

Une réalisation exemplaire à plus d'un titre : Le collège avec le label Habitat passif de dietrich/untertrifaller à Klaus

Par dominique gauzin-müller

Comme la majorité des communes autrichiennes, la petite ville de Klaus est engagée dans le *Klimabündnis*, l'Alliance des villes pour le climat. Il était donc naturel que la construction d'un nouveau collège soit l'occasion de mettre en pratique ces objectifs et d'associer étroitement écologie et pédagogie. Le collège est au cœur de la vie du bourg : le bâtiment est implanté dans un espace vert ouvert au public et la bibliothèque est ouverte certains jours au public. Mais la municipalité de Klaus, unie à celles de Weiler et Fraxern pour rentabiliser l'investissement financier, a décidé d'aller plus loin et de construire le premier équipement scolaire autrichien répondant aux exigences du label *Passivhaus*.

Une organisation spatiale fonctionnelle

Le collège des architectes Helmut Dietrich et Much Untertrifaller accueille 350 élèves et s'élève à l'entrée de Klaus, dans la continuité d'un groupe scolaire existant. Il est implanté perpendiculairement au gymnase présent sur le site de manière à délimiter une place rectangulaire, protégée par une rangée d'arbres des nuisances de la voie à grande circulation qui borde la parcelle. Une aile de deux niveaux, parallèle à la route, s'appuie à l'est sur l'existant. Elle regroupe un hall de double hauteur, servant de salle polyvalente, et une bibliothèque située au-dessus du préau. Ce bâti qui assume des fonctions publiques tient lieu d'écran acoustique à la cour de récréation et au corps de bâtiment principal, disposé perpendiculairement selon un axe nord-sud. Contrairement aux espaces extérieurs des collèges français, généralement sécurisés par des murs ou des clôtures, la cour de récréation est intégrée sans barrière aux vergers environnants. L'absence de limite favorise un contact étroit des élèves avec la vie quotidienne du bourg, la nature et le rythme des saisons. Classes et bureaux sont desservis par un couloir central, éclairé zénithalement. Les douze classes ordinaires, orientées à l'est et réparties sur deux niveaux, sont accessibles depuis ce couloir par des passerelles. Côté ouest, bureaux et classes spécialisées sont superposés sur trois niveaux grâce à un décaissement du terrain. Sanitaires et locaux annexes se succèdent en enfilade au centre du bâtiment, le long du couloir.

Une sobre palette de matériaux

Comme dans la plupart des bâtiments construits dans le Vorarlberg, la palette des matériaux est réduite, mais leur mise en œuvre est d'une remarquable précision. Au-dessus du sous-sol massif, toute la structure est en bois, à l'exception des deux cages d'escalier coupe-feu en béton qui stabilisent la construction. Source d'économies, cette sobriété dans le choix des matériaux facilite aussi la gestion du chantier et réduit sa durée : malgré sa taille et la complexité de ses installations techniques, le collège a été réalisé en 18 mois. A l'intérieur, les surfaces sont lisses pour faciliter l'entretien et les interfaces entre les matériaux sont traitées en général avec un joint creux : pas de baguettes, pas de plinthes ! Le sol de la salle polyvalente et du couloir bas de l'aile des classes est en béton ciré. Les classes, la bibliothèque et les autres pièces ont un revêtement en résine polyuréthane autolissante Sika Floor 300 UV, colorée en orange. Ce revêtement élastique résistant aux rayons ultraviolets, de 3mm d'épaisseur, est un produit sans solvant. Il a été coulé sans joint et son nettoyage s'avère très facile à l'usage. Le mobilier intégré, les vestiaires dans les couloirs des classes et les étagères dans la bibliothèque sont en Multiplis de bouleau, fabriqué à base de feuilles de bois collées avec une résine phénolique. Le plafond suspendu est en panneaux dérivés du bois avec placage en bouleau. Afin d'améliorer l'affaiblissement acoustique, ces panneaux sont perforés avec des trous circulaires alignés. Les cloisons centrales des couloirs sont revêtues de panneaux de fibres de bois MDF de classe E1, teints en noir dans la masse.

