

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 121 (1995)
Heft: 8

Sonstiges

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

La fin d'un gigantesque dérapage technologique

Le nouvel aéroport de Denver entre enfin en service

Denver International Airport (DIA), à Denver, dans le Colorado, devait être l'aéroport de tous les superlatifs. Qu'on en juge:

- sa surface atteint 136 km², soit le double de celle de l'île de Manhattan, à New York;
- celle de ses six pistes et des voies de roulage est égale à celle d'une simple voie d'autoroute qui irait de Denver à Chicago (1466 km à vol d'oiseau!);
- la surface utile de l'ensemble des bâtiments dépasse 600 000 m²;
- l'aile C de l'aérogare est longue de 1,1 km;
- 5 km de tunnels assurent la liaison entre les différents bâtiments;
- 700 caméras de télévision en circuit fermé surveillent un millier de portes;
- le système de détection d'incendie et d'alarme comporte 12 000 capteurs reliés à un circuit de 11 ordinateurs;
- 1400 écrans de TV servent à informer le public sur les mouvements d'avions et les bagages;
- l'aéroport pourra recevoir par tous les temps jusqu'à 92 avions par heure, soit le triple de ce que pouvait accueillir *Stapleton*, qu'il remplace;
- la taxe d'aéroport passe à US\$18,50 par passager, alors qu'elle était de US\$6-7 à *Stapleton*;
- un réseau ferré automatique de 34 km devait convoier jusqu'à 1400 bagages à la minute, soit entre avion et aérogare ou vice et versa, soit entre avions en correspondance, à la vitesse de 35 km/h.

C'est précisément le système de transfert des bagages entièrement piloté par ordinateur qui a conduit à ajouter à cette liste de superlatifs des chiffres tout aussi vertigineux, mais moins glorieux. D'un coût initial de 193 millions US\$, il a connu des problèmes de mise au point tels qu'on a estimé que ses concepteurs, *BAE Automated Systems*, ont affronté des difficultés pires que celles des plus complexes projets recourant au pilotage par ordinateur dans les domaines de la défense ou de l'aérospatiale!

Ce système comporte 3500 wagonnets, propulsés par moteur linéaire, dont le routage sur les 34 km du circuit est assuré par 55 ordinateurs et surveillé par 56 scanners à laser pour la lecture de codes barres. Les premiers essais ont été un fiasco: bagages éjectés des wagonnets et encombrant les voies, lecture lacunaire de codes barres renvoyant les wagons sur le circuit et causant des collisions. La pression sur les concepteurs était matérialisée par un manque à gagner d'un million US\$ par jour de retard dans la mise en service du système, sans lequel il était impossible d'ouvrir l'aéroport

au trafic. A la décharge des constructeurs de ce monstre, il faut relever que le contrat pour son développement et sa réalisation leur a été attribué à un moment où l'aéroport lui-même était déjà à moitié terminé, de sorte que l'implantation du système dans les bâtiments devait répondre à des contraintes supplémentaires.

L'ouverture de l'aéroport, prévue pour octobre 1993, a dû être retardée de 16 mois jusqu'à ce que le transfert automatique des bagages fonctionne enfin, toutefois à une vitesse réduite de 36 à 27 km/h. La capacité est actuellement de 600 bagages à la minute, ce chiffre devant être porté plus tard à 1000/min et il faudra 15 minutes à un bagage pour aller de l'avion à l'aérogare où son propriétaire le récupérera.

Avec l'atterrissage du premier avion régulier, dans une tempête de neige, à 6 h du matin le 28 février dernier, c'est un cauchemar qui s'achève¹.

Il en reste aujourd'hui un aéroport gigantesque, le premier à être ouvert aux Etats-Unis depuis plus de 20 ans, et une facture finale de 4,9 milliards de dollars. Les soucis des constructeurs et des exploitants du système de transfert des bagages ne sont pas pour autant tout à fait terminés. En effet, pour l'instant seuls les bagages en partance sont transportés par ce système; à l'arrivée, ce sont encore les chariots traditionnels, remorqués par tracteur, qui assurent ce service: *safety first*...

Les limites de la technique

La conception et la réalisation de l'avion le plus complexe et le plus performant de l'histoire de l'aviation, le Lockheed SR-71², ont été l'oeuvre d'un ingénieur dont la devise était *KISS (Keep It Simple, Stupid)*.

