

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 116 (1990)  
**Heft:** 24

## Sonstiges

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

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

## Industrie et technique

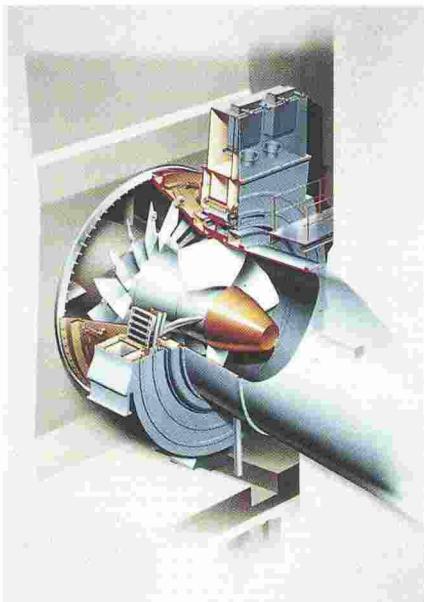
### Centrale force-motrice sur le Rhin : rive gauche et rive droite

Dans une Europe en devenir, la rénovation de la centrale force-motrice binationale Augst-Wyhlen, sur le Rhin, est un très bon exemple à la fois d'une technologie de pointe respectueuse de l'environnement, d'un excellent travail d'ingénieurs et d'une collaboration par-delà les frontières. En 1988, les autorités de la Suisse et celles du Bade-Wurtemberg ont en effet accordé une nouvelle concession à la centrale Augst, sur territoire helvétique, et aux Usines motrices de Rheinfelden AG, sur territoire allemand ; en 1990 suivait l'autorisation de rénover la centrale.

#### Meilleure utilisation de l'eau

Cette nouvelle concession exige une augmentation de la quantité d'eau utile de  $840 \text{ m}^3/\text{s}$  à  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ , ainsi qu'une mise en conformité de l'écluse existante. Le projet de construction prévoit d'augmenter la quantité utile d'eau et de remplacer les anciennes turbines Francis par des turbines modernes du type Straflo de Sulzer-Escher Wyss, de Zurich. Ainsi la production annuelle des deux usines construites symétriquement peut être augmentée de 60%.

Sans vraiment changer l'image extérieure des deux centrales jumelles, Augst-Wyhlen, leur rénovation permettra d'atteindre une puissance installée de 23 et 38,5 MW. Le facteur principal de cette amélioration est que la quantité d'eau à traiter précédemment était bien en dessous du débit



Conception de la turbine Straflo® : stator du générateur et roue motrice de la turbine (en bas au milieu) sont concentriques.

(Photo Sulzer.)

moyen du Rhin, alors que celle à traiter à l'avenir se situe au-dessus. Pourtant

la cote de retenue ne sera pas modifiée. Entre également en ligne de compte un meilleur rendement des turbines.

#### Conception compacte et économique de la turbine

De chaque côté de la centrale, des groupes de 6 turbines Straflo remplacent chacun 5 des anciennes turbines Francis. La particularité de ces nouvelles machines réside dans le fait que la couronne de la roue de la turbine axiale constitue le rotor du générateur. Un système d'étanchéité bien conçu empêche l'eau de pénétrer dans la partie électrique située tout près de la conduite. De plus, comparée à l'ancienne configuration, la nouvelle section mouillée de l'enveloppe des turbines est plus grande et plus libre, sans augmentation importante du profil du bâtiment. Enfin, la turbine Straflo est plus compacte. Un système semblable, comprenant au total 10 turbines Straflo, est en cours de réalisation à Laufenbourg quelque 20 km plus haut sur le fleuve.

Il est prévu de commencer les travaux en janvier 1991. A la fin d'octobre, la première machine devrait être installée et la rénovation complètement terminée à la fin de 1994.