Des mesures sur l'enveloppe pour le confort d'hiver et d'été

L'obtention du label *Passivhaus* nécessite des mesures touchant à la fois les choix constructifs et les installations techniques. Une grande attention fut apportée ici aux performances de l'enveloppe et à la suppression des ponts thermiques. Dans les murs extérieurs à ossature bois, l'isolation renforcée est assurée par trois matelas de laine de roche croisés: 18cm entre les montants d'ossature, dans le caisson Multibox ; une couche de 5cm, côté intérieur, pour faciliter la mise en place des installations techniques ; une couche de 12cm, côté extérieur. Ce matelas de laine de roche rigide, fixée derrière le bardage ventilé en sapin du Vorarlberg, est bitumé afin d'assurer la fonction d'un pare-pluie. La toiture terrasse avec végétalisation extensive en sédum est isolée par 30cm de laine de roche. Murs extérieurs et toiture ont le même coefficient U de 0,11W/m².K. Pour que l'ensemble du volume chauffé soit entouré d'un « manteau » continu, la sous face du plancher bas du rez-de-chaussée est elle aussi

très isolée (18cm pour un coefficient U de 0,18W/m_K). Comme dans tous les bâtiments avec le label Habitat passif, l'étanchéité à l'air a fait l'objet d'un soin particulier et elle a été vérifiée par le test de pression *Blower Door*. Les fenêtres des classes, disposées en façade est et ouest, ont des cadres en bois à rupture de pont thermique et des triples vitrages avec lame en argon, un gaz rare (coefficient U de 0,60W/m_K pour le vitrage et 0,76W/m_K pour l'ensemble de la fenêtre). Afin d'assurer le confort d'été, les baies vitrées des classes sont protégées par des stores extérieurs avec des lames orientables de 70mm, gérés automatiquement en fonction du soleil et du vent. Un voile nervuré en cuivre, avec 30% de perforations, est déployé face au sud. Fixé sur une structure en acier, à 50cm devant la façade vitrée du hall et de la bibliothèque, il tamise les rayons solaires et protège les locaux des surchauffes et de l'éblouissement. Presque opaque côté extérieur, il laisse depuis l'intérieur une vue libre sur le paysage.

Un puits canadien pour tempérer l'air neuf

Grâce à une enveloppe très étanche à l'isolation renforcée, la ventilation double flux peut assurer l'essentiel du rafraîchissement et du chauffage de l'air neuf, tempéré par un passage dans le puits canadien situé sous la salle polyvalente. Ce système est constitué de 29 tuyaux en polyéthylène de 26m de long et 40cm de diamètre, espacés de 60cm et disposés en trois couches superposées. A partir du point le plus haut, situé au centre, les tuyaux ont été posés avec une pente de 1,5% descendant vers l'est et vers l'ouest. L'air neuf, capté sur la façade est et filtré pour éliminer pollens et fines particules, est naturellement rafraîchi en été et réchauffé en hiver. Cette géothermie très basse température, dite « de surface », permet de profiter de la température quasiment constante de la terre (environ 8 à 16°C). Dans nos régions tempérées, on estime que la température moyenne à 2m de profondeur correspond à la température extérieure moyenne (environ 11°C dans le Massif Central et 13°C en Bretagne). Le sol naturel a été mélangé avec du sable et de l'argile afin d'obtenir une transmission thermique optimale ; un ajout de gravier assure la densité nécessaire. Des mesures effectuées après deux ans d'utilisation (voir encadré) ont prouvé l'efficacité de ce puits canadien qui permet de préchauffer passivement l'air extérieur de 5°C à 7°C en moyenne. Le volant thermique peut atteindre 12°C les jours les plus froids de l'hiver. Le *by-pass*, qui court-circuite le puits canadien, permet alors une prise directe d'air extérieur lorsque la température de l'air extérieur est d'environ 18°C à 20°C et favorise l'efficacité du système.

Une ventilation double flux optimisée

Après le passage de l'air dans le puits canadien, l'échangeur de la ventilation double flux avec récupérateur de chaleur à haut rendement (environ 85%) assure le complément nécessaire pour chauffer l'air à 18°C. Ce système offre de nombreux avantages : un renouvellement d'air de 1 à 2,8 volumes/heure, selon l'occupation des locaux ; la régulation de l'humidité de l'air ; le contrôle du taux de CO₂ et la réduction de la quantité de poussières grâce à des filtres très fins. La ventilation naturelle de la salle polyvalente, de la bibliothèque, du couloir de distribution des classes et des cages d'escalier est assurée par des baies vitrées motorisées, situées en partie haute pour créer un appel d'air frais. Leur ouverture est commandée automatiquement par des détecteurs de CO₂ situés en plafond. Le faible complément de chauffage nécessaire est actuellement assuré par une chaudière à gaz à ventouse, mais le raccordement à une chaufferie centrale à la biomasse, plaquettes ou granulés de bois, est prévu dans une deuxième phase de travaux, lors de la restructuration du gymnase existant.