Ce n'est de toute évidence pas le principe qui a présidé à la construction du système de transfert des bagages de DIA. Certes, les dimensions et la capacité de l'aéroport posaient des problèmes d'un ordre de grandeur entièrement nouveau. Mais ici comme dans d'autres grands projets récents, l'intégration des ordinateurs et la conception des logiciels pour leur adaptation à la pratique ont été largement sous-estimées: un processeur - et à plus forte raison une centaine de processeurs - ne saurait être plus intelligent que celui qui l'a programmé et dont la distance à la pratique est souvent trop grande.

La solution raisonnée du problème posé doit absolument précéder son attaque au moyen de l'artillerie de l'informatique.

¹On notera pour la petite histoire que cet avion n'a pas pu débarquer ses passagers à la porte qui lui était assignée, un micro-interrupteur défectueux ayant bloqué le fonctionnement de la passerelle couverte...

²IAS N° 21 du 5 octobre 1988: «Retraite anticipée pour un avion extraordinaire»; IAS N° 22 du 18 octobre 1988: «Plus vite, plus haut: le Lockheed SR-71 en service»

Prix ATU 1995: le jury a tranché!

Le Prix culturel bernois «Architecture, technique et environnement» est attribué tous les deux ans à des projets exemplaires réalisés dans le canton de Berne. Sous la direction de Werner Müller, le jury, composé de spécialistes de toute la Suisse, a décerné cette année quatre prix et neuf distinctions.

Le Prix ATU a récompensé les quatre projets et réalisations architecturales suivants: le jardin d'enfants Morillon à Wabern (architectes: Bauart Architekten; mandat de la commune de Köniz); la rénovation de l'agrandissement de la Régie fédérale des alcools à la Länggasse à Berne (bureau d'architecture: Rolf Mühlethaler); la transformation et la rénovation d'une ancienne fabrique de parquets destinée à recevoir des classes pré-professionnelles à Berne (architectes: Lang + Lerch; mandat de la Direction de l'urbanisme et des travaux publics de la Ville de Berne); la nouvelle construction de l'entreprise ABC A. Boss + Co. AG à Schönbühl-Urtenen (architectes: Atelier Cube, Lausanne).

Toujours dans le domaine de l'architecture, quatre distinctions ont été attribuées aux travaux suivants: le jardin d'enfants Lerchenfeld à Thoune (architectes: Architekturwerkstatt 90, Thoune; mandat de la commune de Thoune); la transformation d'Uni Tobler (architectes: Cléménçon, Herren et Roost; mandat de la Direction des travaux publics, des transports et de l'énergie du Canton de Berne); la rénovation de la chapelle du cimetière de Schlosshalde à Berne (architectes: Ulrich Stucki + Partner, Berne; mandat du Conseil communal de la Ville de Berne); l'agrandissement du cimetière de Bümpliz (architectes: Schweizer et Hunziker; mandat du Service des parcs et promenades de la Ville de Berne).

Dans le domaine technique, une distinction est revenue au pont sur l'autoroute N1 au Grauholz (bureau d'ingénieurs: Marchand & Partner; mandat de la Direction des travaux publics, des transports et de l'énergie du canton de Berne). Pour l'aménagement du territoire, c'est le plan d'aménagement de la région de Wuhr à Langenthal (bureau A.D.P., architecture, design et conception, Zurich; mandat de la commune de Langenthal) qui s'est vu attribuer une distinction.

Enfin, dans le domaine mixte architecture, architecture d'intérieur et design, trois distinctions ont été décernées aux objets suivants: la transformation du Café Fédéral (architectes d'intérieur: Ursula Staub-Feller et Eva Müller-Sturm; mandat de Zebet AG); la transformation de la galerie-exposition de bijoux Michèle Zeller à Berne (architectes: Fritz Schär et Michael Smolensky); un cabinet médical collectif à Bienne (architectes: BAUZEIT; mandat de M. Girod et A. Thonnen).

A l'occasion de la remise officielle du Prix ATU, le 29 mai 1995, au Kornhaus de Berne, toutes les réalisations primées seront présentées en détail.

Nominations à l'EPFL

Le Conseil des EPF a récemment procédé à la nomination des professeurs suivants.

