

LE BÉTON PORTEUR D'AVENIR

Applications de matériaux liés au ciment dans la Maison du Futur.

Il existe à Vilvoorde une maison dans laquelle le béton porte l'avenir. La maison possède une structure portante extensible et héberge des espaces adaptables, "évolutifs".¹ Elle est le lieu où sont expérimentés des produits et des techniques axés sur le futur dans le domaine du "bâtiment" et de "l'habitat". A sa façon, le béton contribue, avec le concours de 140 sociétés, à créer le reflet d'un éventuel univers du futur.

Le résultat prête en tout cas à controverse. Certaines personnes considèrent la Maison du Futur comme une symbiose passionnante de nouveaux produits et techniques dans un monde en rapide évolution. D'autres la décrivent comme un exemple de "nouvelle machine à habiter" ou "d'interface souple entre l'homme dans son lieu de vie, de détente et de travail et son environnement naturel".² Enfin, pour d'autres encore, la maison n'est que de la "poudre aux yeux".³

Dans ce bulletin, nous examinerons en détail l'importante contribution du ciment et des matériaux liés au ciment dans la Maison du Futur. Mais montrons d'abord pourquoi le ciment et le béton sont des matériaux du futur.

DOSSIER
CIMENT

10
décembre 1996

Living Tomorrow
habitation

ciment/béton

82 | f2

BB/SfB



Ciment et béton, matériaux du futur

Le ciment

L'industrie cimentière se prépare à l'avenir en s'efforçant de réaliser des produits de haute qualité au moyen de techniques de production les plus modernes. Elle tente de réduire au minimum la consommation d'énergie et d'assurer une protection maximale de l'environnement. Les développements les plus importants sont repris ci-après.

- La tendance à remplacer une proportion sans cesse plus importante de matières premières minérales naturelles par des résidus ou des produits secondaires d'autres industries s'affirme nettement. Ceci permet d'économiser les gisements de calcaire disponibles ainsi que les combustibles nécessaires à la cuisson de la matière première et à sa transformation en clinker. Cette démarche valorise en même temps les matières premières secondaires.
- Les combustibles primaires, tels le charbon et le gaz naturel, sont remplacés de manière croissante par des roches schisteuses, des résidus de coke, des pneus usés, etc. Cette évolution va de pair avec une réduction systématique des besoins en énergie grâce aux innovations apportées à la cuisson et au broyage du clinker et permet une réduction substantielle des rejets et émissions dans l'atmosphère.
- Le souci de la qualité des différents produits finis est permanent et conduit à des produits de qualité constante. Grâce à la diversité accrue de "matières premières", davantage de types de ciment sont disponibles sur le marché. Ceci permet de choisir le ciment le mieux adapté à l'application choisie.
- La réglementation et la certification évoluent ; les prescriptions et les procédures de contrôle sont de plus en plus harmonisées au niveau européen. La norme belge NBN B12-001 relative au ciment constitue ainsi une adaptation de la prénorme européenne ENV 197. En ce qui concerne les contrôles effectués dans le cadre de la certification, des accords de reconnaissance réciproque ont été conclus avec les autorités compétentes des pays limitrophes. Le système de certification, garant d'impartialité, est perfectionné de manière systématique. L'attribution de la marque BENOR au ciment garantit la conformité de sa qualité aux prescriptions de la norme.

Le béton

En ce qui concerne le béton, les développements les plus importants pour l'avenir sont cités ci-après.

- Grâce à des adjuvants toujours plus performants (principalement les super-plastifiants) et à l'ajout de composants ultrafins, les propriétés mécaniques sont améliorées systématiquement. Ces adjuvants permettent de fabriquer un béton fluide ayant une teneur en eau extrêmement réduite. Un facteur eau/ciment faible conduit à une compacité et une résistance à la compression élevées. Celles-ci augmentent encore lorsque les minuscules pores sont remplis par des ajouts tels que des fillers et des microsilles. Des résultats de recherche font état de résistances à la compression s'élevant à plus de 800 N/mm² !^{4,5}
- Les divers mécanismes d'endommagement du béton et les possibilités d'accroître sa durabilité (durée de vie) sont de mieux en mieux maîtrisés. Dans la plupart de ces mécanismes, la résistance à la pénétration et à la diffusion interne des liquides et des gaz joue un rôle crucial. Les chercheurs parviennent à augmenter constamment cette résistance.
- Le développement de méthodes numériques conduit à une modélisation plus précise des propriétés du béton. Les caractéristiques importantes de diverses compositions, telles la résistance à la compression, le module d'élasticité, le fluage, la migration d'humidité, le risque de fissuration, la déformation en fonction du temps, la pénétration des chlorures, etc. peuvent être appréciées de façon plus exacte.

- A l'avenir, les résultats de l'analyse du cycle de vie influenceront certainement les décisions au niveau de la conception. Le LCA (Life Cycle Analysis) comprend entre autres l'analyse de l'impact sur l'environnement dans chaque phase de vie du matériau. Des méthodes objectives et pratiques commencent à se mettre en place dans ce domaine. En ce qui concerne le béton, les premiers résultats de ces analyses sont positifs.^{6,7}

- Les pouvoirs publics insistent pour que des déchets de construction et de démolition soient de plus en plus utilisés comme granulats dans le béton. Des recherches sont menées afin de déterminer la fraction de briquillons adaptée au béton et d'étudier son influence sur la qualité et les propriétés de celui-ci.⁸

- Les matériaux de construction en contact avec le sol et les eaux de ruissellement ne peuvent rejeter aucune matière polluante. Le comportement à la lixiviation des matériaux de construction, dont le béton, constitue dès lors un nouveau sujet d'étude important. L'influence de l'utilisation des déchets de démolition comme granulats et celle des matières premières secondaires et des résidus lors de la production du clinker, sont étudiées en détail. Les premiers résultats sont très positifs.⁹

- Le développement de systèmes de coffrage, de malaxage, de transport, de coulage et de compactage du béton aboutissent à une mise en oeuvre plus efficace. Les recherches sur des compositions nécessitant peu ou pas de compactage conduiront également à une amélioration du rendement. L'introduction de techniques toujours plus avancées concerne plus spécifiquement l'industrie de la préfabrication, pour laquelle la production n'est pas seulement automatisée au maximum, mais est directement pilotée à partir de plans établis par CAO (Conception Assistée par Ordinateur).

