 5 °C d'écart entre la température de l'air extérieur et la température de ce même air à sa sortie du puits canadien. Par exemple, en hiver, si la température de l'air extérieur est de -10 °C, après passage dans le puits canadien l'air introduit dans le bâtiment sera à une température de -5 °C. À l'inverse, en été, si la température de l'air extérieur est de 35 °C, après passage dans le puits canadien l'air introduit dans le bâtiment sera à une température de 30 °C.

La GTC (Gestion technique centralisée), qui gère de façon très précise toute l'installation (chauffage, rafraîchissement, ventilation), permet de faire apparaître sur l'écran de l'ordinateur les températures dans chaque local, les schémas de principes, les consommations de toutes les distributions. Cette GTC permet d'avoir un tableau de bord permanent de l'installation.

### **PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES**

Besoins de chauffage: 15 kWh/m<sup>2</sup>/an

Besoins de refroidissement: assuré par l'eau issue de la nappe phréatique

Étanchéité à l'air: < 0,6 vol./Heure sous 50 Pa

Gains par rapport aux volumes

réglementaires: Ubat: -38 % - C: -52 %

### **PRINCIPAUX COEFFICIENTS DE TRANSMISSION THERMIQUE (U)**

Murs extérieurs: 0,12 à 0,22 W/m<sup>2</sup> °C

Toiture: 0,18 à 0,20 W/m<sup>2</sup> °C

Plancher sur vide sanitaire (poutrelles béton ± hourdis polystyrène de 30 cm): 0,20 W/m<sup>2</sup> °C

Fenêtres: bois à étanchéité renforcée

Vitrage (double épaisseur avec remplissage en gaz argon): UW = 1,4 W/m<sup>2</sup> °C

---

**Crédit photographique**

L. Bertau [couverture, 2, 4, 5 et 12],  
Département des Vosges [9 et 13], Eiffage [10].

Graphiques et illustrations : droits réservés.

**Mise en page et réalisation**

Amprincipe Paris – R.C.S. Paris B 389 103 805

Mise en page de la couverture :  
Minibus

**CIM** *béton*

**CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS**

7, place de la Défense • 92974 Paris-la-Défense Cedex • Tél. : 01 55 23 01 00 • Fax : 01 55 23 01 10  
E-mail : [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net) • internet : [www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)