Patrick Aebischer, professeur titulaire - Un pont entre ingénieurs et médecins

Patrick Aebischer, professeur à la Faculté de médecine de l'Université de Lausanne, médecin-chef de la division autonome de recherche chirurgicale du Centre hospitalier universitaire vaudois de Lausanne, a été nommé professeur titulaire à l'EPFL où il donne depuis 1994 un cours sur les biomatériaux. Spécialisé dans l'étude des biomatériaux capables d'induire la régénération du tissu nerveux, le professeur Aebischer s'intéresse également aux développements de matériaux intelligents, c'est-à-dire capables d'interagir spécifiquement avec des cellules nerveuses.

Sa nomination correspond à la volonté de l'Université de Lausanne et de l'EPFL de favoriser des collaborations de recherche dans un domaine où les perspectives de développement industriel sont très prometteuses. Le génie biomédical fait appel à plusieurs compétences qu'il s'agit de réunir: la médecine, la biologie moléculaire et la science de l'ingénieur, en particulier celle des matériaux. Des collaborations sont déjà engagées entre la division autonome de recherche chirurgicale du CHUV et l'EPFL, où l'équipe du professeur Aebischer travaille notamment avec le Laboratoire d'optique appliquée au développement d'un pancréas artificiel, avec l'Institut de micro et d'optoélectronique pour développer un capteur neurologique et avec l'Institut de microtechnique pour réaliser, au moyen du robot Minerva, l'encapsulation de cellules nerveuses par des membranes synthétiques semi-perméables permettant de prévenir le rejet immunitaire. Par ailleurs, le professeur Aebischer a engagé d'importantes collaborations avec le Département des matériaux de l'EPFL pour la mise au point de biomatériaux. Le CHUV manipule des matériaux avec des protéines et l'EPFL fournit ses compétences technologiques dans l'analyse chimique de surface.

La collaboration entre le CHUV et l'EPFL doit permettre de former des scientifiques capables de comprendre à la fois les problèmes médicaux, biologiques et ceux liés aux sciences de l'ingénieur. Plus concrètement, la nomination de Patrick Aebischer comme professeur titulaire de l'EPFL lui donne la possibilité de diriger des thèses de doctorat en sciences techniques à l'EPFL. Actuellement, plusieurs doctorants de l'EPFL travaillent au CHUV,

mais ne peuvent évidemment ni être docteur en médecine, ni en biologie, à moins de suivre le cursus complet des études. Si les Etats-Unis connaissent déjà ce type de formation interdisciplinaire, la Suisse n'est en qu'à son début.

Le développement de biomatériaux est l'un des objectifs du programme prioritaire de recherche sur les matériaux et d'importantes entreprises industrielles suisses s'intéressent à ce domaine *high-tech* où la valeur ajoutée est très importante.

Martin Hasler, circuits et systèmes

M. Hasler, né en 1945, a été nommé en qualité de professeur extraordinaire en circuits et systèmes au Département d'électricité de l'EPFL où il entrera en fonction le 1er avril 1996.

Ayant obtenu en 1969 à l'EPFZ le diplôme de physicien, il est y engagé comme assistant à l'Institut de physique théorique et obtient le titre de docteur ès sciences en 1973 pour une thèse dans le domaine de la mécanique statistique quantique. Il poursuit des recherches en physique théorique au *Bedford College* de l'Université de Londres.

En 1974, il rejoint la chaire des circuits et systèmes de l'EPFL où il oriente ses activités de recherche vers les sciences de l'ingénieur en général et vers la théorie des circuits en particulier. Il étudie les filtres électriques, le thème central de recherche du groupe du professeur Neiryck. Le livre «Filtres électriques», paru en 1981 et dont il est coauteur avec J. Neiryck, marque le point final de ces projets de recherche.

En 1979, il se tourne vers un nouveau domaine d'études, les circuits non linéaires. Pour son travail sur l'existence et l'unicité des points de repos dans les circuits électroniques, il reçoit le prix du meilleur travail 1986 de l'*International Journal of Circuit Theory and Applications*. Pendant cette période, il redécouvre le comportement chaotique dans les circuits électriques, phénomène étudié par les physiciens, mais pratiquement inconnu des ingénieurs électriciens. Il sensibilise les étudiants à l'EPFL et à l'étranger aux phénomènes non linéaires dans les circuits par l'enseignement et par le livre «Circuits non linéaires» (1985, coauteur J. Neiryck).