- L'acier mais aussi les fibres peuvent absorber des efforts de traction. Les fibres renforcent le béton durci. Elles limitent la formation de microfissures et pontent les petites fissurations. Les fibres d'acier (utilisées par exemple dans les sols industriels et les tuyaux) et les fibres de polypropylène (dont le rôle est de limiter les fissures de retrait plastique dans un béton fraîchement coulé) sont déjà largement utilisées. D'autres produits potentiellement intéressants sont la fibre de verre (dont la réactivité aux alcalis peut être sensiblement réduite par une modification de sa composition et l'ajout de polymères), la fibre de carbone et la fibre d'aramide. Des éléments résistants à la traction, en forme de barre ou de ruban, fabriqués à partir de ces fibres, peuvent servir d'armature ou d'éléments de précontrainte dans les constructions en béton.

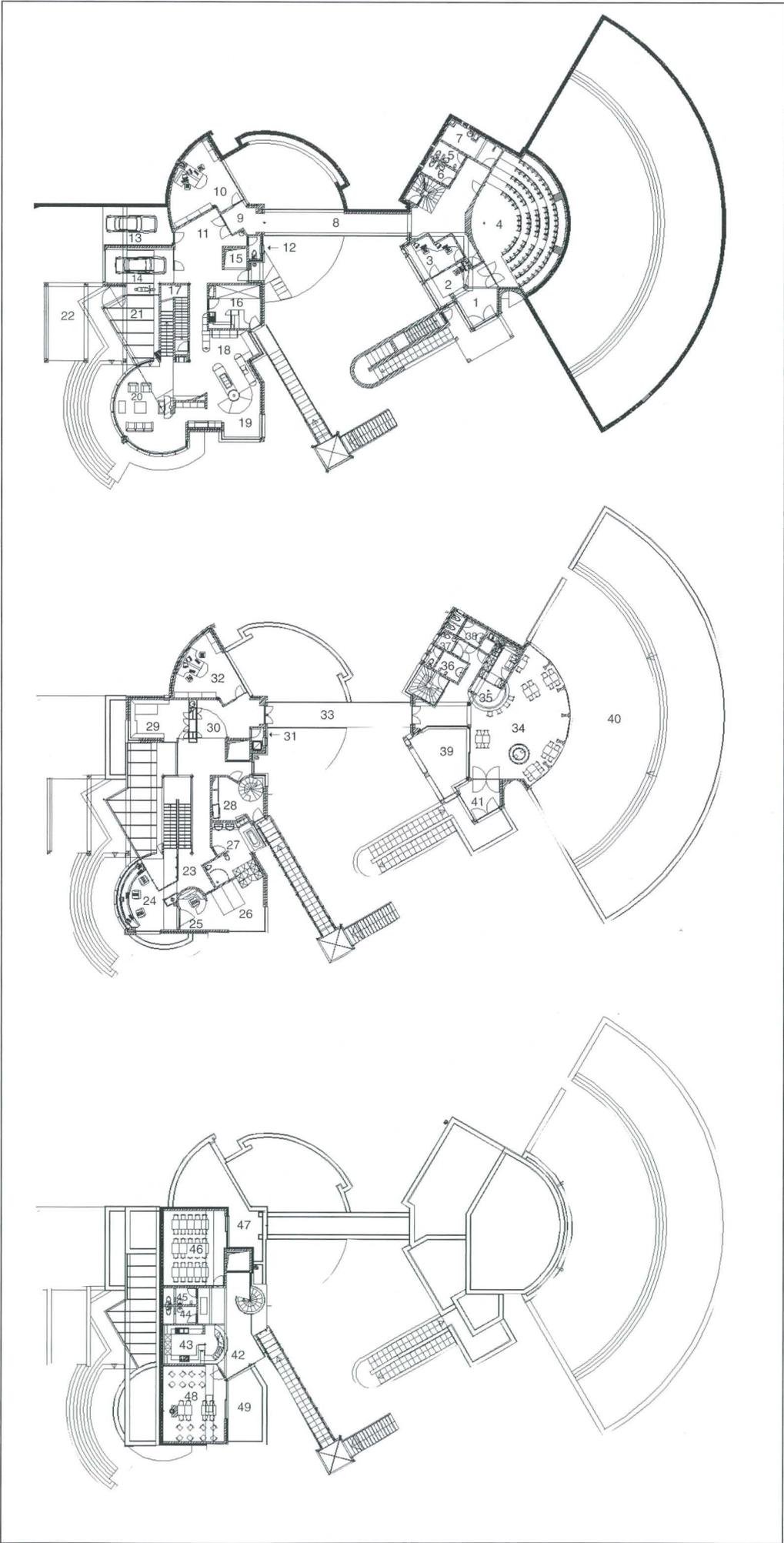
- Dans le domaine de l'apparence, la créativité du concepteur joue un rôle déterminant. En effet, comme le béton peut être coulé et qu'il existe des granulats de toutes les couleurs, il est en principe possible de réaliser n'importe quelle forme en n'importe quelle couleur. Ainsi la demande d'une plus grande variation de formes stimule la recherche de systèmes de coffrage adaptables et polyvalents et de méthodes plus efficaces de parachèvement de la surface du béton (lavage, traitement à l'acide, polissage, etc.).

- La réglementation et la certification des différents matériaux liés au ciment évoluent constamment. Les produits porteurs de la marque BENOR sont de plus en plus présents sur le marché. L'utilisateur a ainsi à sa disposition un nombre croissant de produits dont les caractéristiques satisfont aux prescriptions de la norme.

Les industries du ciment et du béton s'apprentent à relever le défi de demain en anticipant sur la construction du futur. Il va donc de soi que l'industrie cimentière, en collaboration avec des producteurs de matériaux liés au ciment, se soit associée à ce projet, qui se veut plateforme de réflexion sur le futur.

