SUJET NATIONAL POUR L'ENSEMBLE DES CENTRES DE GESTION ORGANISATEURS

CONCOURS EXTERNE DE TECHNICIEN PRINCIPAL TERRITORIAL DE 2ème CLASSE

SESSION 2012

EPREUVE

Rédaction d'un rapport technique portant sur la spécialité au titre de laquelle le candidat concourt. Ce rapport est assorti de propositions opérationnelles.

Durée : 3 heures
Coefficient : 1

SPECIALITE : BATIMENT, GENIE CVIL

A LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET

Ce document comprend : un sujet de 1 page, un dossier de 23 pages.

- **Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif ni dans votre copie, ni dans tout document à rendre (nom ou un nom fictif, signature ou paraphe, numéro de convocation...).**
- **Aucune référence (nom de collectivité, nom de personne, ...) autre que celle figurant le cas échéant sur le sujet soit dans le dossier ne doit apparaître dans votre copie.**
- **Seul l'usage d'un stylo soit noir soit bleu est autorisé (bille, plume ou feutre). L'utilisation d'une autre couleur, pour écrire ou souligner, sera considérée comme un signe distinctif, de même que l'utilisation d'un surligneur.**

Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.

Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

Vous êtes technicien territorial principal de 2ème classe au sein de la commune de Techniville qui compte 80 000 habitants. Votre collectivité souhaite expérimenter la construction de bâtiments publics modulaires sur son territoire.

Dans un premier temps, votre directeur général des services techniques vous demande de rédiger à son attention, exclusivement à partir des documents ci-joints, un rapport technique sur l'alternative des constructions modulaires.

8 points

Dans un deuxième temps, il vous demande d'établir un ensemble de propositions opérationnelles afin de répondre à un besoin urgent d'accueillir un groupe scolaire de 12 classes.

12 points

Pour traiter cette seconde partie, vous mobiliserez également vos connaissances.

Documents joints :

Document 1 : « Alsace énergie – Oui à l'éco-logie ! » – Programme en partenariat avec l'ADEME et l'U.E. – source internet, mai 2012 – 1 page

Document 2 : « Techniques et conception de maison modulable » – Sotrabox – source internet, mai 2012 – 2 pages

Document 3 : « La préfabrication de modules tridimensionnels à structure bois » – Arbocentre – Mai 2006 – 12 pages

Document 4 : « Maison modulable : Faire construire sa maison » – avril 2010 – 1 page

Document 5 : « Des maisons modulaires mais pas monotones » – Technique et chantier – Le Moniteur, 22 juillet 2011 – 3 pages

Document 6 : « Solution modulaire pour un bâtiment évolutif » – Technique et chantier – Le Moniteur, 26 août 2011 – 3 pages

Document 7 : « Avec le modulaire préfabriqué : économisez du temps » – SOLFAB – source internet, mai 2012 – 1 page

Ce document comprend : un sujet de 1 page, un dossier de 23 pages.

Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents volontairement non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.

DOCUMENT 1

Alsace énergie - Oui à l'éco-logie !

Programme energivie.info

Agenda – Événements

Vos besoins

- Réaliser un diagnostic énergétique
- Découvrir les énergies renouvelables
- Savoir comment construire ou rénover un bâtiment
- Rechercher un professionnel
- Se former
- Découvrir des exemples de réalisations
- Faire part de mon expérience

BBC : les 7 clés

Aides financières

Documentation

Petites annonces

Plans Climat Energie

Familles éco-engagées

Pôle Alsace énergivie

energivie.info est un programme de la Région Alsace et de l'ADEME avec l'Union européenne pour développer l'efficacité énergétique en Alsace.

Contactez un conseiller

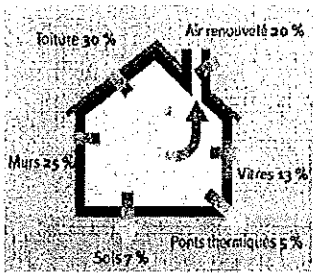
INFO→ ÉNERGIE en ALSACE

0 800 60 60 44

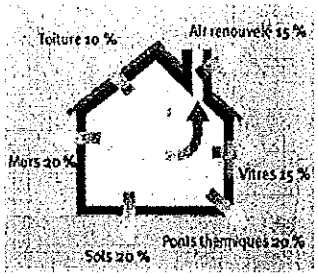
Savoir comment construire ou rénover un bâtiment

Avant de démarrer tout projet de construction ou de rénovation, le recours à une expertise détaillée est nécessaire. L'implantation et la conception d'une maison neuve conditionneront la plupart de ses caractéristiques thermiques, pour en faire une maison économe ou énergivore.
Dans le cas d'une rénovation, un état des lieux préalable est nécessaire (état de la structure, humidité, performances thermiques, matériaux nocifs...) afin d'évaluer l'importance des travaux et de définir les priorités.

Certains diagnostics sont obligatoires, d'autres sont conseillés. En effet, les déperditions d'énergie les plus importantes ne sont pas toujours celles que l'on imagine. En matière de travaux énergétiques, ce n'est pas souvent le chauffage qui est à changer en premier mais souvent l'isolation de la façade ou du toit.



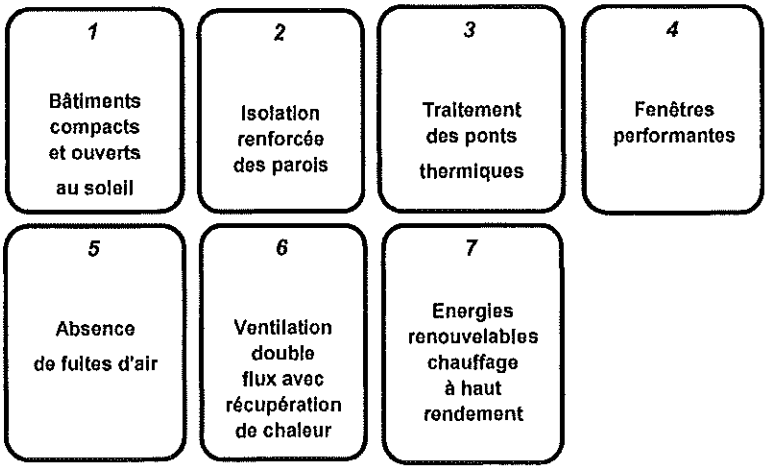
Déperditions d'énergie d'un bâtiment non isolé



Déperditions d'énergie d'un bâtiment conforme à la RT 2005

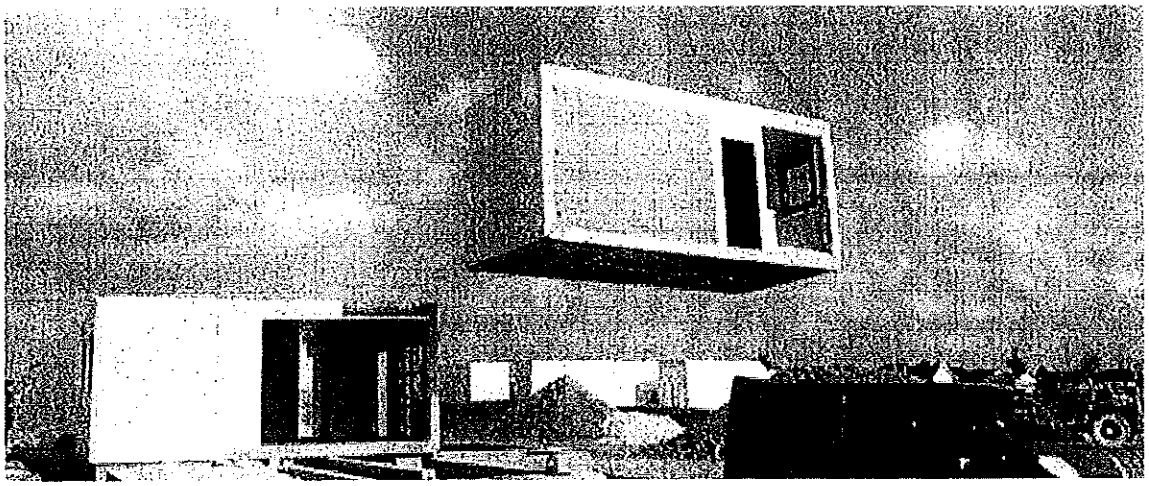
Après avoir défini les priorités de vos travaux si vous souhaitez les échelonner, il est important de les réaliser dès le départ avec des solutions compatibles avec la basse énergie (isolants de forte épaisseur...) afin de ne pas avoir à les faire de nouveau dans 5 ou 10 ans.

Pour ne négliger aucune étape, suivez les 7 clés du bâtiment économe en énergie.



Techniques et conception de maison modulable

Techniques et conception mises en oeuvre



Ossature mécano-soudée

- Structure autoporteuse, juxtaposable et superposable en R+1
- Profils extérieurs galvanisés
- Poteaux d'angles galvanisés assurant l'évacuation des E.P.

Plancher

- Longerons en profilés acier galvanisé, épaisseur 5mm, hauteur 200mm
- Solivage en profilés acier galvanisé
- Isolation par panneaux de mousse de polyuréthane, épaisseur 50mm + laine de verre thermocoustique de 100mm + tôle de protection anti rongeurs galvanisée
- Plancher en panneau bois ciment, épaisseur 18+6mm
- Revêtement de sol PVC classe U3P3, finition plinthes PVC
- Surcharge d'exploitation 350kg/m²
- Coefficient thermique R=4,4 en m².K/W

Toiture

- Poutres en profilés acier galvanisé, épaisseur 5mm, hauteur 200mm
- Solivage en traverses tubulaires
- Tôle d'étanchéité nervurée galvanisée laquée, épaisseur 75/100ème
- Isolation : laine de verre thermocoustique, épaisseur 220mm avec pare-vapeur.

- Plafond en panneaux isolants face acier, remplissage en mousse de polyuréthane, épaisseur 50mm RAL 9010
- Coefficient thermique R=7,6 en m².K/W

Parois extérieures double peau

- Panneaux extérieurs isolants à système d'emboîtement mâle-femelle, remplissage mousse de polyuréthane, épaisseur 50mm finition et coloris au choix
- Isolant interne en laine de roche thermocoustique, épaisseur 100m
- Panneaux intérieur isolants, système d'emboîtement mâle-femelle, remplissage mousse de polyuréthane, épaisseur 50mm, finition et coloris au choix
- Coefficient thermique R=6,5 en m².K/W

Menuiseries

- Fenêtres en aluminium laqué ou en PVC coulissant ou oscillo-battant avec vitrage 4+16+4+gaz argon
- Volet roulant à lamelles aluminium, double parois avec enrouleur à sangle ou électrique
- Porte cadre aluminium avec panneau de remplissage décoratif plein ou avec vitrage sécurité, poignée inox

Installation électrique

- Installation conforme aux normes EN et NF, C15-100, appareillage décoratif à définir suivant une large gamme de choix proposée
- VMC simple flux hygro B microwatt
- Chauffage par radiateurs électrique à inertie maîtrisée avec programmation, chauffe eau blindé de 150 ou 300 L (chauffe eau solaire en option)

ARBOCENTRE

La légèreté du bois : son grand atout

La légèreté du matériau bois permet et invite à généraliser la préfabrication : fabriquer le tout ou des parties importantes d'une construction en atelier et assembler rapidement sur site.

Cette logique est importante dans le jeu concurrentiel, elle donne au bois un avantage considérable : le chantier a lieu en atelier pour l'essentiel, ce qui permet de construire mieux et plus rapidement, en éliminant une bonne partie des risques et pathologies de la construction

La préfabrication de modules tridimensionnels à structure bois

La préfabrication, voire l'industrialisation, de la construction bois ne signifie pas à priori «le pareil au même» du produit final, mais une mise en œuvre rationalisée à partir d'une analyse du geste répétitif ou similaire et des fonctions similaires, menant à une rationalisation de la production, une meilleure exploitation des atouts productifs, et à une réduction du travail sur chantier.