Le nouveau domaine des réseaux de neurones artificiels lui donne l'occasion d'utiliser les systèmes non linéaires à des fins techniques. Dans ce but, il collabore au groupe MANTRA (machines neuronales en tranches) de l'EPFL. D'autres projets, menés en collaboration avec des institutions en Suisse et à l'étranger, concernent la reconnaissance automatique de la parole et les supraconducteurs à haute température critique. Récemment, a il conduit des recherches visant à utiliser le comportement chaotique pour résoudre des problèmes de traitement du signal et de communications.

M. Hasler a été nommé «Fellow» soit la plus haute distinction de l'*IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)*, et il est pour deux ans éditeur de la revue internationale *IEEE Transactions on Circuits and Systems*. Il est le premier chercheur européen choisi pour cette importante fonction.

M. Hasler poursuivra ses travaux de recherche en circuits et systèmes non linéaires à l'EPFL et participera à l'enseignement des circuits et des systèmes, en particulier dans les sections d'électricité et de systèmes de communications.

Bertrand Merminod, topométrie

M. Merminod, né en 1958, originaire d'Essertines-sur-Rolle, a été nommé en qualité de professeur extraordinaire de topométrie au Département de génie rural de l'EPFL. Il entrera en fonction le 1er juin 1995.

Diplômé de l'EPFL (section génie rural et géomètre) en 1982, Bertrand Merminod effectue des stages dans les bureaux de géomètres ainsi qu'à l'Office fédéral de topographie. Il se familiarise alors avec les remaniements parcellaires, la mensuration cadastrale et la triangulation, puis obtient le brevet fédéral d'ingénieur-géomètre en 1983. Dans le cadre d'un bureau d'ingénieurs-conseils à Coire, il se spécialise en mensurations liées au génie civil. Le contrôle de déformation de barrages, la rénovation de tracés de routes et de voies de chemin de fer ainsi que l'informatique de terrain constituent alors l'essentiel de son activité.

En 1986, le Fonds national suisse de la recherche scientifique le soutient dans des travaux de recherche visant à optimiser l'usage des satellites du système de positionnement global (GPS) en mensuration. Il rejoint le groupe *Satellite Navigation and Positioning* à l'*University of New South Wales*, en Australie. Il y étudie les conditions géométriques régissant la résolution des ambiguïtés de cycles. La durée initiale de la bourse est étendue pour inclure les applications cinématiques. En 1989, il présente une thèse (*Master of Surveying*) portant sur l'usage des filtres de Kalman en navigation GPS.

L'appel du terrain le conduit au Lesotho, en Afrique australe, où il reprend la direction d'un projet de révision de cartes topographiques soutenu par la Direction de la coopération au développement et supervisé par l'Office fédéral de topographie. Les difficultés d'accès et la destruction avancée des points fixes du réseau trigonométrique rendent une rénovation globale incontournable. Les méthodes par satellites permettent alors de situer des points très durables en des endroits plus facilement accessibles. L'arrivée sur le marché de nouveaux récepteurs et l'avènement des techniques dites rapides permettent d'utiliser pleinement les méthodes d'optimisation dévelop-

pées précédemment, notamment pour le contrôle au sol des prises de vues aériennes. La formation du personnel local aux travaux topographiques et cartographiques ainsi que la collaboration avec les universités de la région jouent un rôle primordial. En 1993, il rentre au pays pour rejoindre la division *Aerial Visionics Systems* de *Leica* à Heerbrugg. Il conduit le marketing d'un système de gestion de vol photogrammétrique, un domaine où la navigation et le positionnement au moyen de GPS permettent des gains de productivité importants. L'accent est mis sur la cohérence de la chaîne de traitement des données, du plan de vol à l'aérotriangulation.

A l'EPFL, M. Merminod participera à l'enseignement dans les départements de génie rural et de génie civil. Ses travaux de recherche porteront sur les conditions nécessaires pour un usage efficace des nouveaux algorithmes de positionnement en mode cinématique au moyen de satellites, ainsi que sur l'intégrité des mesures de levées topométriques en vue de leur traitement à l'aide de systèmes d'information à référence spatiale. Le resserrement des liens avec l'EPFZ fait aussi partie de ses objectifs.

Pierre Stadelmann, professeur titulaire

Originaire de Escholzmatt (Lucerne), M. Stadelmann, adjoint scientifique au Centre de microscopie électronique de l'EPFL, est né en 1949 à Vevey. Il obtient son baccalauréat scientifique au gymnase de la Cité à Lausanne en 1968. En 1973, il obtient le diplôme de physicien à l'EPFL, avec un travail sur l'étude par microscopie électronique à balayage de la texture de recristallisation de l'argent de haute pureté.