*La nature de la structure
portante est résumée
dans la forme de la façade
sud-ouest.
Des portiques au-dessus
de la terrasse et les parties
vitrées débordantes
extériorisent le squelette
portant...*





Rez-de-chaussée

- 1 Entrée
- 2 Comptoir
- 3 Secrétariat
- 4 Auditorio
- 5 Toilettes hommes
- 6 Toilettes dames
- 7 Débarras
- 8 Zone de circulation
- 9 Sas
- 10 Bureau du Futur
- 11 Hall d'entrée
- 12 Toilettes
- 13 Abri pour voiture
- 14 Garage
- 15 Gaine d'ascenseur
- 16 Local technique
- 17 Cave
- 18 Cuisine
- 19 Coin à déjeuner
- 20 Séjour
- 21 Jardin d'hiver
- 22 Terrasse

Premier étage

- 23 Hall
- 24 Bureau à domicile
- 25 Rotonde
- 26 Chambre à coucher
- 27 Salle de bain
- 28 Accès aux salles
- 29 Chambre d'enfants
- 30 Local de fitness
- 31 Douche
- 32 Bureau du Futur
- 33 Zone de circulation
- 34 Cafétaria
- 35 Bar
- 36 Toilettes hommes
- 37 Toilettes handicapés
- 38 Toilettes dames
- 39 Terrasse intérieure
- 40 Terrasse
- 41 Sas

Deuxième étage

- 42 Accueil
- 43 Bar
- 44 Toilettes hommes
- 45 Toilettes dames
- 46 Salle 2
- 47 Terrasse salle 2
- 48 Salle 1
- 49 Terrasse salle 1

Concept

Pour gagner des participants potentiels à l'idée «Maison du Futur», le bureau d'architectes Beliën avait besoin d'un projet concret. A défaut de maître d'oeuvre et sans connaissance des exigences et des souhaits des firmes et institutions participantes, cette mission n'avait rien d'une sinécure. A l'origine, même le terrain n'était pas connu. Toutefois, un certain nombre de points de départ étaient bien définis. Il s'agirait d'une maison pour une famille imaginaire avec un enfant, une maison hors du commun, à la fois habitation, lieu d'exposition et podium, une maison dans laquelle le visiteur se déplacerait en suivant un parcours avec un début et une fin. Elle serait flexible, adaptable, extensible; sa structure portante devrait se distinguer des éléments de cloisonnement... Le concepteur traça d'abord une droite et la désigna comme axe du temps. Ensuite, il dessina un cercle centré sur cet axe et à l'intérieur duquel il localisa l'auditorium, début du parcours. De là, les visiteurs se trouveraient transportés de manière fictive vers un moment précis dans le futur. A l'endroit où la maison est greffée sur l'axe du temps, le concepteur dessina un deuxième cercle et, tangent à l'axe, un rectangle dans lequel vint s'imbriquer un carré. A partir de cet ensemble de formes géométriques intemporelles de base, il développa des volumes prismatiques et cylindriques qu'il modela enfin de façon à obtenir un ensemble harmonieux. Le chemin menant de l'ébauche du projet à sa réalisation ne fut pas rectiligne, mais tributaire des résultats des contacts avec les firmes potentiellement participantes. Le ciment devint progressivement le liant des éléments de la maison: murs de soutènement, structure portante et aménagement extérieur en béton coulé sur place, éléments de plancher en béton préfabriqué, murs en béton cellulaire recouverts d'enduit minéral, escalier en béton architectonique, etc. Toutefois, chaque participant avait ses propres exigences et désirs qui devaient être, dans la mesure du possible, incorporés au projet, entraînant par là une fragmentation du concept global. Cela explique peut-être pourquoi Colette Demil écrit: «L'objectif de Living Tomorrow n'était pas de réaliser un projet futuriste mais plutôt de servir de vitrine à des matériaux, des produits et des techniques qui, chacun dans un domaine spécifique, se sont souciés d'être innovateurs et qui continuent à l'être».¹⁰



La maison serait flexible, adaptable, extensible, avec une distinction entre éléments porteurs et cloisons...

Applications du ciment et des matériaux liés au ciment

Colonnes et poutres

La forme de la façade sud-ouest met en exergue la structure portante. Les portiques au-dessus de la terrasse et les larges surfaces vitrées en saillie laissent apparaître l'ossature portante. Le jeu complexe des poutres et des colonnes s'exprime pleinement dans les dessins (réalisés à l'aide du programme CAO de ARKEY) et dans les photographies illustrant le présent bulletin.

Le béton utilisé a une résistance caractéristique à la compression de 37 N/mm². Cette valeur, relativement élevée, visait à réduire les sections des colonnes et des poutres de manière à rendre la structure plus légère. Les illustrations montrent également comment le béton se prête à la réalisation de détails complexes, tels les points de jonction entre poutres et colonnes, la transition entre poutres de hauteurs différentes, l'intégration des porte-à-faux, le passage d'éléments droits à des éléments arrondis, etc..

Sols

Au-dessus de l'escalier longeant le jardin d'hiver, le faux-plafond a été laissé partiellement transparent, révélant seulement une partie des 674 éléments préfabriqués de plancher présents dans le complexe et qui recouvrent les 1456 m² totaux de planchers. Environ 45 % des hourdis sont en béton armé, le reste est en béton précontraint. Leur dimensionnement est basé sur une charge utile variant de 4 à 7 kN/m². Un certain nombre d'espaces du complexe ayant un contour arrondi, la moitié des hourdis ont été biseautés à leur extrémité. La largeur des hourdis est toujours la même, c'est-à-dire 60 cm; la longueur varie entre 1,15 m et 8,65 m et la face inférieure a toujours une finition lisse.

Ces chiffres confirment ce qui ressort clairement des plans de pose: la méthode de production des planchers préfabriqués est devenue si flexible qu'elle peut répondre sans problème à la demande des architectes de couvrir toutes sortes d'espaces complexes.

L'utilisation de hourdis pour l'édification de la toiture en quart de cercle et celle de petits éléments de plancher pour les marches de l'escalier extérieur menant à la cafétéria, constituent des applications inhabituelles.

Les sols ont été, entre autres, parachevés au moyen de carreaux en mosaïque de marbre, fabriqués à base de granulats ayant une résistance élevée à l'usure, de matières fines, de ciment blanc et de colorants spécialement sélectionnés. Le polissage de la surface a rendu visible la structure granulaire, conférant aux carreaux un aspect lisse et brillant nécessaire et, en fin de compte, l'apparence gris-bleu du marbre.

Murs

Les murs de la cave sont réalisés en blocs de béton maçonnés. Au rez-de-chaussée et aux étages, des blocs de béton cellulaire collés ont été utilisés pour la construction des cloisons nécessaires. Les murs extérieurs sont constitués d'une double paroi en béton cellulaire. Des panneaux nus en laine de roche rigide comblent le vide. Contrairement au béton classique, dans lequel le ciment lie les granulats en présence d'eau, le béton cellulaire est issu d'une autre réaction chimique. En effet, en ajoutant de l'eau et de la poudre d'aluminium à un mélange de ciment, de sable et de chaux vive, il se forme des bulles d'air qui font gonfler le mélange. Ces bulles restent présentes après le durcissement du mélange réalisé en autoclave et sont res-

ponsables de la faible masse volumique du béton cellulaire. C'est la raison pour laquelle ce béton présente, par rapport au béton classique, un coefficient de conductivité thermique moins élevé et une capacité portante plus faible.