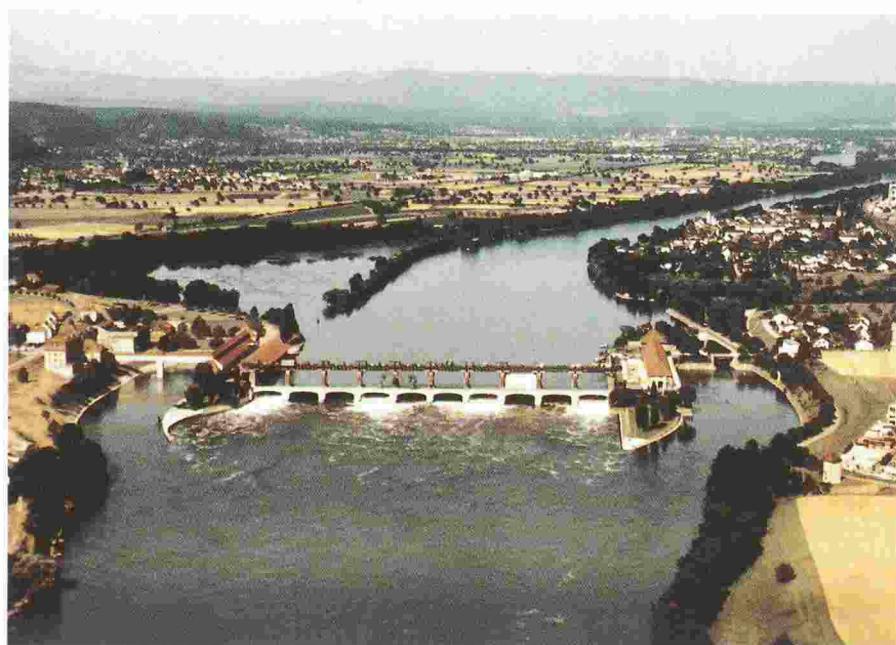
### Mesure de l'enlèvement de matière de pièces sollicitées par usure et corrosion

Pour les mesures de composants mécaniques sur des bancs d'essai ou des installations industrielles, Sulzer a introduit la méthode de mesure DSA (acti-

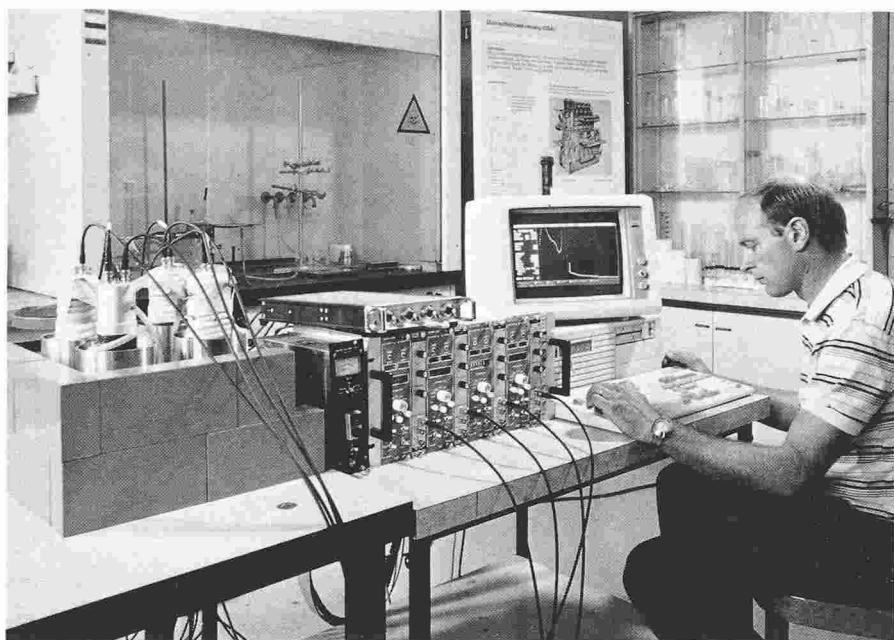
vation de couches minces). Un petit ou minime enlèvement de matière par corrosion ou usure est également mesurable par ce procédé. A cet effet, on génère des atomes radioactifs dans la couche superficielle (profondeur 10 à  $200 \mu\text{m}$ ) et l'on mesure l'activité résiduelle après l'enlèvement.

La faible profondeur d'activation et la concentration particulièrement réduite de noyaux instables dans le matériau activé (environ un atome actif pour  $10^{10}$  atomes normaux) ne nécessitent qu'une très faible radioactivité globale. En conséquence, seules des mesures de sécurité élémentaires sont nécessaires. En revanche, il est fréquemment utile de blindier, par des dispositions adéquates, le système de mesure contre la radioactivité naturelle. La densité de dopage extrêmement petite ne modifie pas les propriétés mécaniques et chimiques des surfaces métalliques.