De 1973 à 1977, M. Stadelmann est assistant du prof. W. Benoit au laboratoire de génie atomique de l'EPFL, où il obtient en 1978 le titre de Dr ès sciences, pour sa thèse sur les propriétés anélastiques des métaux de haute pureté.

En 1977, il est engagé par IBM Suisse et suit une formation d'ingénieur système. En 1979, il est nommé ingénieur au Centre interdépartemental de microscopie électronique de l'EPFL (CIME), où il prend en charge, en collaboration avec le professeur P.-A. Buffat, le développement des techniques de microscopie électronique à balayage et à transmission. De 1981 à 1985, il développe un logiciel d'analyse et d'interprétation des images de microscopie électronique à transmission et travaille à l'*Arizona State University* et à la *Rutgers University* en tant que *Research associate*. Il conduit l'installation en 1985 d'un microscope électronique à haute résolution qui vaudra au CIME d'être reconnu sur le plan international comme un centre d'excellence dans ce domaine. De 1987 à 1994, M. Stadelmann participe à l'installation des équipements qui font du CIME un institut unique en Suisse.

En 1989, M. Stadelmann est lauréat du prix Latsis, décerné pour le développement d'un logiciel de simulation et d'analyse des images de microscopie électronique à transmission, utilisé aujourd'hui dans de nombreux instituts de recherche universitaires et industriels. M. Pierre Stadelmann a été chargé de cours dans diverses écoles de microscopie électronique et a enseigné la microscopie électronique à transmission dans le cadre des cours de 3e cycle de physique organisés par le département de physique de l'EPFL.

Belfast-Glasgow-Liverpool - Voyage d'étude pour architectes et amoureux de l'Irlande

En 1993, un voyage d'étude organisé par le groupe spécialisé de l'architecture de la SIA (GSA) avait conduit les participants à Glasgow, Edimbourg, Belfast, Dublin et Birmingham. Il avait fait l'objet d'une contribution dans notre consoeur *Schweizer Ingenieur und Architekt*¹.

Les Romands se voient offrir l'occasion de découvrir ou de retrouver ces régions de Grande-Bretagne et leurs richesses culturelles. En effet, le GSA organise du 25 août au 5 septembre 1995 un nouveau voyage, prenant en compte des aspects légèrement différents et centré sur une

comparaison entre les trois villes industrielles du XIX^e siècle que sont Belfast, Glasgow et Liverpool. Parmi les ouvrages et les sites dont la visite est proposée, citons le barrage et le chantier *Laganside*, à Belfast, la Chaussée des Géants, l'école d'art *Mackintosh* et l'aménagement de la place de la cathédrale, à Glasgow, le musée de l'Ecosse, à Edimbourg, la galerie *Henry Moore*, à Leeds, l'Ecole d'architecture et la *Tate Gallery* de Stirling, à Liverpool.

La participation est limitée à 24 personnes, le prix se situant autour de Fr. 2700.-.

Renseignements et inscriptions: Dominic Marti, architecte SIA, Waldriedstr. 29, 3074 Muri b. Bern, tél. 031/951 12 66, fax 031/921 99 93

Nouvelles représentations de la ville en urbanisme

Appel à participer à une recherche de l'Université de Lausanne

L'Institut de géographie de l'Université de Lausanne invite tous les lecteurs actifs dans le domaine de l'aménagement urbain à remplir un questionnaire élaboré dans le cadre d'une recherche financée par le Fonds national de la recherche scientifique, intitulée «L'oeil de l'expert». L'un des buts de ce travail est d'orienter dans une direction constructive les transformations technologiques en cours et à venir dans ce domaine. Les auteurs de la recherche souhaitent à cet effet bénéficier d'une large collaboration des professionnels.