La paroi extérieure autoportante a été revêtue d'un enduit minéral de parement (fabriqué à base de ciment blanc, de chaux, de sable siliceux, de sable calcaire, d'additifs et de pigments). L'enduit monocouche est coloré dans la masse. Diverses couleurs et finitions sont possibles.

Escaliers

L'escalier en colimaçon, reliant le premier et le deuxième étage, est composé d'éléments préfabriqués. Tel un éventail déplié, les marches s'articulent les unes sur les autres pour former une imposante spirale. La forme résulte de la fonction; épurée, elle révèle l'essentiel. Le béton préfabriqué est également dégagé de sa peau. En supprimant cette pellicule et en polissant la surface, l'essence du béton est mise à nu, ainsi que la beauté intrinsèque des granulats enrobés d'une matrice en ciment.

L'escalier qui relie le rez-de-chaussée de la maison au premier étage est en béton coulé sur place, parachevé avec des carreaux en mosaïque de marbre.

Béton "imprimé"

Des pavés et dalles de formats divers dans les nuances de gris relient la maison à la rue et au jardin, du moins en apparence. En réalité, les visiteurs foulent un sol recouvert de motifs imprimés dans la couche supérieure d'une dalle en béton coulée sur place.

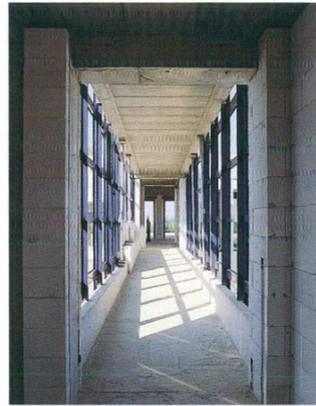
Les étapes du procédé sont les suivantes. D'abord, une dalle est coulée; la composition du béton (classe de résistance, classe d'exposition, diamètre des granulats de 20 mm maximum) est choisie en fonction de l'application particulière en tenant compte de l'environnement précis. Après le coulage, la surface est lissée. Immédiatement après le lissage, un durcisseur coloré spécial (une poudre à base de ciment, de quartz et de pigments inorganiques) est répandu et incorporé à la couche supérieure au moyen d'une taloche. Après l'épandage d'une poudre de démoulage, des matrices sont appliquées sur la dalle et donnent à la surface du béton sa forme et sa texture souhaitées.

Les joints de retrait nécessaires sont sciés environ vingt-quatre heures plus tard (durée d'attente dépendant des conditions climatiques). Après durcissement, la surface est nettoyée puis recouverte d'une couche de résine acrylique obturant tous les pores résiduels. La couche supérieure ainsi obtenue est étanche, durable et de couleur inaltérable. La forme, la couleur et la texture peuvent être librement choisies. Les potentialités de ce procédé vont donc bien au-delà d'une simple imitation des pavages existants...

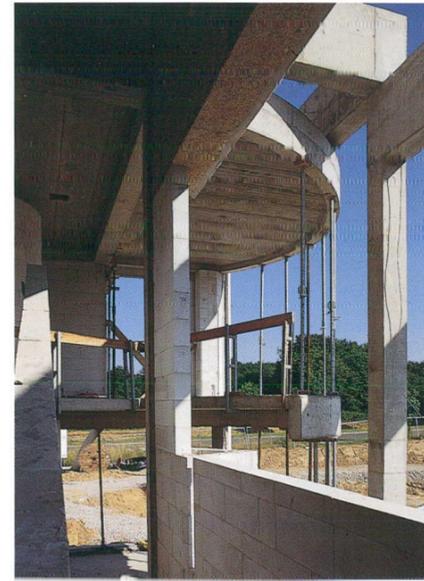
Murs de soutènement

Les cercles imaginaires sur la ligne de temps (voir concept) sont devenus des murs de soutènement en béton. Le premier ceinture l'auditorium, le second délimite la pièce d'eau attenante à la maison. Le béton utilisé a une résistance caractéristique à la compression de 27 N/mm² et répond aux exigences de la classe d'exposition 2b "Environnement humide avec gel" comme stipulé dans la norme NBN B15-001 sur les bétons.

Structure, colonnes, poutres, éléments de plancher.



Un double couloir constitué de poutres et hourdis relie l'auditoire à la maison du futur.



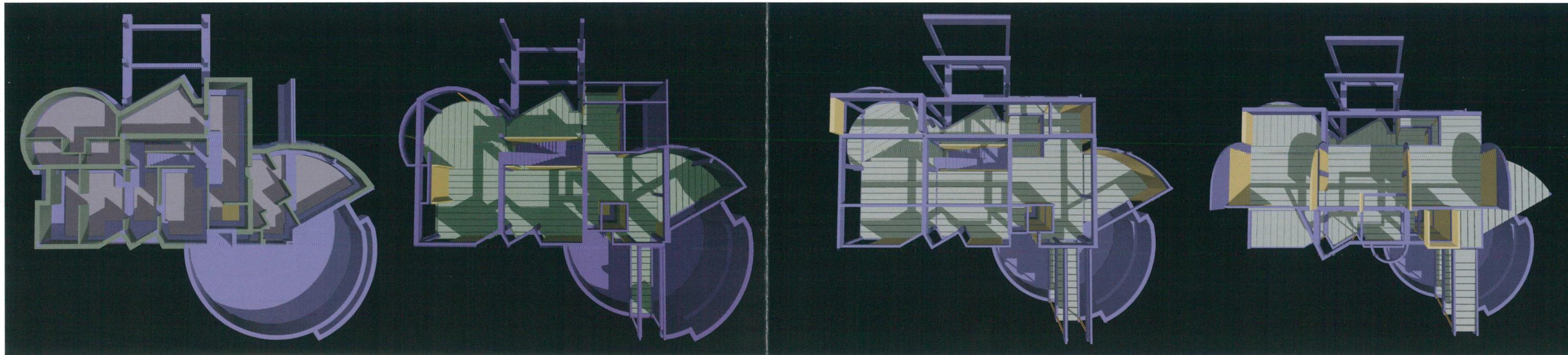
Le «home office» (premier étage) vu de l'escalier.



Le «home office» vu du couloir au premier étage.