La construction modulaire, la préfabrication à son degré le plus poussé, peut prendre plusieures formes :

- éléments porteurs, ou non-porteurs, en panneaux ou assemblables en panneaux, standardisés selon une trame ou non, en diverses versions : avec fenêtre, avec porte, avec ou sans isolant, précâblés etc. ... permettant un nombre infini de configurations dans la construction de bâtisses diverses

- modules spatiaux, prêts à aménager ou complets : des cellules à composer, superposer et juxtaposer pour créer des maisons, écoles, bureaux, hôpitaux, hôtels ...

Nous nous interessons ici aux modules spatiaux, tridimensionnels, la préparation en atelier de cellules spatiales entières, et même entièrement équipées de rangements, d'une salle de bain, d'une cuisine et de ses réseaux électriques, informatiques, de chauffage etc., munies de fenêtres, portes ... complètes.

Les limites dimensionnelles sont alors celles imposées par le transport.

L'idée de construire par modules n'est pas nouvelle

Catalogues de modules de murs, modules spatiaux ... Si dans le passé cela a été développée par des architectes et des ingénieurs (Wachsmann, Gropius, Bärtning etc. dans les années '30, Le Corbusier, Prouvé etc. dans les années '40 ...), aujourd'hui l'idée est souvent portée par des constructeurs bois eux-mêmes. Soucieux de faire face à la poisse que portent les multiples aléas du chantier tout autant que de réduire les délais de livraison, les entreprises de la construction bois sont souvent aujourd'hui les premiers moteurs de nouveaux développements.

Déjà qu'il est aujourd'hui courant de trouver dans une entreprise de construction bois, même de petite taille, un bureau d'étude intégré, avec un ou plusieurs ingénieurs.

Surmonter les aléas de chantier

Le travail du bois a fortement évolué depuis les années '80, avec les nouvelles technologies de commande numérique. Pourtant, elles ne peuvent être appliquées sur chantier qui par définition n'est qu'un atelier à ciel ouvert, équipé ad hoc avec des outils portatifs.De surcroît, déplacer au quotidien matériaux, équipement et personnel sur une période de plusieures semaines, voire de quelques mois demande un effort logistique dont la rentabilité est tout sauf sûre.

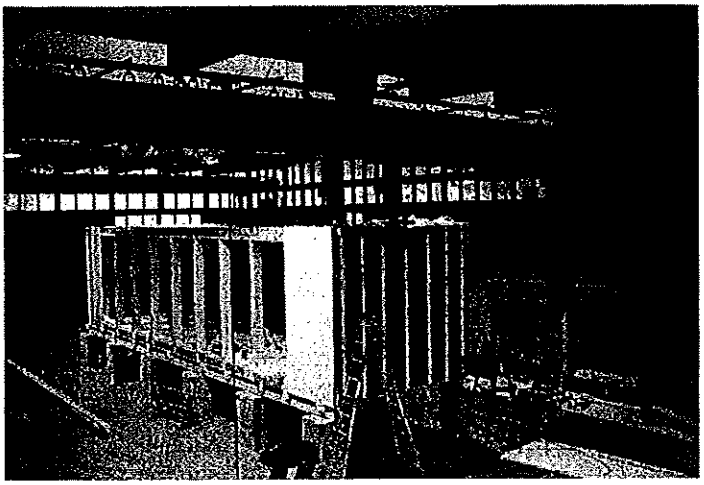
Dans ces conditions, une qualité conséquente est difficile à assurer. Sur chantier, combien de fois faut-il travailler avec un outil mal adapté, échafauder pour une opération en soi minime, lever avec des moyens du bord, prendre des risques mal maîtrisés ou des précautions coûteuses ?!

Pour le bois, le risque majeur sur chantier consiste principalement en l'exposition à l'humidité mal contrôlée. Les risques majeurs pour les exécutants y sont ceux de santé : courants d'air, intempéries, accidents ... le taux d'arrêts maladie et accident est très élevé. Le risque majeur pour l'entreprise est de voir sa marge bénéficiaire passer dans le rouge à cause d'une accumulation de circonstances malencontreuses imprévues.

Il est donc logique de déplacer le chantier en atelier autant que possible. La faible masse volumique du bois étant son grand atout ici. Et les technologies industrielles, même à commande numérique sont à la porté des constructeurs bois.

Déplacer le chantier en atelier

Construction assistée par ordinateur ou pas, l'atelier est le meilleur endroit pour construire. Et, tant qu'à faire, préparer des cellules tridimensionnelles.



Fabrication d'une unité modulaire SU-SI chez le constructeur Michael Kaufmann photo : J. Kaufmann Architektur

Une rapidité de réalisation inouie

La préfabrication de la construction s'est avéré l'un des meilleurs arguments pour le bois, notamment dans des situations spécifiques, telles que le besoin d'une extension d'un hôtel d'une dizaines de chambres à réaliser pendant les vacances de l'établissement : 4 semaines pour livrer le tout, complètement équipé, prêt à recevoir la clientèle (tel l'Hôtel Post à Bezau/Autriche par l'architecte J. Kaufmann). Ou les projets d'extensions d'écoles, encore une fois à réaliser pendant les vacances pour ne pas déranger l'enseignement par des travaux à ne pas finir ..., la mise en service rapide et temporaire de logements lors d'un événement de grande envergure ou comme réponse à de simples réflexes de rentabilité d'un site d'activité ou encore le souhait d'une famille de rentrer dans son chez-soi tout de suite.

Les contraintes et risques du chantier sont alors minimisés. Il n'y a que la viabilisation, les connections aux réseaux et les fondations à réaliser sur chantier, pendant qu'en atelier se fait la construction des volumes. Cela permet une rapidité de réalisation inouie ! Cette rapidité est un atout commercial de premier ordre.

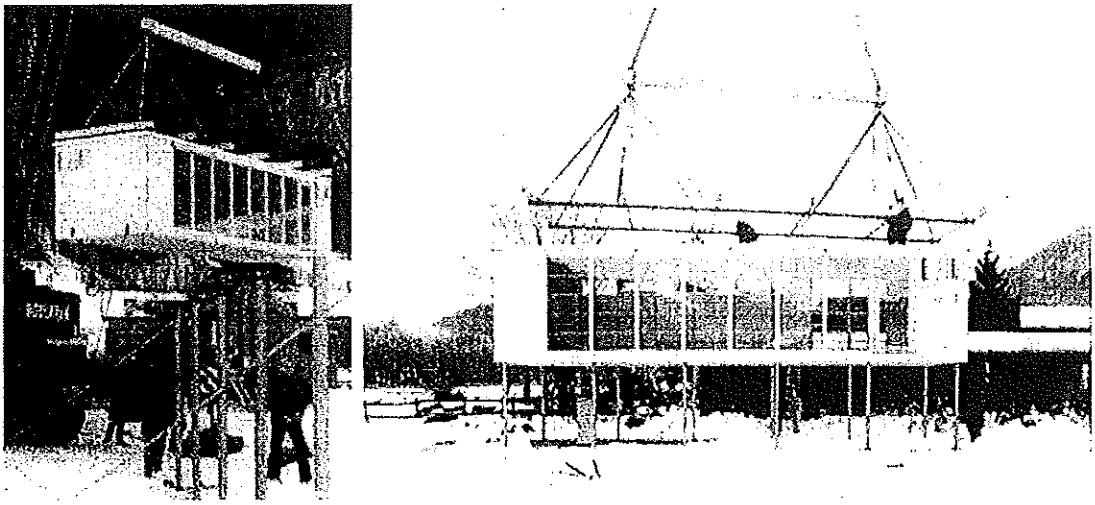
Modules polyvalents et mobiles

Le fait de construire en atelier un module spatial pour le transporter en entier sur son site de destination répond évidemment aussi aux besoins d'architecture mobile : salles d'exposition, bureaux temporaires, écoles provisoires, locaux commerciaux, accueil de sportifs, logements temporaires pouvant répondre à toute exigence esthétique, d'isolation, d'équipement. Certains constructeurs rendent ainsi leurs modules disponibles à la location, selon la configuration désirée ou nus, comme le suisse Erne* qui dispose de centaines de modules. Le recyclage est non-destructif : les modules ayant servi à loger 1600 jeunes lors de l'expo 2000 à Hanovre on été recyclés (= réutilisés) à plus de 85 % dans les 3 mois qui suivaient la clôture de l'événement, et sur des dizaines d'emplois différents.

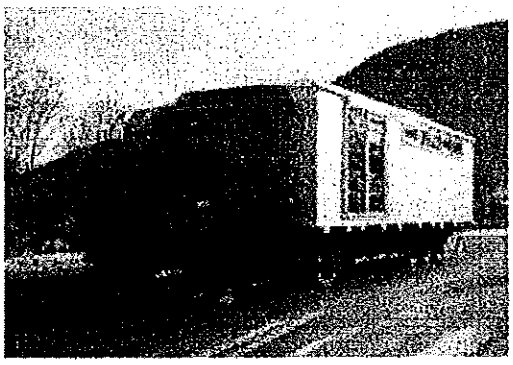
L'architecte autrichien Johannes Kaufmann*, le cabinet suisse Bauart*, le constructeur allemand Otto Baukmeier Fertighaus*, le suisse Erne Holzbau* et en France H^2O Résidence* se sont consacrés ces dernières années avec succès à développer la construction bois par modules spatiaux, à la fois en unités indépendantes et en unités juxtaposables et/ou superposables.

SU-SI - unité modulaire indépendante entièrement équipée

fabrication	:	5 semaines
montage	:	5 heures
dimensions	:	large 3 à 4,50 m long 6 à 14 m haut 3 m
fondations	:	pilotis, plots béton, longrines béton ou fondations avec cave
connections	:	électricité, eau, eaux usées, eaux de pluie
prix	:	ex. maison, 40 m^2 entièrement équipés (cuisine, salle d'eau, chauffage, rangements) à partir de 50.000 € hors fondations/viabilisation
concepteur	:	Johannes Kaufmann Architektur, Autriche
constructeur	:	Michael Kaufmann, Reuthe, Autriche



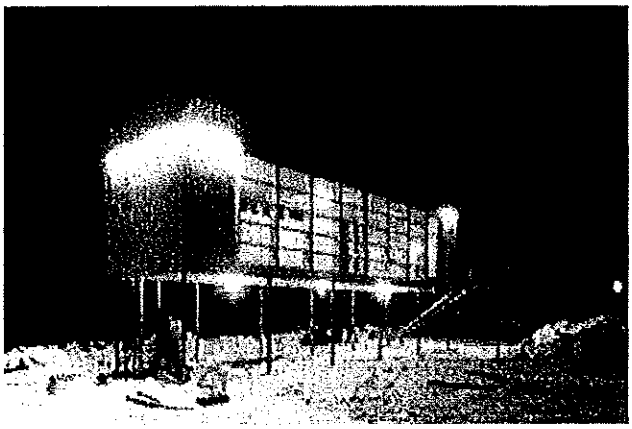
SU-SI est posé et raccordé en quelques heures



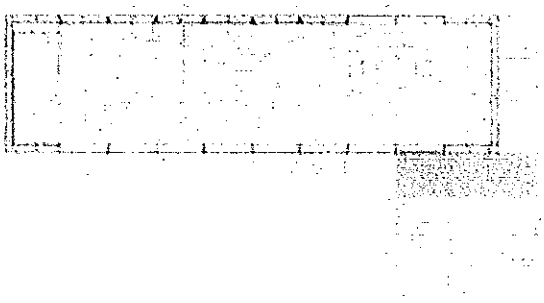
SU-SI en transport spécial

(photos : J. Kaufmann Architektur)

SU-SI est entièrement équipé en atelier



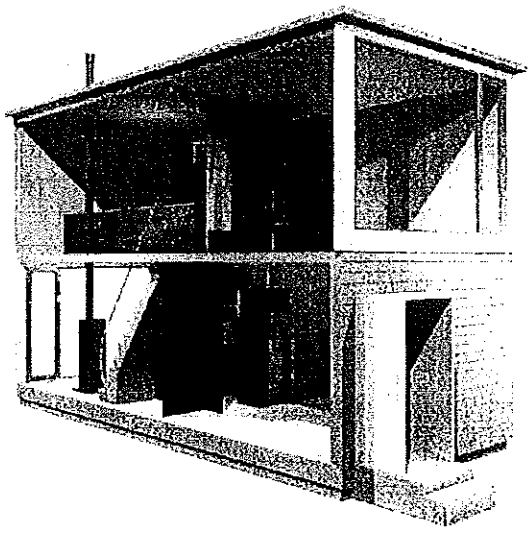
Le module SU-SI le soir du montage
photo/plan : Johannes Kaufmann Architektur



Un plan de SU-SI en version d'habitat

Un autre exemple très abouti

Le cabinet suisse Bauart Architekten a conçu Smallhouse, une unité d'habitat modulaire entièrement préfabriquée, en duplex de 63 m^2, dont le premier prototype a été réalisé avec des spécialistes en construction de stands d'exposition, par définition habituées à gérer fabrication et montage en temps records. Le premier Smallhouse à été monté à Zurich en 2000. Comme J. Kaufmann, Bauart ont très fortement développé une architecture de cellules multiples préfabriqués, composant ainsi hôtels, bureaux, écoles etc.