Des résultats qui dépassent les objectifs

Toutes les installations techniques sont gérées par ordinateur, y compris les 125 modules photovoltaïques de 160watts, fixés sur le toit de la bibliothèque et de la salle polyvalente, qui ont une puissance maximale de 20kW pour une surface de 159m². Malgré ses équipements innovants, le collège de Klaus n'a coûté que 3% de plus qu'un équipement autrichien « classique ». Grâce à des économies d'environ 75% sur la consommation d'énergie, cet investissement supplémentaire sera d'autant plus rapidement amorti que les résultats vérifiés au bout de deux ans d'utilisation sont supérieurs aux simulations.

Collège avec le label Habitat passif à Klaus dietrich | untertrifaller

Fiche technique :

Lieu : Treietstrasse 17, 6833 Klaus.

Programme : équipement d'un groupe scolaire comprenant une médiathèque ouverte au public et un collège de 350 élèves avec un hall d'entrée servant de salle polyvalente, 12 classes ordinaires, des salles spécialisées, des bureaux, des sanitaires et autres locaux annexes.

Maître d'ouvrage : Gemeinde Klaus Immobilien.

Maîtres d'œuvre : Helmut Dietrich et Much Untertrifaller, Brégence ; chef de projet, Peter Nussbaumer.

Bureaux d'études : structure béton, Mader-Flatz ; structure bois, Merz Kaufmann Partner ; technique du bâtiment et simulations thermiques, Synergy ; physique du bâtiment, B. Weithas ; électricité, Hecht ; acoustique, K. Brüstle ; protection incendie, IBS ; paysage, Rotzler Krebs Partner.

Surface utile : 4.520m².

Volume : 25.550m³.

Calendrier : début des études, octobre 2001 ; chantier, mai 2002 à août 2003.

Coût de construction : 7,3 millions d'euros.

Système constructif et matériaux : structure à ossature bois sur un socle en béton armé ; panneaux à caisson Multibox de Kaufmann pour les murs, les planchers et la toiture ; en façade sud, double peau en cuivre déployé avec 30% de perforations.

Mesures environnementales : isolation très renforcée de l'enveloppe et installations techniques optimisées pour obtenir le label Habitat passif (puits canadien, ventilation double flux avec récupérateur de chaleur) ; emploi de bois local en structure et en bardage ; 159 m² de cellules photovoltaïques.

Sites internet : www.dietrich.untertrifaller.com, www.mkp-bauingenieure.com

Profiter du retour d'expérience : évaluation des résultats et de la satisfaction des usagers

Le collège de Klaus fut le premier bâtiment scolaire autrichien conçu pour répondre aux exigences du label *Passivhaus* (Habitat Passif)¹. Sa conception thermique, basée sur la combinaison de mesures bioclimatiques et d'une installation technique optimisée, est au service du bien-être des usagers : air intérieur sain et confort thermique d'hiver et d'été. Prototype de bâtiment tertiaire à très faible consommation d'énergie, il a fait l'objet d'une évaluation permettant de vérifier si les objectifs au niveau des économies d'énergie et de la qualité de l'air ont été atteints.

Les simulations réalisées avant la construction avec les logiciels Solar-W12 et TRNSYS prévoyaient une consommation d'énergie primaire totale de 72,15kWh/m²/an et une consommation d'énergie de chauffage et de rafraîchissement de 14,3kWh/m²/an pour l'aile des classes et de 15,71kWh/m²/an pour l'ensemble de l'équipement, compris salle polyvalente et bibliothèque. L'évaluation confiée au bureau d'études Synergy (Rapport préparé par Martin Gludovatz, Synergy Dornbirn/Wien, www.synergyltd.net) comprend des données objectives, basées sur la consommation d'énergie et d'eau, et des données subjectives, récoltées par sondage auprès des usagers. Après deux ans d'activités, le rapport montre que les résultats dépassent les objectifs : 11,14kWh/m²/an pour assurer le confort thermique de l'ensemble de l'école, 63,08kWh/m²/an pour la consommation d'énergie primaire.