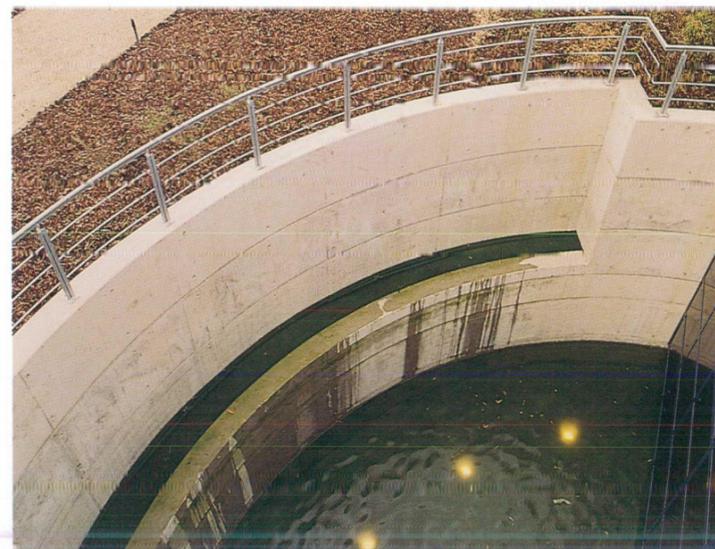


La construction du plancher de l'auditoire profilé en gradins est constituée de hourdis posés sur des murs en blocs de béton.

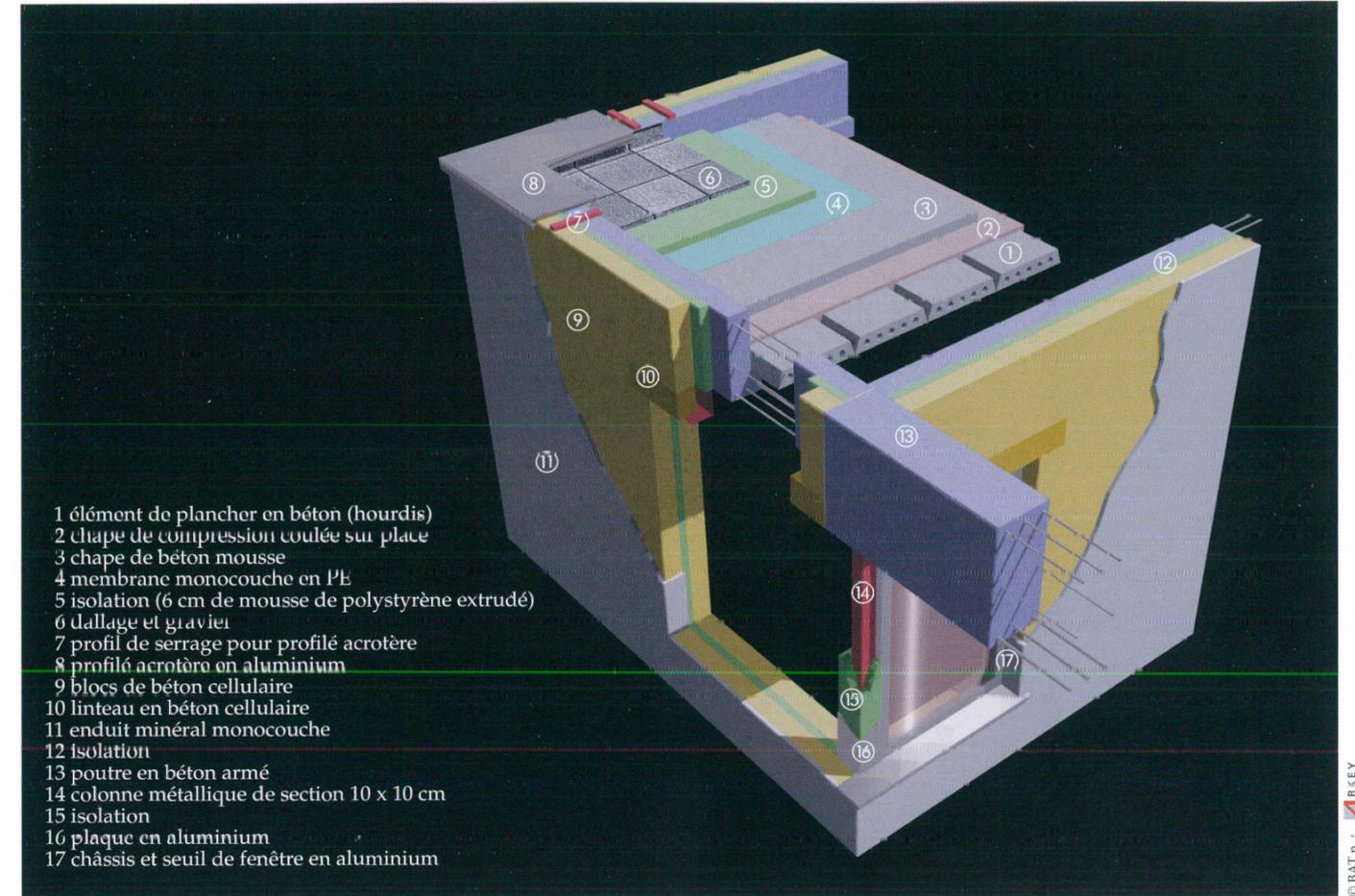


Murs de soutènement

Les cercles imaginaires sur la « ligne du temps » sont devenus des murs de soutènement...



Détail de construction du mur et de la toiture de la chambre d'enfants au niveau du premier étage



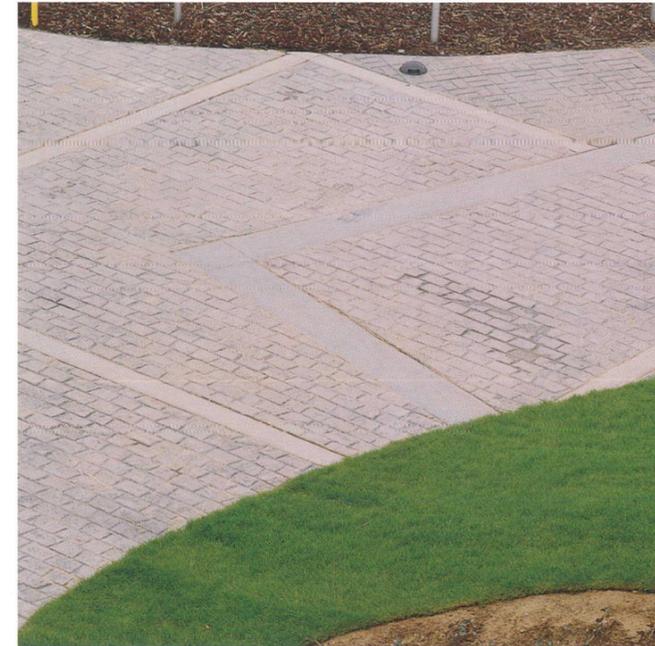
Maçonnerie et enduit.