Le premier prototype de Smallhouse à été posé à Zurich en 2000 Smallhouse, image 3D : Bauart

Smallhouse est désormais fabriqué et commercialisé par le constructeur d'habitat «clé en main» allemand WeberHaus* sous le nom Haus Option. Le nouveau prototype à été monté en fin février 2003 sur le grand parc d'exposition du constructeur (à 10 km au Nord de Strasbourg) - les modules peuvent être configurés en juxtaposition pour former des ensembles plus grands - disponible sur commande.

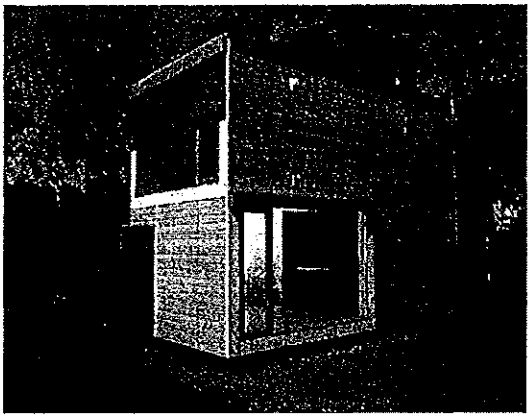


photo : Bauart

Smallhouse – unité modulaire indépendante en duplex entièrement équipé

fabrication	:	1 mois
montage	:	inférieur à 1 journée
dimensions	:	duplex large 4,14 m long 10,36 m haut 6,26 m
fondations	:	longrines béton ou fondations avec cave
connections	:	électricité, eau, eaux usées, eaux de pluie
prix	:	63 m^2 entièrement équipés (cuisine, salle d'eau, chauffage, rangements, escalier)
concepteur	:	Bauart Architekten, Suisse
constructeur	:	WeberHaus, Allemagne

Les délais dont sont capables ces constructeurs bois sont parfois plus courts que ceux d'un artisan menuisier pour une simple table ! Et cela avec une qualité de réalisation souvent excellente.

Le module spatial multiple

Un bon nombre d'architectes et de constructeurs bois travaillent actuellement au développement et à l'application de systèmes de construction modulaire bois, à partir du souci de réunir le plus grand nombre de facteurs favorables à l'optimisation des coûts, d'une rationalisation et d'une adaptation aux moyens de préfabrication modernes.

De là à passer aux juxtapositions et superpositions de modules spatiaux pour former de grands ensembles n'est qu'un petit saut. On travaille à développer la construction bois par modules spatiaux, à la fois en unités indépendantes et en unités juxtaposables et/ou superposables et sont parvenus une architecture de cellules multiples préfabriquées, composant ainsi hôtels, bureaux, écoles etc. De cellules tridimensionnelles complètes pour en composer des ensembles plus grands est très convaincant.

Ces cellules sont utilisées aussi bien pour des constructions temporaires, réutilisables, que pour des constructions durables.

A savoir, toute construction où les besoins sont identiques en multiple : maisons de repos, cliniques, hôpitaux, écoles, bureaux, logements, villages de vacances, accueil d'événements sportifs ...

Réunir les facteurs favorables

Le pari consiste à créer un type de module polyvalent et/ou à dimensions variables, permettant la plus grande variété de configurations possible - pour en assurer la plus grande liberté de conception architecturale et d'adaptation au projet – puis de rationaliser la préfabrication afin d'en baisser le coût.

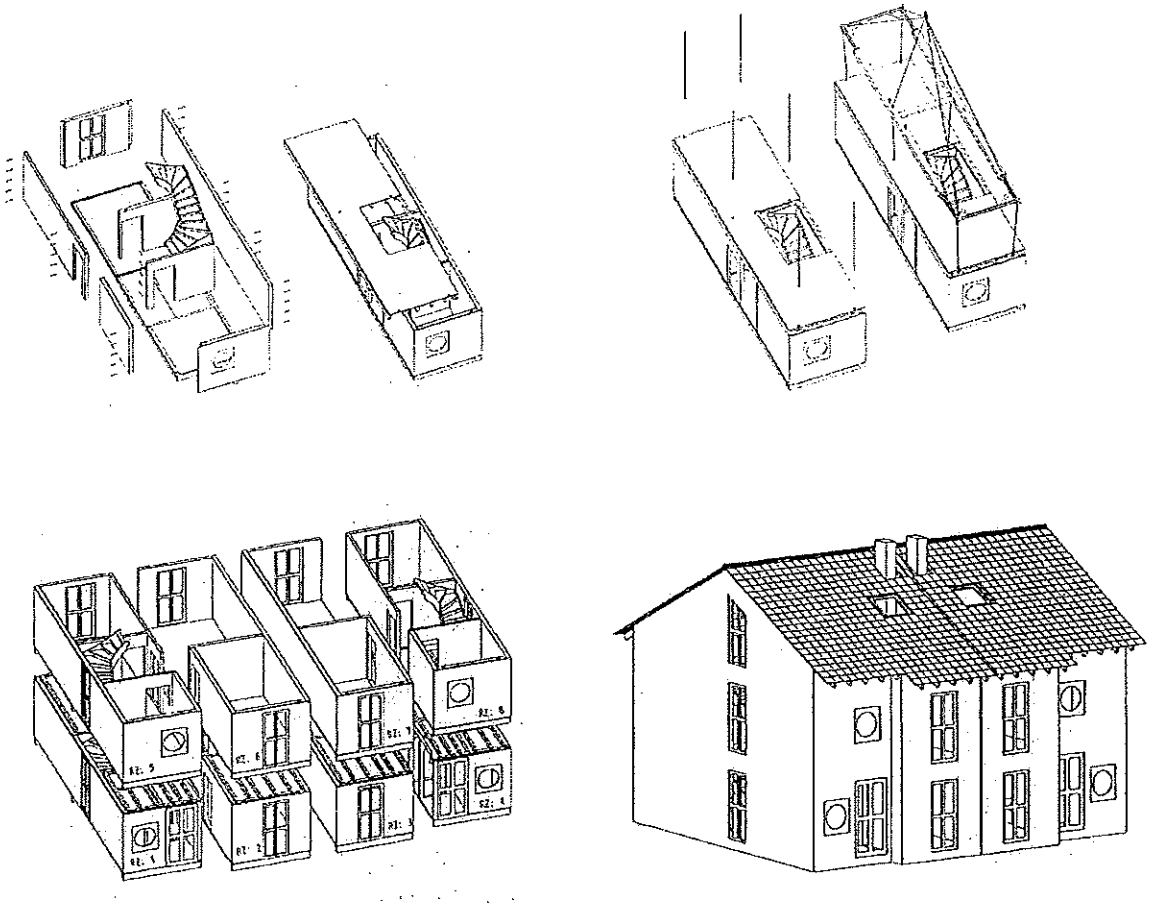
La seule contrainte : les limites dimensionnelles du transport routier, fluvial et, dans des cas très particuliers, celles de l'héliportage.

Cela ne donne pas seulement l'avantage d'une extrême rapidité de mise en place sur site, mais élimine la logistique complexe et coûteuse de faire intervenir de nombreux corps d'état sur chantier, permet un meilleur contrôle de la qualité d'exécution et de réunir toutes les prestations en une seule entreprise, sous un seul toit. Et enfin, la rentabilité est au rendez-vous. La tendance des maîtres d'ouvrage publics à attribuer les lots d'un marché par principe séparément s'avère dans ce contexte contradictoire à l'enjeu principal : améliorer la qualité des prestations tout en en baissant les coûts.

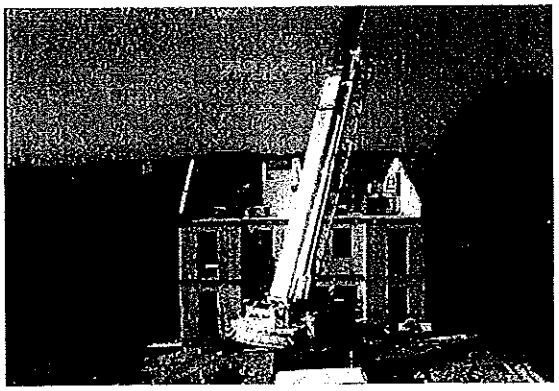
De l'unité modulaire indépendante à la composition de cellules multiples

Dans le souci de rationaliser la construction de maisons individuelles ou doubles, le constructeur allemand Otto Baukmeier Fertighaus a développé, avec la faculté de l'université de Braunschweig, une méthode permettant de configurer des maisons plurifamiliales à partir de cellules préfabriquées qui se juxtaposent et se superposent, bref, se connectent les unes aux autres.

Les schémas que nous présentons ici démontrent l'étude préalable d'assemblage des éléments, tels qu'ils ont été développés par le Professeur Martin Kessel avec ce constructeur. Sans aller aussi loin que d'équiper complètement ses maisons à l'usine, le constructeur arrive ainsi à monter une grande maison double, hors d'air/hors d'eau, en une bonne journée.



Etude des séquences de montage du système modulaire développé par le Professeur Martin Kessel avec le constructeur Otto Baukmeier Fertigbau. Images : Otto Baukmeier Fertigbau

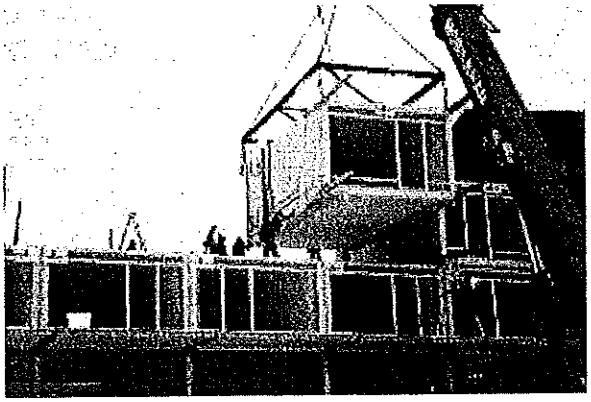


Montage d'une maison double en 8 modules en fin de la 1ère journée.
photo : Otto Baukmeier Fertigbau

La constitution de grands ensembles par modules

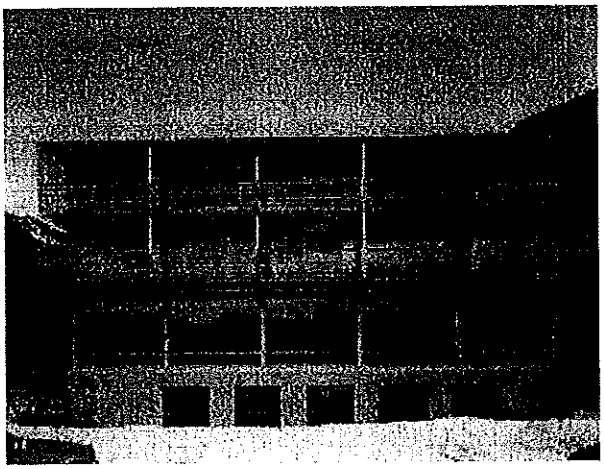
Nous avons déjà cité en exemple l'exploit du tandem Johannes Kaufmann (architecte) et Michael Kaufmann (constructeur bois) à la réalisation de l'extension de Hôtel Post à Bezau en Autriche par un complexe de dix chambres. L'hôtelier, comptant grand nombre de clients réguliers qui réservent longtemps à l'avance, ne pouvait pas envisager un chantier s'éternisant : ni la gène pour les clients, ni la perte d'une saison. Idéalement, cette construction devait se faire durant les vacances annuelles de l'hôtel – en quatre semaines !