En plus des matériaux de construction métalliques usuels, il est également possible d'activer des matériaux céramiques et polymères ; dans ce cas, toutefois, une modification des propriétés est possible.



Construction symétrique pour la centrale force-motrice Augst-Wyhlen, rive droite et rive gauche du Rhin.  
(Photos Sulzer.)



*Dispositif de mesure pour la détermination du taux d'enlèvement par activation de couches minces.*

(Photo Sulzer.)

Deux méthodes de mesure sont appliquées : dans le cas de la méthode différentielle, on mesure la diminution d'activité provoquée par l'enlèvement de matière directement sur l'endroit préalablement marqué radioactive-ment. La mesure peut alors être effectuée de l'extérieur (par exemple à travers une paroi de carter ou de conduite) pendant le processus d'enlèvement. En revanche, dans les circuits frigorifiques ou d'huile de graissage fermés, la méthode de la concentration

peut être utilisée. On mesure alors l'augmentation de l'activité dans le fluide de graissage ou de refroidissement.

Des enlèvements de moins de  $1 \mu\text{m}$  jusqu'à quelques centaines de  $\mu\text{m}$  peuvent être mesurés avec la méthode DSA. Suivant les conditions et la méthode de mesure, la précision et la reproductibilité se situent à environ 0,1-1% de la valeur mesurée. Sous réserve de conditions optimales, la

limite inférieure se situe à environ  $0,01 \mu\text{m}$  (méthode différentielle).

La méthode DSA peut être utilisée non seulement pour la mesure d'enlèvements homogènes de grandes surfaces, mais également pour l'identification d'une corrosion perforante. A cet effet, la surface est activée par deux isotopes de profondeurs de pénétration différentes. Alors que, dans le cas d'un enlèvement homogène les activités résiduelles des deux isotopes se situent dans un rapport déterminé l'un par rapport à l'autre du fait des conditions définies par les profils d'activation, on constate, dans le cas d'une attaque locale, un décalage en direction de l'isotope ayant la plus grande profondeur d'activation.

Les exemples d'application de l'activation de couches minces sont la mesure de l'usure mécanique ou corrosive de pièces de moteur telles que des cylindres, des pistons, des paliers, des engrenages, de même que de taux d'enlèvement sur des pièces sollicitées à la corrosion telles que des conduites conduisant des acides, des pompes, des cuves de réaction ou des articulations artificielles (technique médicale). La méthode a déjà été utilisée pour la mesure d'enlèvements dus à l'érosion dans des liquides à écoulement rapide ou fortement chargés en solides (dans des turbines, des pompes, des coudes de conduites, des systèmes conduisant des boues, etc.) ou dans le cas de vannes et soupapes (érosion ou cavitation).

## Rubans en verre métallique : un matériau d'avenir résistant à l'usure et à l'abrasion

Tout comme les fibres synthétiques, du métal en fusion passant à travers une buse peut être «filé» en bandes continues ou filaments. Cependant, le métal filé ne développe ses caractéristiques particulières que s'il est refroidi très rapidement. En effet, lors du refroidissement ultrarapide, les atomes ne peuvent pas s'ordonner en structure cristalline et se solidifient en une structure amorphe semblable à celle du verre, d'où le nom de «verre métallique». De nouvelles applications techniques, tenues pour impossibles jusqu'à présent, s'ouvrent à ce matériau, car il offre la possibilité de réaliser de nouvelles combinaisons de propriétés mécaniques, chimiques et électriques. Grâce au succès remporté au concours «Technologies en Suisse», Sulzer-Innotec a eu

l'occasion de présenter à un large public, à la Foire d'Hanovre «Industrie 90», les résultats obtenus par la recherche dans le domaine des matériaux composites verre métallique-céramique.

Un procédé spécial permet de mélanger au métal en fusion des particules dures qui sont soit incrustées dans le ruban, soit font saillie sur l'une des faces. Les particules céramiques enrobées dans la masse du ruban confèrent au verre métallique son exceptionnelle résistance à l'abrasion, ce qui explique le succès obtenu par son application dans des composants de machines à tisser, mis à rude épreuve, tels que des organes guide-fil.