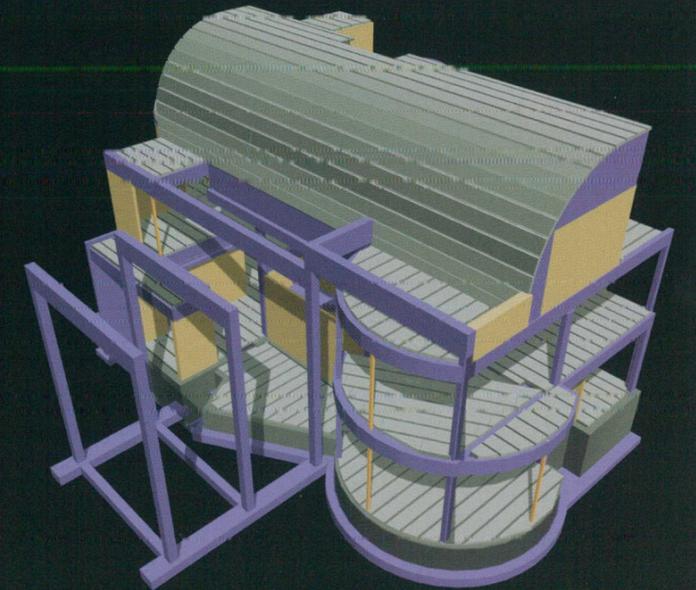
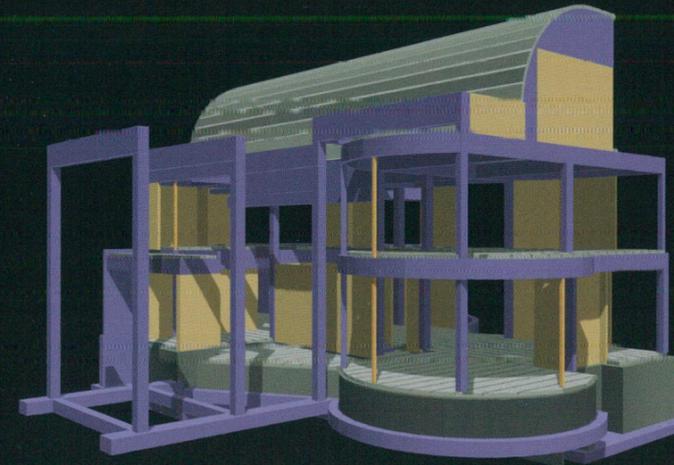
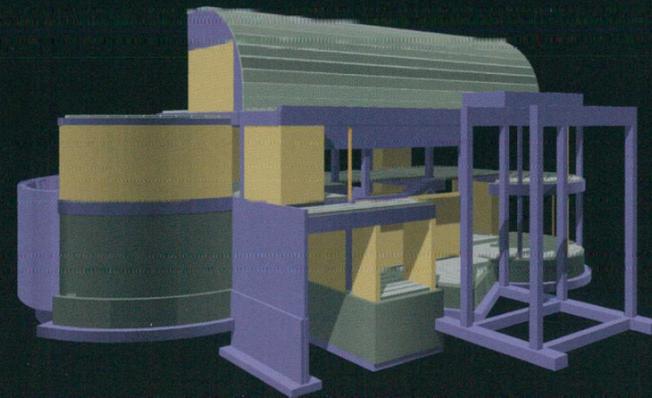
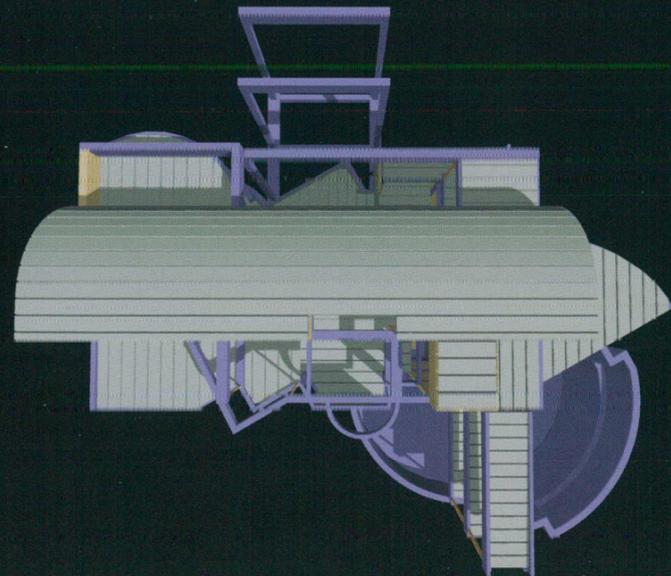
Feu ouvert et
escalier vus du
coin-salon.



Béton imprimé.