Les objectifs concernaient aussi la qualité de l'air. Pour chaque classe, ordinaire ou spécialisée, le système de ventilation a été calculé pour assurer un renouvellement de 15m³/h/personne, avec une occupation maximale de 35 personnes. Les valeurs mesurées dans le cadre de la première évaluation, préparée en mars 2006 par le bureau d'études Synergy, varient entre 500 et 700ppm, pour un renouvellement d'air de 18 à 20m³/h/personne. Elles sont bien inférieures aux valeurs relevées dans les bâtiments scolaires autrichiens qui ne sont pas équipés de ventilation mécanique, soit en moyenne 1.200 à 1.800ppm. Les usagers sont d'ailleurs très satisfaits et les enseignants remarquent une meilleure attention de leurs élèves, qu'ils attribuent à une température mieux régulée et à une meilleure qualité de l'air, avec une faible concentration de CO₂.

L'évaluation comprend aussi, et c'est très important, l'analyse du ressenti des élèves et de leurs enseignants : "Dans le cadre du suivi du projet, avec l'objectif d'optimiser le fonctionnement et la maintenance des installations techniques du bâtiment, le ressenti des usagers, partie capitale de notre travail d'évaluation, n'a bien sûr pas été oublié. C'est un des points les plus importants pour l'évaluation globale de la réalisation, car cet équipement a été réalisé pour des êtres humains et pas, en premier lieu, pour des économies d'énergies. Si c'était le cas, il vaudrait mieux ne pas le construire du tout ! Pendant les premières semaines de mise en service, il était inévitable que les responsables du projet travaillent à plusieurs reprises à l'optimisation de l'installation technique, en s'intéressant au ressenti des usagers et en se faisant sur place une image de ce qui avait été simulé au préalable. L'équipe de conception était persuadée que l'installation remplirait ses objectifs. Elle était consciente cependant qu'il ne serait pas facile de convaincre enseignants et élèves qu'il n'était plus nécessaire d'ouvrir les fenêtres pendant les récréations, comme ils avaient l'habitude de le faire. La réalité fut cependant bien différente. Grâce à une très bonne qualité de l'air dès la mise en service, les utilisateurs n'ont pas eu envie d'ouvrir les fenêtres, sans qu'une intervention de l'équipe de projet soit nécessaire. Après une adaptation négligeable de la quantité d'air et de la température ambiante, dans quelques pièces nécessitant des mesures spéciales (cuisine, salle polyvalente), Toni Bechter, directeur du collège et représentant des enseignants, a pu confirmer rapidement la capacité de l'installation à apporter les qualités promises pour le bâtiment. Les témoignages entendus lors des rencontres avec les usagers, qui ont eu lieu après six mois d'utilisation (début 2005), furent encore plus réjouissants. D'après Toni Bechter, le corps enseignant est persuadé que la capacité de concentration des élèves est considérablement plus élevée que dans l'ancien collège, grâce à la bonne qualité de l'air (c'est-à-dire la faible concentration de CO₂) et à une température optimale constante, même par forte chaleur. Grâce à la médiatisation du bâtiment et aux nombreuses visites, élèves et enseignants ont pris conscience que la commune de Klaus a mis à leur disposition un bâtiment innovant et cela favorise une ambiance positive. "Nous sommes fiers de pouvoir utiliser ce bâtiment et nous nous y sentons bien" sont des témoignages qui expriment clairement le ressenti des utilisateurs".

Les connaissances acquises sur cette opération pilote vont permettre d'analyser les avantages et les inconvénients des différentes mesures et d'optimiser les installations pour une application plus efficace à de futures constructions. L'analyse réalisée dans le cadre de cette étude montre que ces excellents résultats s'expliquent non seulement par une bonne conception mais aussi par

l'engagement du gardien du collège, responsable du fonctionnement et de la maintenance. Walter Ludescher a été choisi à ce poste pour ses compétences techniques et ses motivations écologiques par un jury composé de conseillers municipaux et de représentants de l'équipe de conception. Familiarisé à l'équipement grâce à son implication dès la phase de construction, il assure l'optimisation régulière des installations et il est capable de répondre rapidement aux besoins spécifiques des usagers. Bien sûr, la sensibilisation des élèves aux gestes qui évitent le gaspillage et le sens civique du maître d'ouvrage, qui a choisi des équipements électriques un peu plus chers mais beaucoup plus économes, jouent un rôle décisif. Grâce à la richesse des échanges entre les professionnels, qui partagent volontiers informations et expériences, le collège de Klaus est en train de « faire école » et d'autres bâtiments scolaires avec le label Habitat passif sont en construction ou en projet.