Ce défi fut relevé par les trois Kaufmann, les architectes Johannes et Oscar Leo, et le constructeur Michael, forts de leurs expériences en construction modulaire, SU-SI, Fred etc. Cette extension était alors conçue avec soin et dans le moindre détail pour minimiser le chantier et déplacer l'ensemble de la construction des chambres en atelier, où il était aisé de les préparer en entier, une par une et jusque dans l'aménagement, pour un montage rapide des modules sur site.



L'extension de l'Hôtel Post devait se faire en 4 semaines, clé en main. Ici le montage, réalisé en quelques jours. A l'issue du montage qui comprenait toutes les connexions, il n'y avait plus qu'à poser la vitrerie, les brise-soleil, les plaques de balcon et les garde-corps et à finir la couverture, les chambres étaient déjà prêtes.

(photo : Johannes Kaufmann Architektur)

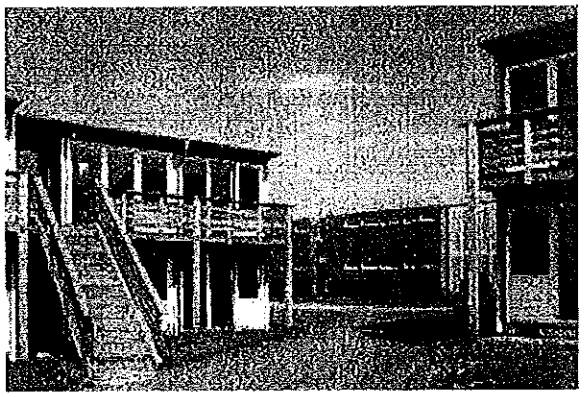


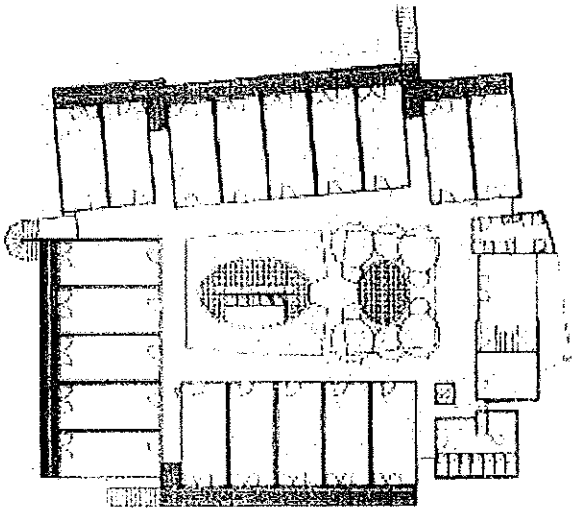
L'extension de l'Hôtel Post à sa livraison, prête à recevoir sa clientèle au bout de quatre semaines d'intervention. photo : Ignacio Martinez, D.R.

1600 places d'hébergement temporaires

L'expo 2000 à Hanovre, comme tout grand événement, a engendré toute une logistique d'hébergement. La fondation suisse de la famille Sandoz s'est adressée au cabinet d'architecture de Kurt Hofmann pour la création d'un ensemble temporaire pouvant accueillir 1600 jeunes à la fois. Kurt Hofmann a fait appel au modulaire, sachant qu'à l'issue de l'expo 2000, l'ensemble devait être démonté : l'idée de réemployer les modules dans d'autres contextes rendait cette construction viable financièrement. Pratiquement toutes ces unités ont été réutilisées ailleurs, par exemple dans la construction de l'hôtel 5 étoiles Palasitte pour l'expo 2002 en Suisse, dans des centres d'accueil d'enfants handicapés, des foyers d'étudiants, dans l'habitat.

Kurt Hofmann parle de l'expérience avec passion : le pari de faire monter des cellules complètement équipées en un village d'accueil, pour ensuite les attribuer à d'autres usages n'est pas une charge habituelle pour un cabinet d'architecte, et aujourd'hui, la majorité des modules étant «casées» ailleurs, il dit de l'opération qu'elle était concluante, passionnante, satisfaisante et ... rentable !





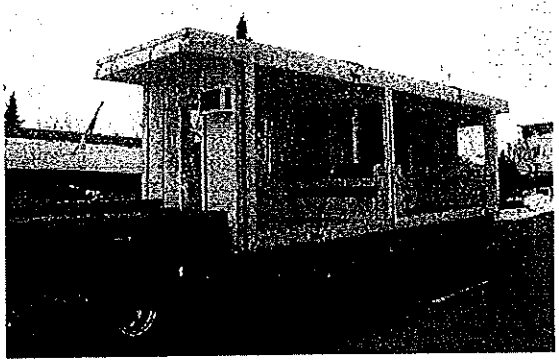
Vue de l'ensemble et plan de groupes de construction modulaire du village d'accueil de 1600 jeunes à l'expo 2000 d'Hanovre. Photo : Kurt Hofmann

Temporaire et réutilisable ou installé durablement : le modulaire s'avère polyvalent à plusieurs égards

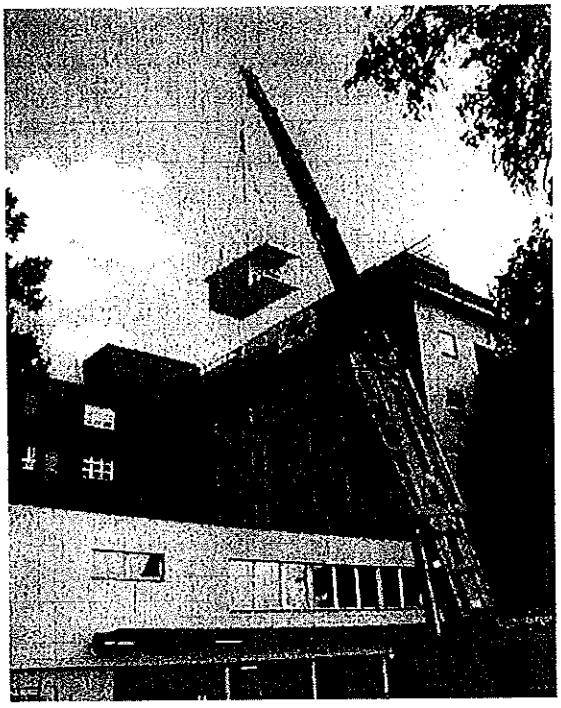
Le constructeur bois suisse Erne Holzbau est l'un des grands spécialistes du modulaire 3D. Le fait que les modules soient réutilisables l'ont mené à en proposer quelque 500 unités à la location, pour des installations temporaires telles que banques et bureaux provisoires, salles d'exposition et de vente, écoles etc.

Sa grande expérience dans le domaine l'en fait le partenaire par excellence d'institutions et d'entreprises avec des besoins changeants : la mobilité est une donne fortement présente dans la logistique des grandes entreprises et le modulaire répond avec d'aplomb.

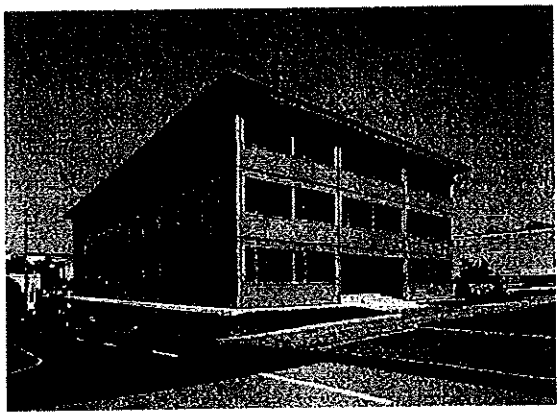
Mais si le temporaire joue un rôle important chez Erne Holzbau, les installations durables ne restent pas orphelines : l'entreprise construit de nombreux ensembles définitifs, comme le montrent ces exemples d'écoles et de bureaux construits par modules entièrement préfabriqués, voire équipés en l'atelier.



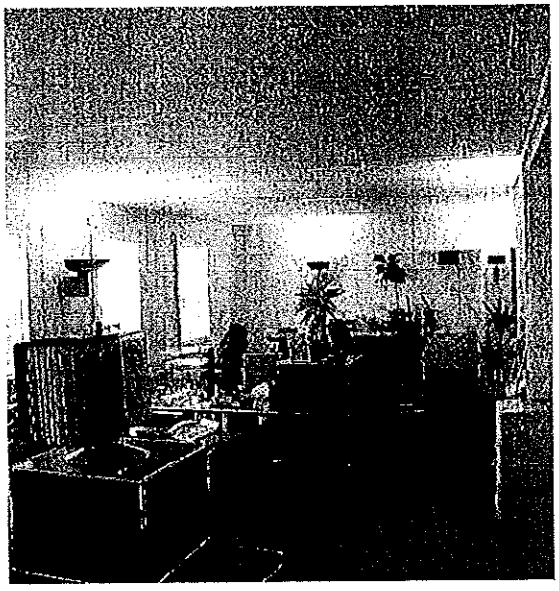
Un module d'Erne Holzbau en route pour son montage
Photo : Erne Holzbau



Une surélévation rapide
Photo : Erne Holzbau



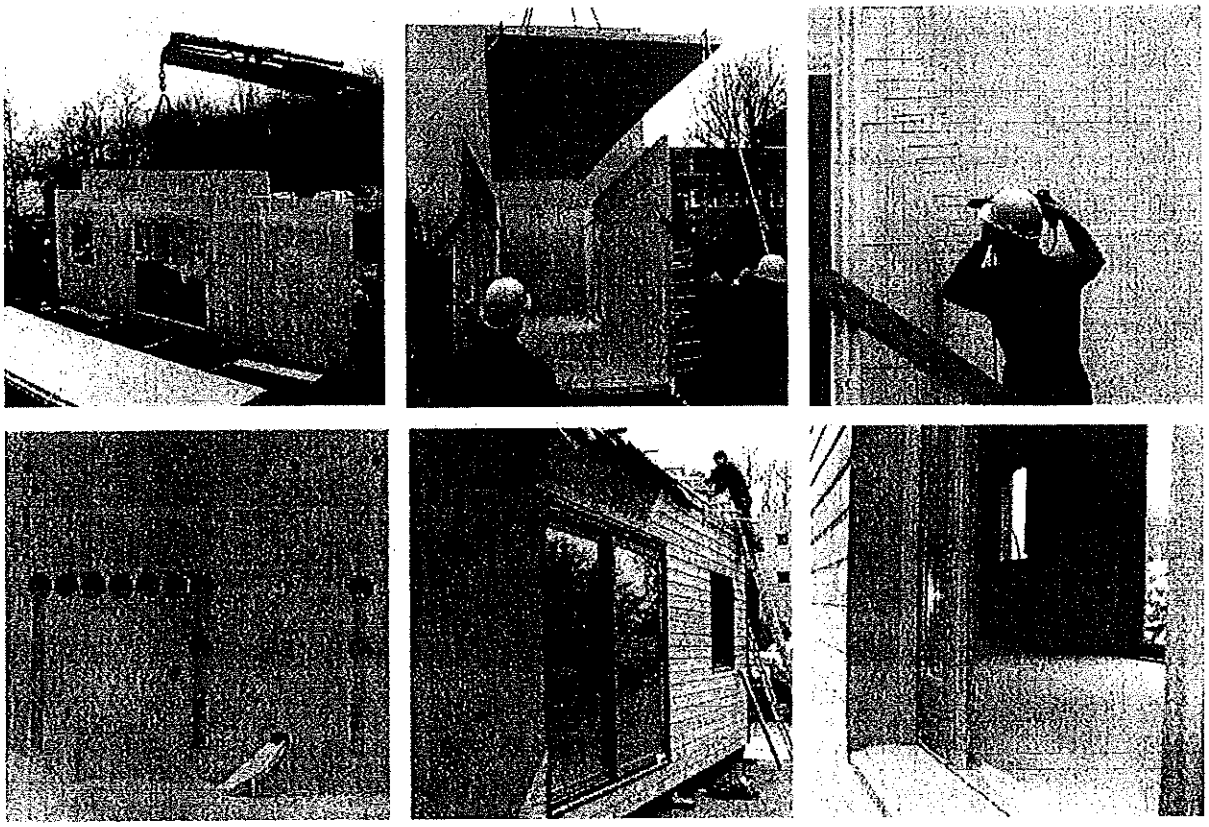
Un immeuble de bureaux constitué de modules Erne Holzbau
Photo : Erne Holzbau



Les modules peuvent être entièrement aménagés à l'atelier
Photo : Erne Holzbau

En France ...