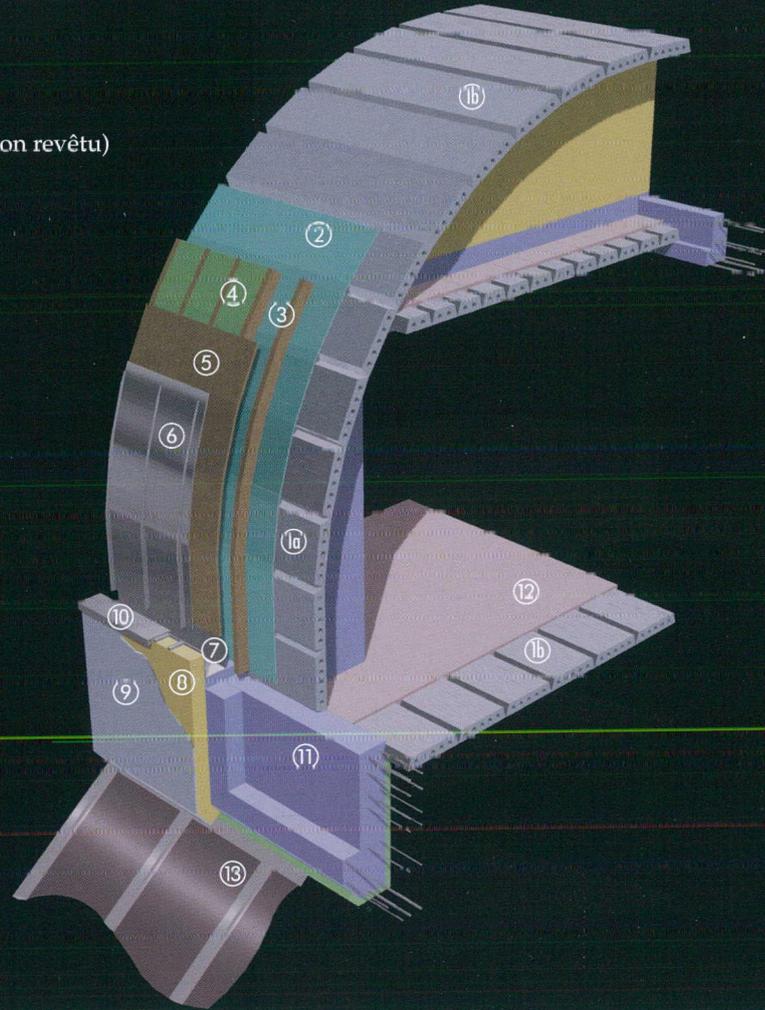


La forme, la couleur et
la texture du béton
« figuratif » sont librement
définissables.
Les possibilités de ce procédé
vont donc au-delà de la
simple imitation des produits
de pavement existants...

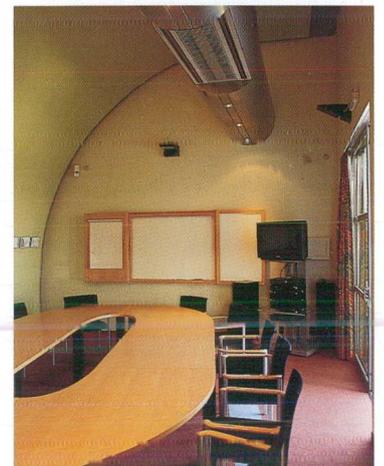


Détail de construction du plancher et de la toiture des salles au niveau du deuxième étage.

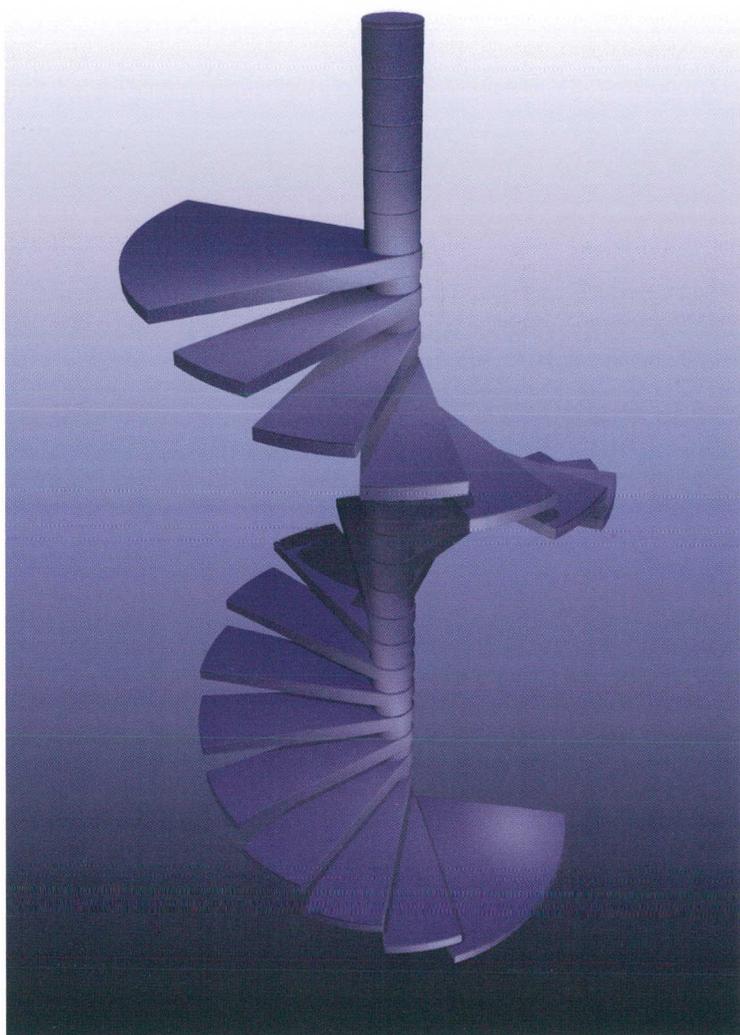
- 1 élément en béton:
 élément pour paroi verticale (1a)
 élément pour plancher (1b)
- 2 pare-vapeur
- 3 chevron en bois cintré
- 4 isolation (matelas de laine de verre de 12 cm non revêtu)
- 5 voligeage 4/4"
- 6 couverture en zinc prépatiné à « joint debout »
- 7 gouttière en zinc
- 8 blocs de béton cellulaire
- 9 enduit minéral monocouche
- 10 profilé acrotère en aluminium
- 11 poutre en béton armé
- 12 chape de compression
- 13 verrière en aluminium



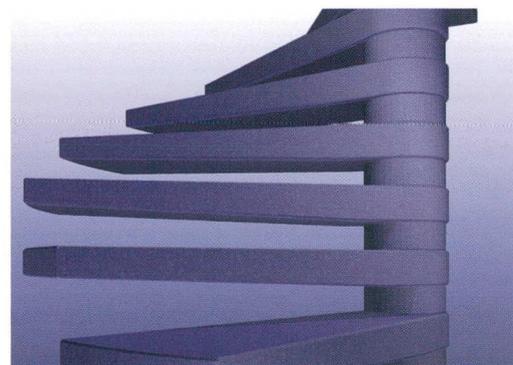
© BAT nv. RKEY



Escalier en béton architectural.



© BAT nv. **A** KEY



*... Tel un éventail déplié,
chaque élément s'empile
sur le précédent pour
former une spirale solide...*

Informations techniques

Architecte :

Studiebureau Beliën,
Begonialaan 21, 3550 Heusden-Zolder,
tél. (011) 20 05 09

Bureau d'études :

Wygarts,
Voortstraat 102, 3582 Beringen,
tél. (011) 42 44 88

Entrepreneur :

Moeskops,
Schoebroekstraat 52, 3583 Paal,
tél. (011) 43 44 55

Participants du secteur du ciment et des matériaux liés au ciment :

FEBELCEM (Fédération de l'Industrie Cimentière Belge) a fourni, via ses membres, du ciment et a prodigué ses conseils sur les applications des matériaux liés au ciment. Le béton coulé sur place provenait des centrales d'Inter-Beton, de Readymix et de CCB.