dgm 7.11.2006

Le label européen *Passivhaus*

C'est dans la Hesse, un *Land* allemand très actif au niveau de l'écologie, que le label Habitat passif a été initié à la fin des années 1980 par Wolfgang Feist, directeur du *Passivhaus Institut*². L'obtention de ce label est soumise à plusieurs conditions. La consommation d'énergie de chauffage doit être inférieure à 15kWh/m₂/an, soit environ six à sept fois moins que pour un logement neuf en France. La consommation totale pour le chauffage, le rafraîchissement, l'eau chaude sanitaire et les appareils électriques ne doit pas dépasser 42kWh/m₂/an. La consommation d'énergie primaire³ doit être inférieure à 120kWh/m₂/an, une valeur importante aux yeux des usagers et des exploitants du bâtiment. Il existe aussi des exigences sur l'étanchéité à l'air, avec un débit de fuite maximal de 0,6V/h pour une différence de pression de 50Pa entre l'intérieur et l'extérieur de l'enveloppe. Le label n'est délivré qu'après vérification de l'étanchéité à l'aide d'un système *Blower Door*, monté à la place de la porte d'entrée, qui crée dans le logement une dépression de 50Pa et mesure la variation de pression intérieure pendant plusieurs heures ($n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$).

La première opération expérimentale *Passivhaus*, une bande de quatre maisons, a été réalisée en 1991 à Darmstadt. Le principe est simple, mais très astucieux : réduire tellement les besoins en énergie qu'un chauffage conventionnel devient inutile. Cela nécessite l'application conséquente des principes bioclimatiques, une enveloppe très isolée et étanche à l'air et la mise en œuvre d'installations techniques très performantes. L'air neuf devient alors vecteur de chauffage, grâce à une ventilation mécanique double flux avec récupérateur de chaleur à haut rendement (jusqu'à 90%). Les économies dues à l'absence d'une installation classique (chaudière et radiateurs) sont investies dans l'isolation de l'enveloppe, des capteurs solaires thermiques, un puits canadien pour tempérer l'air neuf etc. Wolfgang Feist habitant dans l'une des maisons pilotes, cette première opération a fait l'objet d'un suivi technique qui a permis d'affiner les solutions pour les réalisations ultérieures. Le label *Passivhaus* a rapidement dépassé les frontières allemandes. Entre 1999 et 2001, 250 logements passifs ont été construits dans cinq pays d'Europe dans le cadre du projet pilote européen CEPHEUS (*Cost Efficient Passive Houses as European Standards*)⁴. Fin 2005, il existait environ 7.000 logements individuels ou collectifs répondant aux exigences du label, essentiellement en Allemagne, en Suisse et en Autriche, en particulier dans le Vorarlberg.

Cette approche ambitieuse, initialement conçue pour des projets résidentiels, s'étend peu à peu à d'autres programmes et le collège de Klaus a donné l'occasion d'étudier les adaptations nécessaires pour l'application du label *Passivhaus* à des équipements scolaires. Les différences, qui touchent les mesures constructives et les installations techniques, sont liées à l'occupation de l'espace, très dense quand le bâtiment est occupé mais limitée dans le temps. L'expérience montre que l'inertie thermique du bâti peut avoir une influence positive sur le climat intérieur des bâtiments scolaires en hiver, ce qui n'est pas prouvé pour le secteur résidentiel. L'isolation de l'enveloppe doit être particulièrement renforcée pour limiter la baisse de température de l'air intérieur due à l'utilisation intermittente. Le potentiel de chauffage interne par les occupants est important en période d'activités, mais l'air neuf doit être capable de réchauffer le bâtiment au moment de la reprise des cours après les week-end ou les vacances. La ventilation double flux du collège ne fonctionne donc pas en permanence, mais répond à des besoins spécifiques : la régulation est basée sur l'usage pour limiter la consommation d'énergie ; afin d'éviter le dessèchement de l'air, le renouvellement n'excède pas 15 à 20m³ par heure et par personne. Le collège de Klaus a profité de l'expérience de l'Institut de l'énergie du Vorarlberg⁵, qui depuis 1985 remplit très efficacement sa mission de recherche appliquée, de formation et d'information,

dgm 7.11.2006

² www.passiv.de, www.igpassivhaus.at et www.passivhouse.com.

³ L'énergie primaire prend en compte l'ensemble des consommations de ressources énergétiques non renouvelables utilisées pour le chauffage, le rafraîchissement, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les appareils électriques et l'alimentation des installations techniques. En France, la réglementation fixe à 2,58 kWh d'énergie primaire la valeur du kWh électrique d'énergie finale fourni par le réseau, qui intègre le rendement moyen des centrales et les pertes moyennes de distribution.

⁴ www.cephesus.de

⁵ www.energieinstitut.at