En hiver 2004/5, nous avons eu l'occasion d'instruire, d'orienter et d'accompagner les travaux d'un groupe d'étudiants de l'Ecole Supérieure du Bois qui aujourd'hui fait un effort d'intégrer l'enseignement de la construction bois dans ses cursus. Le projet de groupe consistait à concevoir un module tridimensionnel destiné à servir de logement d'étudiant.



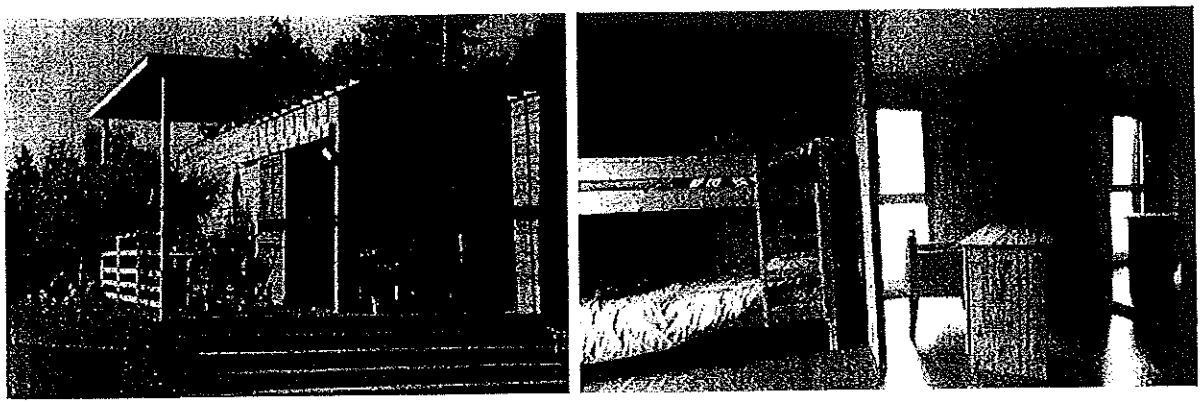
Le module conçu et construit par un groupe d'étudiants de l'ESB, en panneaux de bois massif contrecollé-croisé Leno - images DR

Les étudiants devaient résoudre non seulement les fonctionnalités de la cellule, mais aussi la rationalité de sa fabrication et la logistique du chantier, puis aboutir à la fabrication du prototype.

Sans notions de construction, les étudiants de 3e année devaient déterminer notamment le comportement thermique, statique, en particulier la stabilité au transport et au grutage, l'étanchéité et la vêture et le mode constructif le mieux adapté pour le structurel du gros œuvre. Ensuite, choisir matières et matériaux, passer commandes, veiller aux délais et organiser et effectuer le montage ... les 6 mois effectivement disponibles, parallèlement aux autres cours, constituaient un challenge de taille. Le module, qui pour l'heure comporte encore quelques erreurs, est aujourd'hui visible et visitable, à l'arrière de l'ESB à Nantes.

Les choix ont privilégié le procédé Leno, en panneaux de bois massif contrecollé-croisé, pour un montage rapide des six faces d'un parallélépipède parfaitement rigide, autostable. Leno comprend le fraisage en usine des passages de câbles ainsi que la perforation de tous les emplacements de vis de montage - ce prototype à été érige pour sa structure, et clos-couvert, en quelques heures.

En même temps, à quelques kilomètres de là, à Carquefou, un constructeur bois développait son propre procédé de construction modulaire, qu'il propose désormais sous la marque H^20 Résidences au travers un réseau de concessionnaires. Ses modules, de dimension 10 m x 2,50 m x 3,15 m chacun, sont faits pour s'assembler par deux, trois, ou quatre pour former des résidences de 50 m^2, 75 m^2 voir 100 m^2. Ils sont entièrement préparés, voire même aménagées en usine et destinés au résidentiel principal et secondaire. Avec une dizaine de réalisations à son actif, le constructeur prévoit de fabriquer une centaine d'ici 24 mois.



Le Module H^2O Résidences s'assemble par deux, trois ou quatre en multiples de 25 m^2 - photo H^2O

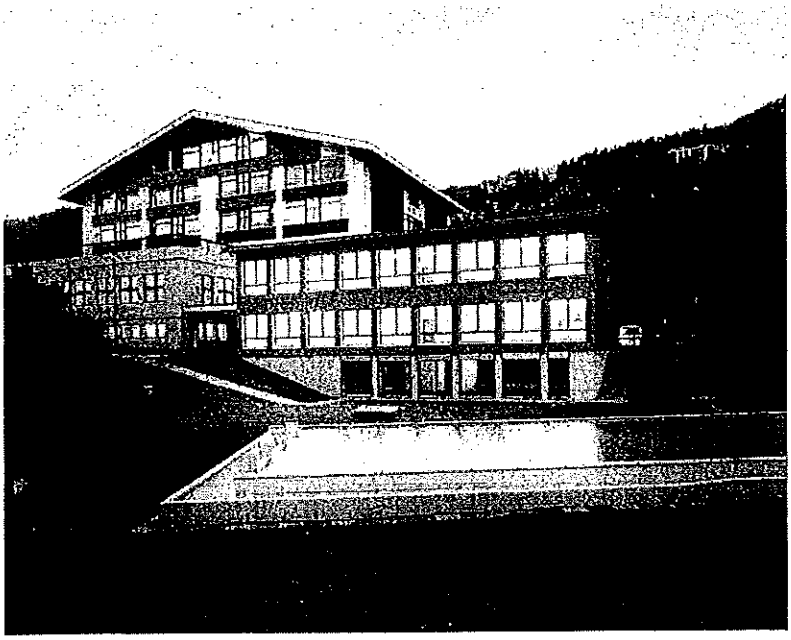


Photo : Erne Holzbau

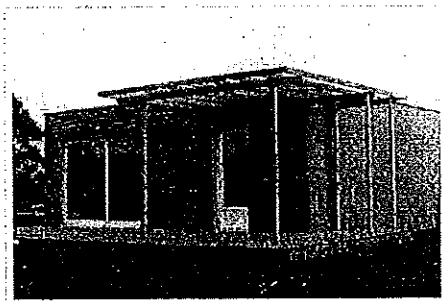
Extension modulaire d'une école en Suisse par Erne Holzbau

DOCUMENT 4

Maison modulable

Faire construire sa maison - Avril 2010

Avec son bardage en pin du Nord rouge et façade peinte, avec ses lignes contemporaines, la Primo Extenso imaginée par Maisons Dominique Charles secoue avec bonheur les codes de l'architecture traditionnelle.



Constructeur : Maisons Dominique Charles
Lieu : Pays de la Loire
Prix estimatif : 135.000 €
Superficie : 114 m²
Nombre de chambres : 4

Vous l'aurez compris, en termes d'organisation du plan, la gamme **Primo Extenso** autorise presque toutes les fantaisies. La structure illustrée ici n'est donc qu'un exemple parmi de nombreuses variantes possibles : à chaque famille, à chaque mode de vie s'applique une organisation personnelle qui n'appartient qu'aux maîtres d'ouvrage.

Dans l'exemple présenté ici, le module initial - à choisir parmi quatre versions différentes - présente un **généreux espace convivial** de 41,50 m² regroupant salon, séjour et cuisine ouverte. À l'arrière de cette dernière se cache un **espace de rangement** conséquent de 2,24 m².

La maison offre **deux chambres** de 10,22 et 10,67 m² et peut suffire à elle seule à un jeune couple avec un enfant ou à des retraités, par exemple. Mais si la famille s'agrandit ou si l'on souhaite plus d'espace, on peut alors ajouter à ce premier module de plain-pied le module d'**extension « suite parentale »**, comprenant une chambre de 12,82 m², un dressing de 4,25 m² et une salle d'eau privative de 2,53 m².

Et si ces trois chambres ne suffisent toujours pas, un **module « étage »** de deux chambres de 10,25 et 9,49 m² équipé d'une salle d'eau de 2,72 m² achèvera de fournir à chacun l'espace nécessaire à son épanouissement.

Les prestations

Cette maison bénéficie d'une **ossature extérieure en bois massif** de qualité égale à celle requise pour une charpente, et bien sûr traitée insecticide et fongicide selon la réglementation en vigueur. Son isolation se fait par le biais de cellulose soufflée à raison de 60 kg/m3 ou d'une épaisseur de 120 mm de laine de verre MOB 35.

Au rez-de-chaussée, la façade est agrémentée de **bardage en clins de sapin du Nord** de 21 mm, de classe 3, avec ou sans peinture. En ce qui concerne la toiture, l'isolation du caisson se fait au moyen de cellulose soufflée à raison de 40 kg/m3 ou de laine de verre d'une épaisseur de 220 mm.

La charpente est constituée d'arbalétriers en lamellé-collé de classe 2 et de panne de faîtage en kerto lambois. Le faîtage monopente est recouvert d'une membrane PVC. Les menuiseries sont équipées de double vitrage 4.16.4, plus gaz argon. Concernant le chauffage, on aura le choix entre une **pompe à chaleur** aérothermique, le gaz ou encore le bois.

La puissance de l'installation sera calculée dans les deux cas pour une température de - 5 °C à l'extérieur. La production d'eau chaude se fait quant à elle par le biais d'un **chauffe-eau hydrosolaire** ou électrosolaire ou thermodynamique, et deux capteurs solaires de 2 x 2,30 m² seront montés sur la toiture ou sur un châssis.

Le prix de la maison évoluera bien sûr en fonction de la surface désirée (de 69 à 114 m2) s'inscrivant dans une fourchette **de 85.000 à 135.000 €** en BBC avec une TVA à 5,5 %.