Si les particules dures font saillie à sa surface, le ruban possède alors des propriétés de résis-



*Le métal en fusion, projeté à travers une buse sur un rouleau de refroidissement, est continuellement étiré à une vitesse de 60 km/h et subit une trempe ultrarapide.*

(Photo Sulzer.)

tance à l'abrasion et au glissement. Sous cette forme, il peut être utilisé, par exemple, pour les embrayages à taux de frottement élevé, pour les ajustements frettés et, en général, comme protection contre le glissement. Les rubans en verre métallique abrasif sont principalement utilisés pour les outils de polissage et de ponçage. Leurs applications couvrent aussi bien les bandes flexibles de finition chez le dentiste que les outils de ponçage pour le traitement de matériaux dans

l'industrie, ou encore les couteaux rotatifs coupe-fils à longue durée de vie des machines à tisser et, en cosmétique, les limes à ongles. Les rubans en verre métallique abrasifs ont nettement moins tendance à s'obstruer et s'usent plus lentement que les produits de ponçage traditionnels. De plus, le matériau composite verre métallique-céramique ne pollue pas l'environnement. En raison de ses propriétés métallurgiques, il peut même être recyclé.

## Ordinatoire: de nouvelles perspectives grâce aux électrons balistiques?

Des chercheurs d'IBM ont démontré pour la première fois que des électrons balistiques<sup>1</sup> se déplaçant rapidement et à des températures très basses dans de l'arsénure de gallium - l'un des matériaux semi-conducteurs prometteurs pour les ordinateurs de l'avenir - pouvaient être focalisés et dirigés. Il s'agit là de la dernière d'une série de découvertes faites par une équipe qui étudie, sous la conduite de M. Mordehai Heiblum, le mouvement des électrons balistiques au Centre de recherche Thomas J. Watson d'IBM, dans l'Etat de New York. Auparavant, cette équipe avait déjà démontré que ces électrons peuvent se déplacer dans des couches ultramince d'arsénure de gallium à des vitesses de l'ordre de 450 km/s... D'où l'idée intéressante que les concepteurs des ordinateurs du XXI<sup>e</sup> siècle pourraient transporter l'information dans les circuits des microplaquettes au moyen de faisceaux d'électrons dirigés. Mais plus d'un obstacle technique reste à surmonter avant d'y parvenir!

Dans des conditions normales, les électrons qui se déplacent dans un semi-conducteur n'effectuent qu'un court trajet, appelé «libre parcours moyen», avant d'entrer en collision avec des atomes, d'autres électrons ou des impuretés du matériau et de se disperser, ce qui leur fait perdre une partie de leur énergie et changer de direction. Ils sont en cela comparables à un phare dont la lumière, dans le brouillard, se heurte rapidement aux molécules d'eau et perd sa focalisation en se diffusant.

Dans les expériences d'IBM, en revanche, le libre parcours moyen était prolongé de telle façon que les électrons traversaient balistiquement le semi-conducteur, donc sans diffu-

sion, comme un phare brillant dans une nuit claire. C'est qu'à  $-268^{\circ}\text{C}$ , le mouvement normal des atomes dans un matériau semi-conducteur est fortement réduit et que les risques de collisions avec des électrons passant à toute vitesse sont bien moins nombreux. Le libre parcours moyen peut dès lors dépasser 1  $\mu\text{m}$ , ce qui laisse la place d'insérer une minuscule lentille métallique de focalisation à proximité du passage des électrons.

Pour leurs expériences, les chercheurs d'IBM ont injecté des électrons de haute énergie par l'un des côtés d'une surface semi-conductrice de 2  $\mu\text{m}$  de largeur et les ont recueillis de l'autre. Le faisceau ainsi obtenu est une sorte de commutateur microélectronique dont la très petite dimension est comparable à celle des commutateurs généralement utilisés dans les ordinateurs actuels. Cette minuscule surface étant exempte d'impuretés susceptibles de provoquer des collisions consommatrices d'énergie, les électrons ont pu la traverser de façon balistique. Elle était constituée par un «gaz d'électrons bidimensionnel», qui peut être créé à l'interface d'une couche d'arsénure de gallium monocristalline et d'un matériau semi-conducteur similaire, composé en l'occurrence d'arsénure de gallium et d'aluminium.