éléments de planchers préfabriqués :

ECHO - Donderslagweg 25 - 3530 Houthalen
tél. (089) 84 03 11 - fax (089) 38 54 36

escalier en béton architectonique poli et carrelages en mosaïque de marbre :

MARBRA-LYS - Spinnerijstraat 25 - 8530 Harelbeke
tél. (056) 21 17 84 - fax (056) 20 14 45

aménagement extérieur en béton imprimé :

INCRÈTE VANDEVELDE

Informatie; Rifo hoha - Molijkestraat 17 - 3272 Meebeek
tél. (013) 77 50 83 - fax (013) 78 14 49

blocs de béton cellulaire :

YTONG - Kruibeeksesteentweg 24 - 2070 Burcht
tél. (03) 252 77 01 - fax (03) 253 08 47

enduit minéral :

KNAEPEN - Olmenbosstraat 25 - 3511 Hasselt-Kuringen
tél. (011) 25 22 48 - fax (011) 87 20 92



Cette publication a pu être réalisée grâce à la collaboration de BAT NV, le fournisseur belge du programme de CAO ARKEY.

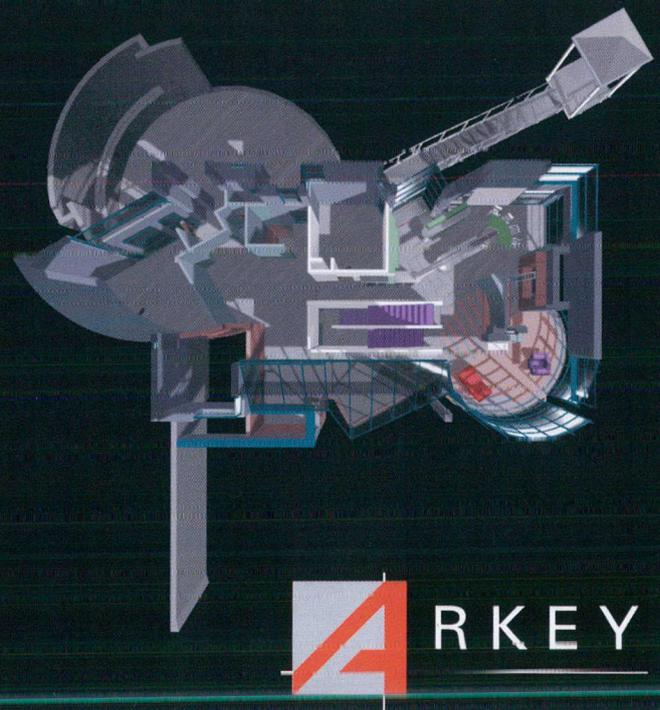
Cette société présente son programme en ces termes :

"Le programme de CAO ARKEY est conçu pour et par des architectes. ARKEY est complet et flexible et fait partie des systèmes de CAO les plus performants présents sur le marché. Qu'il s'agisse de dessins en 2D ou 3D, au stade de conception ou d'exécution, de visualisations en couleurs ou de descriptifs, tout est réalisé avec le système de CAO standard qui est plus qu'un simple système de dessin.

Grâce à sa connexion à une banque de données bidirectionnelle, il forme la base d'un "système complet de traitement de l'information à tous les stades de la construction" (Facility Management).

La modification d'un dessin entraîne automatiquement la mise à jour de la banque de données et vice versa.

Le programme CAO ARKEY compte parmi les méthodes de conception les plus avancées. C'est pourquoi BAT NV se devait de participer au projet "La Maison du Futur". Tous les plans de "La Maison du Futur" ainsi que tous les dessins de cette publication ont été réalisés avec le programme CAO ARKEY."





ce bulletin est publié par:
FEBELCEM - Fédération de
l'Industrie Cimentière Belge
rue Volta 8 - 1050 Bruxelles
tél. (02) 645 52 11
fax (02) 640 06 70
www.febelcem.be

auteur:
ir. arch. Jef Apers

layout:
arch. Dominique Nihoul

photographie:
Paul De Prins

dessins:
BAT NV

éditeur responsable:
J.P. Latteur

dépôt légal:
D/2003/0280/13
(réimpression, novembre 2003)

BIBLIOGRAPHIE

- ¹ DEMIL C. ; VAN LEUVEN B.
Living Tomorrow. Het Huis van de Toekomst. La Maison du Futur
Zellik : Roularta Books / VIF Editions / Living Tomorrow, 1995, 113 p.
- ² MESKENS J.M.
De nieuwe woonmachine. Colette Demil schetst huis van morgen
Standaard der Letteren, 18 januari 1996, 1 p.
- ³ VAN SYNGHEL K.
Wonen op afstand. Wat voor toekomst herbergt Het Huis van de Toekomst?
De Standaard Magazine, 23 februari 1996, p. 23-26
- ⁴ ACKER P.
Le béton : des matériaux pleins d'avenir
Instantanés Techniques, juin 1996, p. 132-135
- ⁵ RICHARD P.
Reactive powder concrete: a new ultra high strength cementitious material
Béton de poudres réactives: une nouvelle matrice cimentaire à très haute performance
Paris : Presses de l'ENPC, 1996
Fourth International Symposium on the Utilization of High Strength/ High
Performance Concrete, 29-31 May 1996, Paris, Association française pour la
construction, Association française de recherches et d'essais sur les matériaux
et les constructions, Ecole nationale des ponts et chaussées, vol. 2, p. 357-366
- ⁶ SCHUURMANS A.
De milieumaten van beton
Cursus 'Nieuwe ontwikkelingen rond het materiaal beton', 9-10-11 januari 1996,
Stichting Postacademisch Onderwijs Civiele Techniek en Bouwtechniek,
Technische Universiteit Delft
- ⁷ HUYBRECHTS D. ; CEUTERICK D. ; WOUTERS G.
Levenscyclusanalyse en ecodesign
Energie & Milieu, 12e a., nr. 2, maart/april 1996, p. 72-81
- ⁸ DE PAUW C.
Bouw- en sloopafval hergebruiken vereist strikte regelgeving
Het ingenieursblad, nr. 2, februari 1995, p. 30-32, 34-39
- ⁹ MAYER L.
Beton - keine Gefahr für Boden und Grundwasser
Beton- und Stahlbetonbau, 89e a., Heft 3, März 1994, p. 64-69
- ¹⁰ voir référence 1