FEUILLETON CONSTRUCTION INDUSTRIALISÉE 2/7

DOCUMENT 5

OSSATURE BOIS

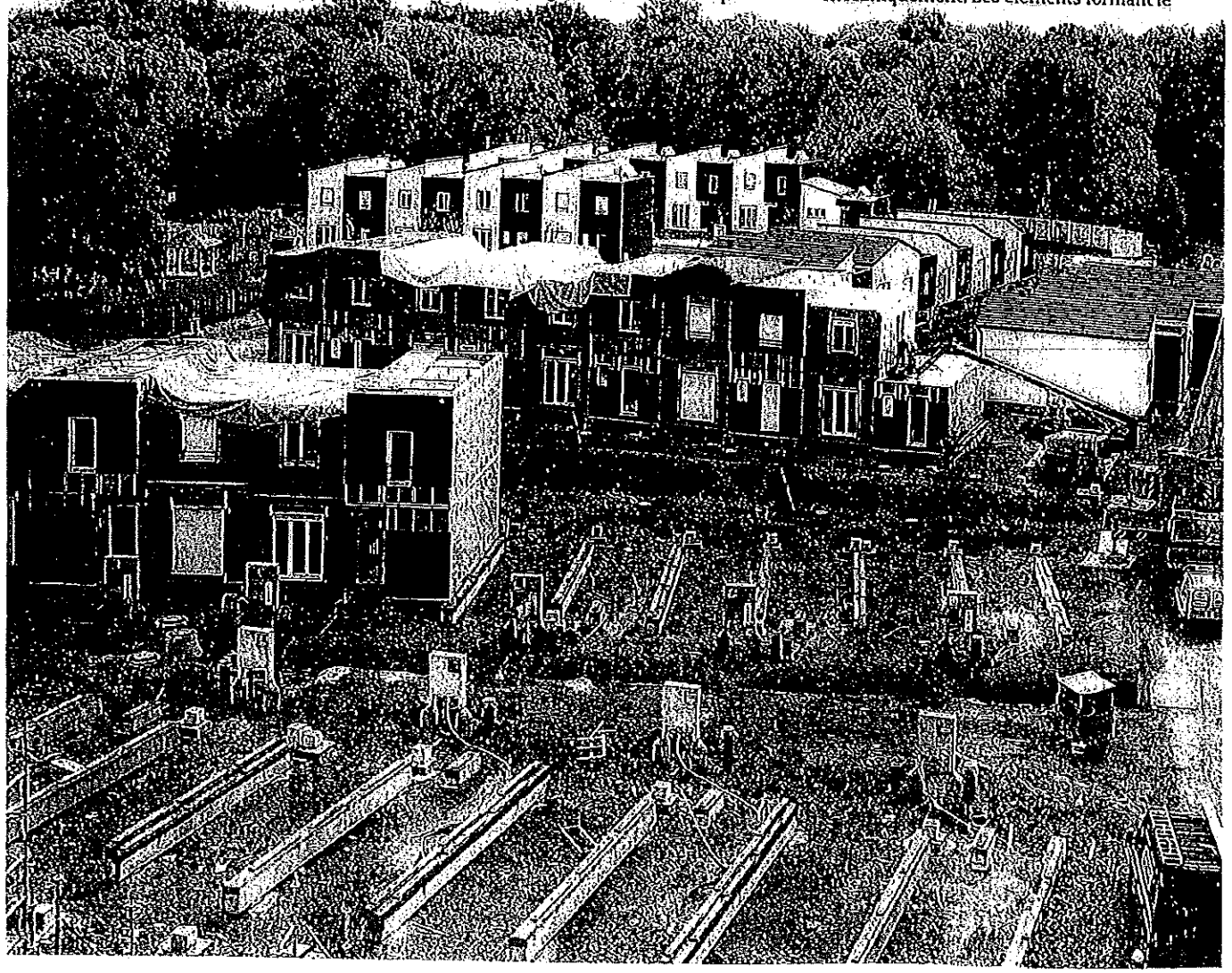
Des maisons modulaires

L'écorésidence des Marches de Bréviandes, en Seine-et-Marne, aura été réalisée en un temps record, grâce à l'assemblage de modules tridimensionnels fabriqués en usine. Au total, le site accueillera 75 maisons.

Le chantier des Marches de Bréviandes à Vert-Saint-Denis (Seine-et-Marne) sera terminé en septembre pour les 20 maisons en accession à la propriété et en octobre pour les 55 constructions destinées à la location. Le quartier de 42600 m² accueillera une écorésidence réalisée à partir de modules en 3D à ossature bois. Les maisons «Muse», conçues par l'architecte François Pélegrin, sont assemblées à 85% dans les usines de la société BH, filiale de Bénéteau à La Roche-sur-Yon (Vendée).

Les modules quittent l'usine équipés des menuiseries, des vitrages, des sanitaires, du système de chauffage (une chaudière gaz à condensation), du chauffe-eau solaire, etc. Tous les corps de métiers travaillent en atelier dans des conditions plus sûres que sur un chantier classique. D'où une mise en œuvre rapide, les premiers modules ayant été livrés au début du mois de février. Outre les délais de construction, le bailleur social FSM (Foyers de Seine-et-Marne), maître d'ouvrage, a aussi été séduit par le budget, à raison de 1390 euros HT/m² Shab, fondations et transports compris, contre 1550 euros/m² Shab pour un équivalent en construction traditionnelle.

Le chantier proprement dit a démarré à l'automne 2010 avec les travaux de voiries et réseaux divers (VRD) sur cette ancienne carrière. La réalisation des fondations sur pieux reliés par des longrines a commencé peu après. Une fois sur le site, les modules sont positionnés à la grue puis liaisonnés mécaniquement. Les éléments formant le



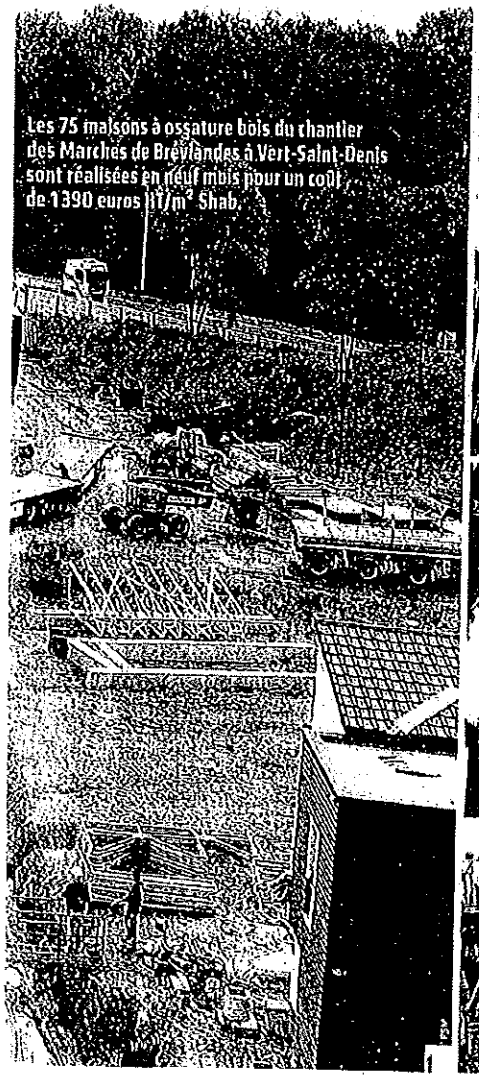
mais pas monotones

premier étage créent un double plancher, qui garantit l'isolation acoustique aux bruits d'impacts. Ce même plancher est constitué de poutres maîtresses en bois lamellé-collé, de lambourdes en bois massif de classe 2 et de panneaux de fibres de bois. L'ensemble est isolé avec de la laine de verre.

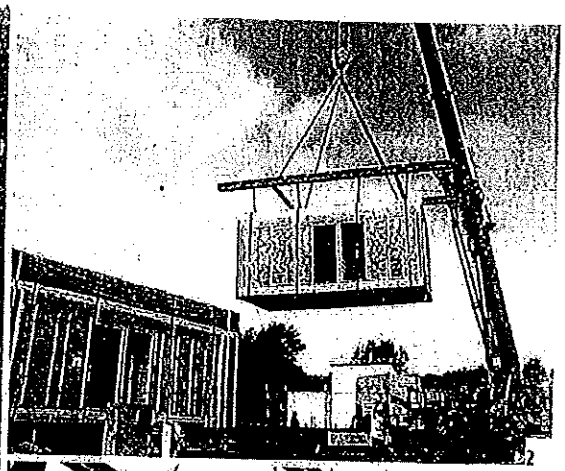
Des maisons BBC-Effinergie

Afin de rester dans les gabarits imposés par les convois exceptionnels, les modules mesurent au maximum 3,5 m de large sur 6,9 m de long (pour une hauteur de 3,2 m) et comportent des éléments invariants: les fluides sont regroupés sur une même ligne, l'escalier est toujours implanté au même endroit. Pour que les maisons soient labellisées BBC-Effinergie, une attention toute particulière a été accordée à l'étanchéité à l'air et à l'isolation. Ainsi, assemblées en usine, les parois extérieures se composent d'un panneau en fibres de bois, d'un isolant en laine de verre, d'une ossature en bois massif de classe 2 puis d'un film frein-vapeur/pare-air. L'ensemble est habillé d'un bardage ou d'un enduit à l'extérieur et de plaques de plâtre à l'intérieur. L'isolation acoustique est assurée par de la laine de verre dans les parois intérieures. C'est l'agencement des modules qui sert, ensuite, à réaliser les maisons semi-accolées de la résidence. Ici, les bâtiments sont de trois types: des T2 de 45 m², des T3 de 67 m² et des T4 de 83 m². Les opérations de finition nécessitent ensuite une dizaine de jours pour chaque maison. Il s'agit surtout de parachever l'étanchéité et les branchements divers. La dernière étape consiste à réaliser les enduits et à finaliser les bardages des façades et des toitures pour gommer l'aspect modulaire. ■ *Julie Nicolas*

FICHE TECHNIQUE Maître d'ouvrage : Foyers de Seine-et-Marne. Maître d'œuvre du projet et architecte : Architecture Pélegrin. Entreprise générale : BH. VRD, espaces verts : EGA. Fondations spéciales : Zaffiro. Charpente-couverture : Cormier-Devaux. Enduit sur isolant : Alres.



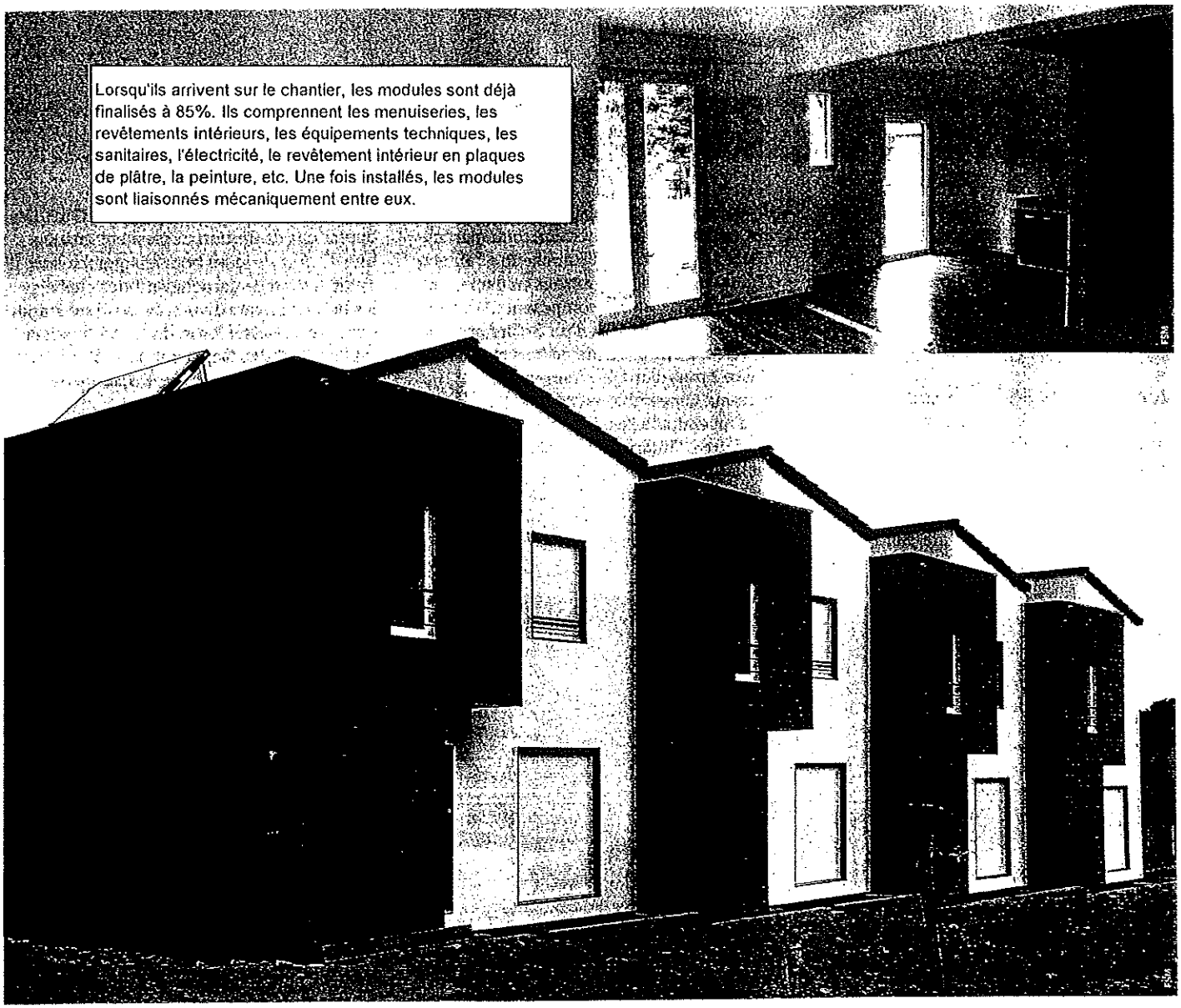
Les 75 maisons à ossature bois du chantier des Marchés de Bréviandes à Vert-Saint-Denis sont réalisées en neuf mois pour un coût de 1390 euros HT/m² Shab.