Lors du passage des électrons, les chercheurs ont réussi à les ralentir et à les focaliser en appliquant une tension à une lentille incurvée placée juste au-dessus de leur trajectoire... A l'instar des ondes lumineuses qui ralentissent et se focalisent en passant à travers les verres d'une paire de lunettes.

Puis, pour savoir si la trajectoire des électrons balistiques pouvait être contrôlée, les chercheurs d'IBM ont doté le semi-conducteur de deux minuscules broches et leur ont appliqué

une différence de potentiel au moment de l'injection des électrons. Ils ont alors découvert qu'ils pouvaient faire dévier ces électrons d'environ  $60^{\circ}$  sur la distance appréciable de 2  $\mu\text{m}$ . A leur avis, cette possibilité permettra de focaliser les électrons balistiques et de fabriquer des composants et des circuits électroniques utilisant des faisceaux d'électrons dirigés.

### *Le long chemin d'une découverte*

Dans des conditions normales, les électrons qui traversent un semi-conducteur perdent de l'énergie et de la vitesse en s'écrasant dans le réseau atomique qui le constitue. Dès 1979 toutefois, des physiciens émirent l'hypothèse qu'il était possible de leur faire traverser un semi-conducteur sans collisions et donc sans perte d'énergie. Six ans plus tard, M. Heiblum et ses collaborateurs furent les premiers à prouver qu'un tel transport balistique d'électrons était effectivement possible.

Pour inciter les électrons à se déplacer balistiquement, ces chercheurs commencèrent par refroidir de l'arsénure de gallium à  $-195,5^{\circ}\text{C}$ , puis injectèrent un flux d'électrons de haute énergie, appelés électrons «chauds», dans une couche, épaisse de cinq centièmes de micromètre seulement, de ce matériau semi-conducteur. La plupart des électrons la traverseront, sans collisions, en moins d'une picoseconde (billionième de seconde) !

En 1988, ces mêmes chercheurs montrèrent que le déplacement balistique dans l'arsénure de gallium refroidi n'est pas le fait des seuls électrons, c'est-à-dire des porteurs de charges électriques négatives, et que - contrairement à ce que les physiciens pensaient jusque-là - tel

peut également être le cas des porteurs de charges positives, appelés «trous», qui sont beaucoup plus lourds. En effet, ils découvrirent que 5% de ceux-ci sont néanmoins suffisamment légers pour traverser de l'arsénure de gallium sans collisions, puis ils trouvèrent la manière de les séparer des autres trous. La fabrication de transistors balistiques ultrarapides, capables de transporter les charges aussi bien positives que négatives qu'utilisent les ordinateurs modernes, devenait dès lors théoriquement possible. Forts de ce succès, les chercheurs d'IBM parvinrent à démontrer, au début de 1989, que les électrons balistiques énergétiques peuvent parcourir des distances relativement longues dans un gaz d'électrons bidimensionnel. Ce progrès les amena à concevoir un dispositif balistique à «haut rendement», c'est-à-dire dans lequel beaucoup d'électrons balistiques se déplacent à grande vitesse entre deux minuscules broches métalliques placées à une distance d'environ deux dixièmes de micromètre l'une de l'autre. Ils augmentèrent ensuite cette distance de dix fois, la portant à 2  $\mu\text{m}$ , et découvrirent avec surprise que, dans certaines conditions, les électrons balistiques continuaient à pouvoir la traverser en conservant leur vitesse initiale. C'est de la prolongation de ce trajet qu'est née la possibilité de placer une lentille sur le passage des électrons et la découverte que leur déplacement dans un semi-conducteur peut être dirigé et contrôlé. Outre M. Heiblum, qui a fait son doctorat en ingénierie électrique, l'équipe de recherche comprenait quatre autres docteurs ès sciences, à savoir deux physiciens et deux spécialistes des matériaux.