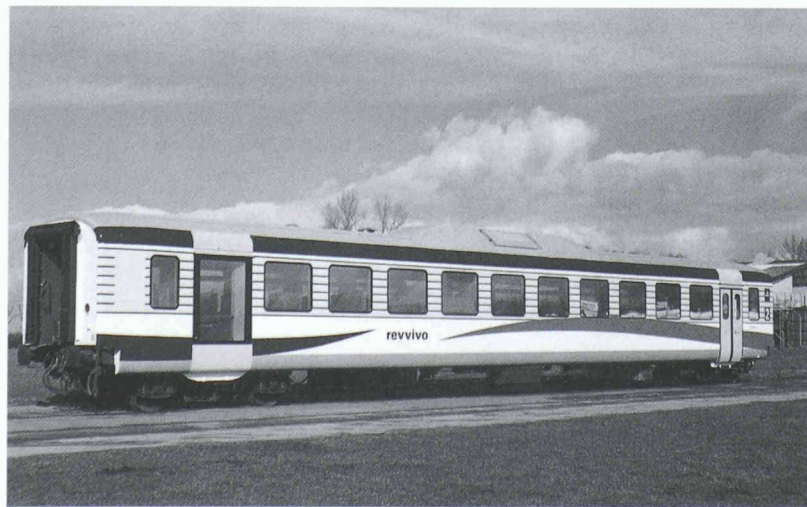
Les objectifs plus détaillés de cette recherche sont les suivants:

- comprendre le rôle des modes de représentation de la ville dans le travail des urbanistes,
- évaluer les attitudes des professionnels de l'aménagement urbain face aux outils dont ils disposent actuellement,
- diagnostiquer les problèmes et les avantages liés aux utilisations pratiques de ces outils,
- prévoir l'impact des nouvelles techniques informatiques de représentation du territoire sur l'aménagement urbain.

L'Institut de géographie s'engage à communiquer personnellement aux participants les résultats de cette recherche.

Les questionnaires, en français ou en allemand, peuvent être demandés à Ola Söderström, Institut de géographie, Université de Lausanne, BFSH2, 1015 Lausanne, tél. 021/692 30 64 (70/69), fax 021/692 30 75, E-Mail OSoderst@ulys.unil.ch

Fin de la partie
rédactionnelle



La première voiture rénovée par Schindler Waggon est actuellement en cours d'essais, sous le nom de revvivo et dans une livrée multicolore. On distingue sur la partie centrale du toit l'élément amovible par lequel est introduit l'aménagement intérieur préfabriqué.

Rail: comment faire du neuf avec du vieux 151

La longévité du matériel roulant ferroviaire est bien connue. Elle s'accompagne toutefois, aux yeux du voyageur, d'un décalage croissant avec ses exigences de confort et d'esthétique et, du point de vue de l'exploitant, de contraintes devenant peu à peu anachroniques en ce qui concerne l'entretien de ce matériel.

La conjoncture étant peu favorable à l'achat de voitures neuves, notamment pour les lignes régionales, le constructeur *Schindler Waggon SA*, à Altenrhein (SG), propose une cure de jeunesse pour d'anciennes voitures du type normalisé II, datant d'une quarantaine d'années; cette rénovation fait appel aux techniques et aux matériaux les plus récents pour offrir aux voyageurs le même confort que dans des voitures neuves, grâce à un aménagement intérieur refait à neuf. Pour la première fois, cet aménagement est réalisé en matériaux composites, entièrement assemblé en atelier, pour être ensuite installé dans la caisse vide (en terme technique: le chaudron).

Cette méthode est non seulement moins coûteuse que l'achat de matériel neuf, mais également écologique, puisqu'elle permet de tirer un parti plus durable des précieuses ressources que sont le chaudron et le train de roulement. Elle marque l'aboutissement de plusieurs années de développement chez le constructeur *Schindler Waggon* en vue de l'utilisation des matériaux composites dans la construction ferroviaire. C'est l'une des contributions de l'industrie suisse aux efforts visant à réduire les coûts du trafic régional tout en améliorant son attrait aux yeux des voyageurs.

Cette expérience acquise dans la mise en oeuvre de nouvelles technologies va prochainement trouver une application d'avant-garde, puisqu'on annonce la sortie d'une voiture construite en matériaux composites.

Le recours à ces matériaux n'est pas nouveau en ce qui concerne des éléments, non seulement pour l'aménagement, mais aussi pour le train de roulement. C'est ainsi que le constructeur allemand MBB (participant tant à la construction du train à grande vitesse ICE de la DB qu'à celle des Airbus) a construit des bogies en composites pour des voitures de voyageurs. Mais c'est la première fois, après des années de recherches chez divers constructeurs, qu'on annonce un chaudron entièrement réalisé en matériaux composites.