1. Les fondations ont été réalisées sur pieux reliés entre eux par des longrines. Les maisons à ossature bois sont installées sur un vide sanitaire de 30 cm, dissimulé ensuite par des terrasses.

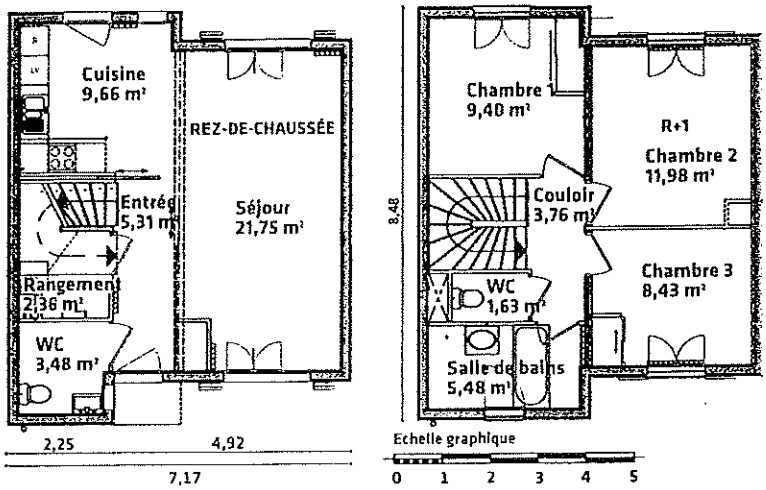
2. Les parois extérieures des modules se composent d'un voile en fibres de bois travaillant en panneau, d'un isolant en laine de verre, d'une ossature en bois massif de classe 2 et d'un film frein-vapeur/pare-air.

3. L'étanchéité de la maison et les finitions du bardage ou de l'enduit sont réalisées sur le chantier.



Lorsqu'ils arrivent sur le chantier, les modules sont déjà finalisés à 85%. Ils comprennent les menuiseries, les revêtements intérieurs, les équipements techniques, les sanitaires, l'électricité, le revêtement intérieur en plaques de plâtre, la peinture, etc. Une fois installés, les modules sont liaisonnés mécaniquement entre eux.

Exemple d'une réalisation de 83m²



CONCEPTION

Sortir des contraintes dimensionnelles

Echapper à la répétitivité, utiliser un même modèle et réaliser des économies d'échelle. Tels sont les objectifs apparemment inconciliables qui ont dicté le travail de conception de l'architecte François Pélegrin. Ces contraintes ont donné naissance aux maisons « Muse », des constructions qui peuvent aller du T2 de 45 m² au T5 de 95 m², dont la répétitivité est atténuée par des tailles et des formes de modules légèrement différentes. Ainsi, le décroché dans l'un des modules gomme l'aspect modulaire, tout en servant d'abri en cas de pluie. L'aménagement intérieur est variable. Enfin, la peau extérieure (soit en enduit, soit en bardage) et la toiture (plate ou en pente) autorisent une palette de matériaux qui s'adaptent aux spécificités régionales.

DOCUMENT 6

LYCÉE HÔTELIER

Solution modulaire pour

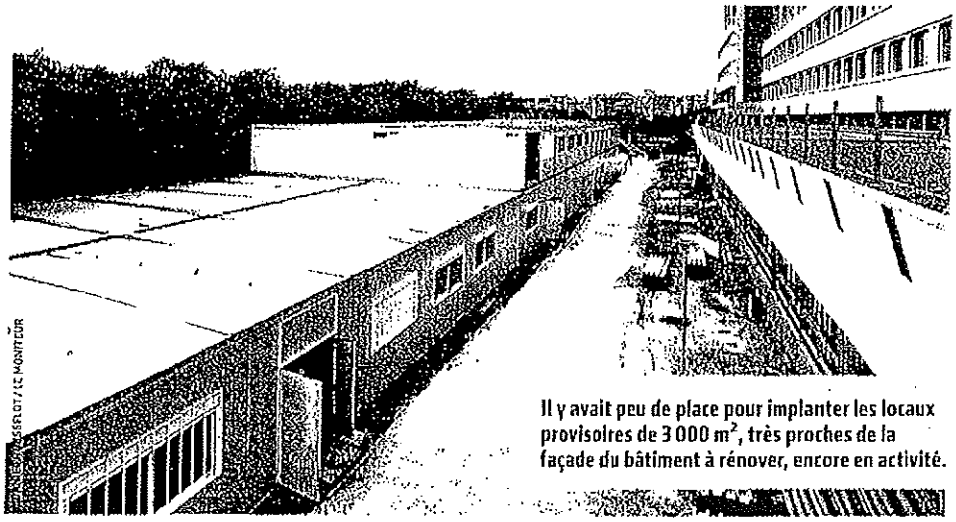
Pendant les travaux de rénovation du lycée hôtelier de Guyancourt (Yvelines), les élèves seront accueillis dans 3000 m² de locaux provisoires équipés de cuisines professionnelles, montés en deux mois.

Le lycée des métiers de l'hôtellerie et du tourisme de Guyancourt (Yvelines) entame une restructuration profonde, d'une durée de trente-six mois. Ce bâtiment massif construit en 1981 va d'abord être désamianté, puis l'ensemble des cuisines et restaurants pédagogiques sera réaménagé, un hall d'entrée sera créé. Dans un deuxième temps, les locaux scolaires, l'internat et les logements seront à leur tour rénovés. Le tout sans interrompre l'activité de l'établissement. Pour réaliser ces travaux en deux phases, un bâtiment modulaire provisoire vient d'être implanté sur le site. Il accueillera une partie des 800 élèves dès la rentrée 2011. 114 modules Algeco de 26 m² composent le bâtiment: 76 au rez-de-chaussée et 38 au premier étage. Ces derniers, qui accueilleront des salles de classe, sont des modules standard de la gamme Advance loués au spécialiste de la construction modulaire et livrés tout équipés. En revanche, les modules du rez-de-chaussée abritant les cuisines d'initiation ont dû être adaptés. Ils nécessitent en effet un espace plus important pour loger les équipements professionnels. Au lieu des 2,80 m de hauteur standard, des poteaux plus longs ont permis de créer des modules de 3,40 m de haut, sans pour autant bouleverser le process industriel d'Algeco. «Cela a été possible grâce à nos structures boulonnées et non soudées», explique Bertrand Quénot, directeur général d'Algeco.

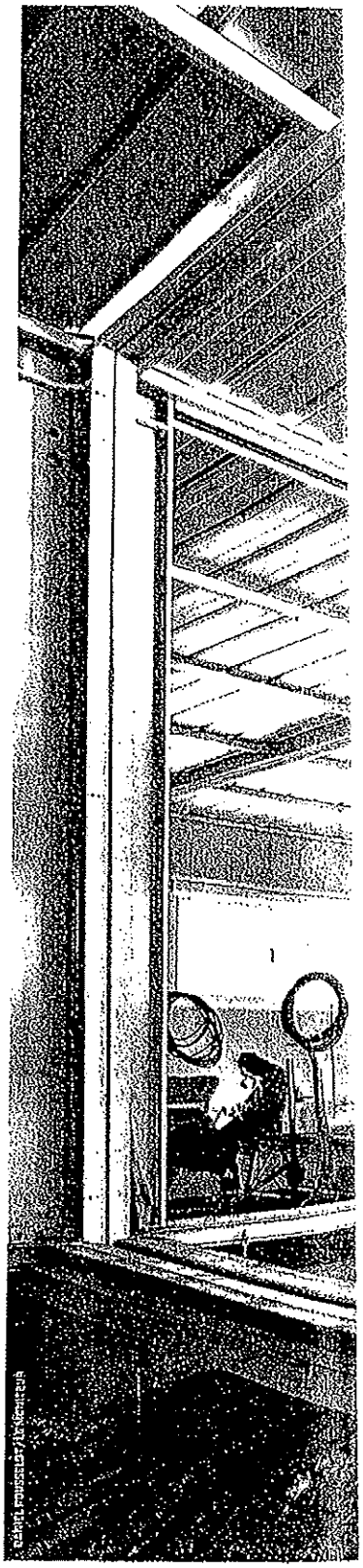
Autre contrainte liée à l'usage spécifique: les charges importantes au sol. Les modules ont donc été livrés sans planchers et posés chacun sur six plots en béton. Après l'installation des nombreux réseaux à intégrer sous le plancher, celui-ci a été réalisé par l'entreprise Bouygues Bâtiment Ile-de-France, en charge de la restructuration du lycée. Ce plancher collaborant est constitué de bacs acier sur lesquels est coulée une dalle de béton armé. Les cloisons et plafonds en plaques de plâtre ont ensuite été réalisés, certains locaux nécessitant une protection coupe-feu.

Nouvelle intervention dans un an

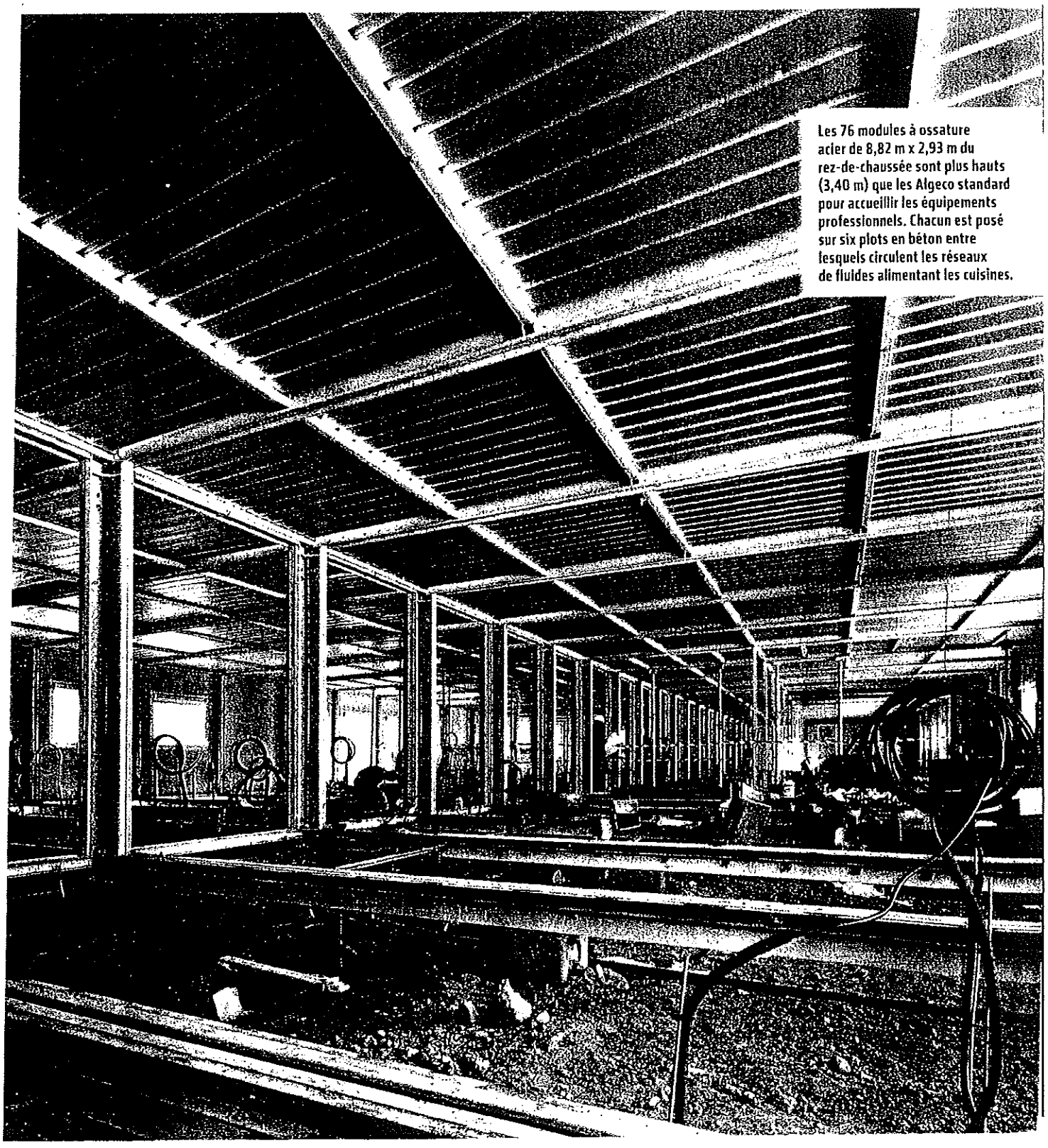
Les 3000 m² de l'ensemble ont été livrés, assemblés et aménagés en deux mois. Des camions surbaissés ont été nécessaires pour livrer les modules du rez-de-chaussée depuis l'usine de Saint-Amour (Jura), dans le respect des gabarits routiers. «Au rythme de dix éléments par jour, ils étaient livrés dans une plage horaire précise de 8h à 17h, par un accès difficile et à proximité de la façade du lycée en activité», se souvient Malick Minthe, le chef de chantier, qui reviendra l'été prochain pour restructurer le rez-de-chaussée. Les cuisines seront transformées en salles de classe, tandis qu'une partie des modules sera démontée pour partir vers une autre destination. La deuxième phase des travaux de restructuration du lycée pourra alors commencer. ■ *Isabelle Duffaure-Gallais*



Il y avait peu de place pour implanter les locaux provisoires de 3000 m², très proches de la façade du bâtiment à rénover, encore en activité.

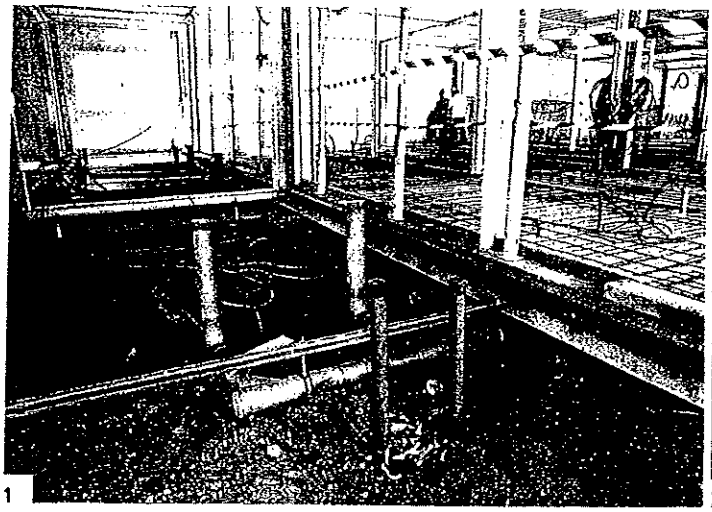


un bâtiment évolutif

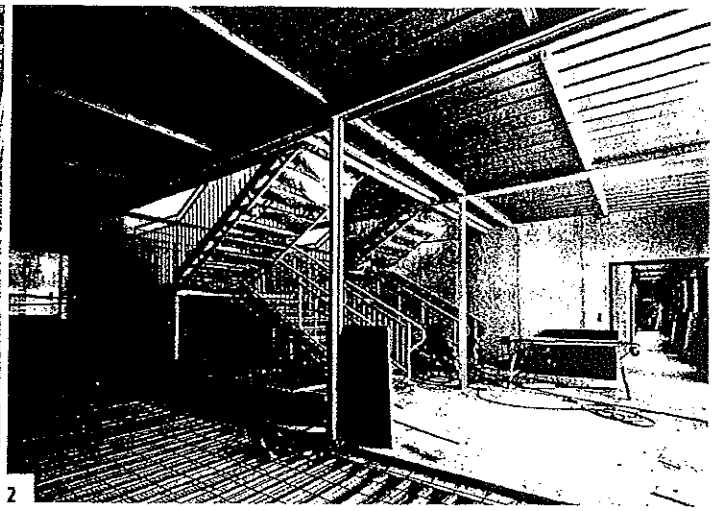


Les 76 modules à ossature acier de 8,82 m x 2,93 m du rez-de-chaussée sont plus hauts (3,40 m) que les Algeco standard pour accueillir les équipements professionnels. Chacun est posé sur six plots en béton entre lesquels circulent les réseaux de fluides alimentant les cuisines.

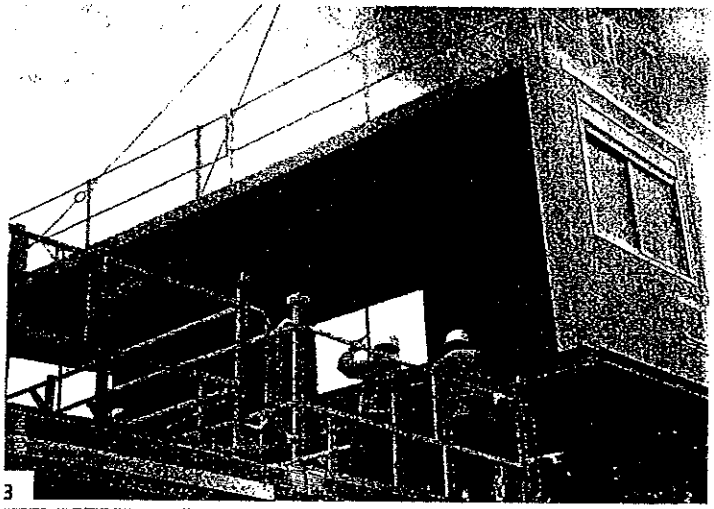
► **Lycée hôtelier** Solution modulaire pour un bâtiment évolutif



1



2



3

1. Une fois les réseaux en place, un plancher collaborant acier-béton est réalisé au rez-de-chaussée. Il supporte des charges plus importantes que le plancher classique d'un module préfabriqué.

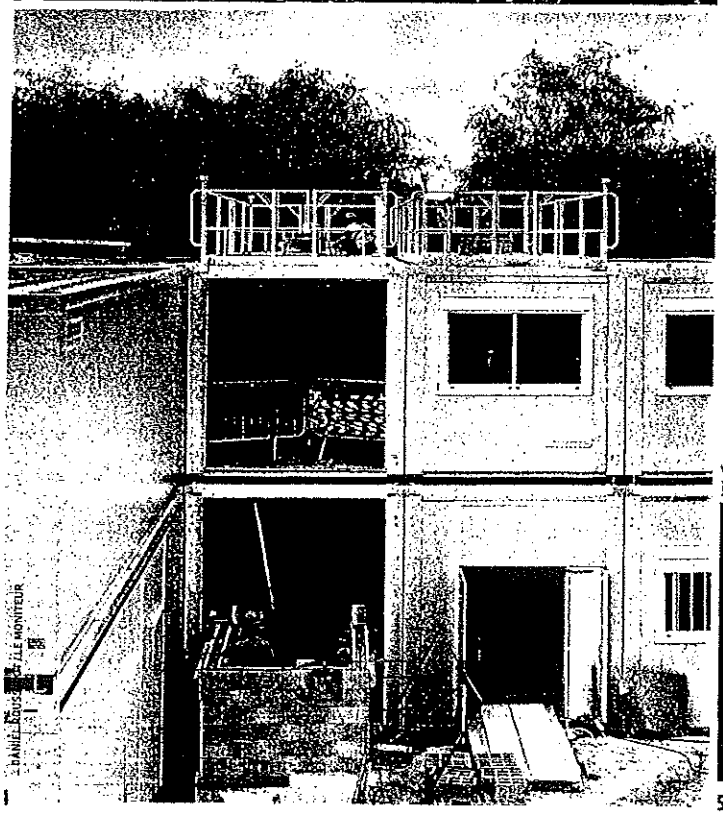
2. Les escaliers métalliques sont livrés en trois morceaux et assemblés sur le site.

3. Les modules de l'étage sont livrés tout équipés. Nouveau, un système de protection collective intégré assure la sécurité des poseurs. Il est retiré à la grue après leur intervention.

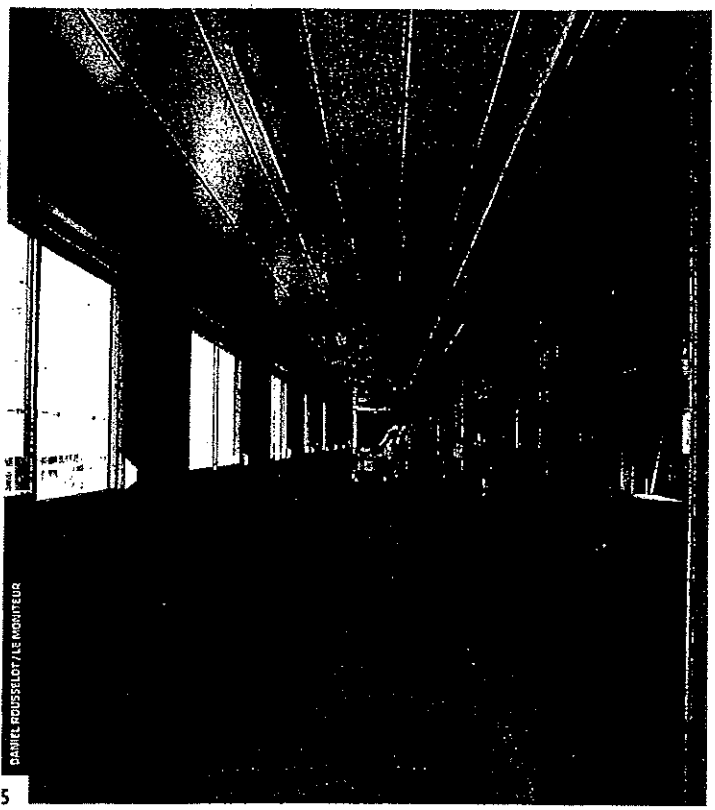
4. La façade n'attend plus que l'installation d'un ascenseur, ainsi qu'un bandeau d'habillage entre les deux niveaux.

5. Les modules standard du premier étage sont livrés avec leurs revêtements, installations électriques et plafonds.

FICHE TECHNIQUE Maître d'ouvrage : région Ile-de-France. **Maître d'ouvrage mandataire :** Sarry 78. **Maître d'œuvre :** Architectures Anne Démians. **BET TCE :** Betom Ingénierie. **BET HQE :** Cap Terre. **Bureau de contrôle :** BTP Consultants. **Entreprise générale :** Bouygues Bâtiment Ile-de-France. **Construction modulaire :** Algeco.



4



5

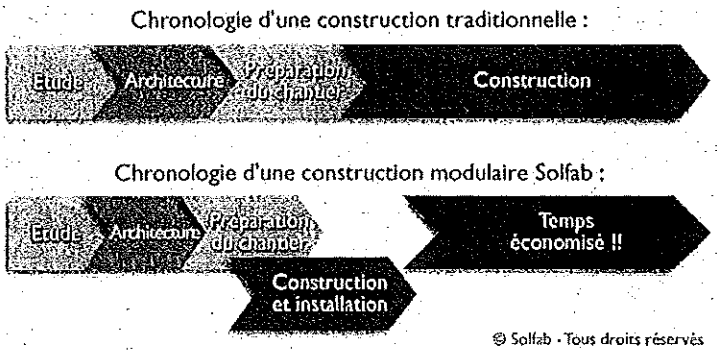
DOCUMENT 7

Solution économique

Les **modulaires préfabriqués** proposés par Solfab sont une solution très attractive en raison des économies réalisées. La disponibilité de nos équipes, le **regroupement de tous les corps de métiers** d'une construction traditionnelle sont un gain de temps précieux...et d'argent !

Avec le modulaire préfabriqué : économisez du temps...

Pendant que votre modulaire est en fabrication dans notre usine, nos équipes s'occupent de la préparation du terrain qui accueillera votre modulaire. Ce processus vous permet d'économiser **jusqu'à 50% de temps par rapport à un chantier traditionnel !**



...et de l'argent !

La construction modulaire est très attractive en raison des **économies financières réalisées**.

Solfab intègre dans ses usines tout le cycle de fabrication de votre modulaire. Vous réalisez ainsi de considérables économies d'échelles car nos équipes sont déjà disponibles pour votre modulaire. De plus, la fabrication de votre modulaire est totalement **indépendante des aléas de la météo !**

Tous ces facteurs réunis contribuent à faire de la construction modulaire un solution économique, et un choix particulièrement attractif !