## La Documentation suisse du bâtiment évalue les systèmes de transmission informatique

Dans le cadre de son mandat d'information, la Documentation suisse du bâtiment est tenue non seulement d'élaborer des données optimales sur les produits, matériaux de construction et prestations de services, mais aussi de mettre à la disposition de ses 5000 abonnés des systèmes appropriés de transmission de l'information. Même s'il n'est pas question de supprimer d'ici à la fin du siècle la bibliothèque, qui restera l'ouvrage standard dans sa forme imprimée, on ne peut ignorer que le développement rapide de l'informatique modifie sensiblement les instruments de travail de l'architecte. Diffé-

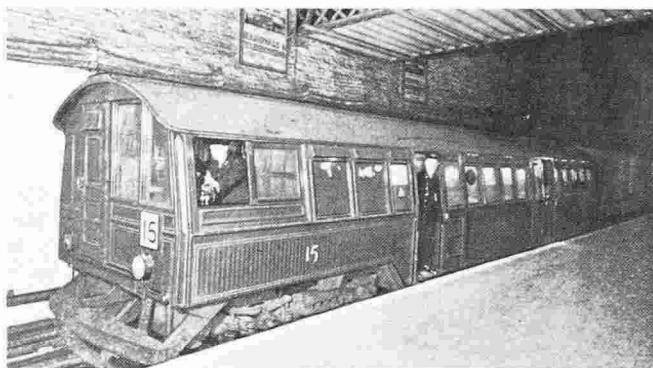
rentes catégories d'informations (informations sur le produit, déroulement des travaux, administration de chantier, etc.) seront proposées au travers de systèmes d'information en tant que données intégrées. La Documentation suisse du bâtiment a donc chargé des spécialistes neutres, travaillant pour des bureaux d'architecte sélectionnés (petits et grands bureaux) et des fabricants de produits et matériaux des secteurs les plus divers de se pencher sur ce problème. Il s'agissait surtout de définir l'état actuel des applications de l'informatique dans l'industrie de la construction tant pour les fabri-

<sup>1</sup> Electrons se déplaçant sous la seule action de leur inertie.

cants que pour les utilisateurs. En même temps, on a procédé à une analyse des plans actuels pour les deux ans qui viennent et on a tenté de définir à grands traits les besoins qui existent : sous tous les angles, de l'architecte concepteur au fabricant de matériaux, en passant par l'entreprise générale chargée de l'exécution.

Il est ainsi apparu que non seulement les besoins sont très importants, mais encore que les problèmes, si on les connaît, n'ont encore pas été totalement résolus.

Se fondant sur les résultats de cette enquête, la Documentation suisse du bâtiment a décidé de poursuivre avec constance le projet Euro-Bau qui avait été présenté pour la première fois à l'occasion de Swissbau 89. Toute la bibliothèque de produits vient donc d'être créée, avec un système d'accès en français. On envisage également de présenter à Swissbau 91, qui aura lieu à Bâle du 29 janvier au 2 février, de nouvelles étapes dans la réalisation du projet Euro-Bau.



*Si les premiers trains du métro londonien étaient remorqués par des locomotives électriques, les premières automotrices y ont été mises en service dès 1898.*

(London Transport.)

## Il y cent ans : le premier métropolitain électrique

Le City & South London Railway, qui a circulé pour la première fois le 4 novembre 1890, a été la première ligne du monde entièrement électrifiée : les trains y étaient tirés par des locomotives électriques. L'ouvrage que viennent de publier les Editions Ex Libris,

*Geschichte der Eisenbahn* (histoire du chemin de fer), de Rolf-Roman Rossberg, présente ce premier métro du monde sur un tronçon de 5 kilomètres entre les stations de Stockwell et de King William Street. Des locomotives à deux essieux, sous une tension de courant

continu de 500 V, remorquaient alors ce que le *Daily Telegraph* traitait de «jouet», de «chemin de fer à tuyaux»!

Cinq ans plus tard, aux Etats-Unis, le Baltimore & Ohio Railroad, à son tour, électrifiait un tronçon de sa ligne surélevée de métropolitain, sous une tension de courant continu de 650 V. Raison invoquée : étant donné la succession intense des

trains, «les problèmes de fumée étaient devenus insurmontables et il fallait les résoudre par la suppression de celle-ci». Sur le Vieux Continent, le premier métro électrique a été mis en service à Budapest en 1896, et les premiers trains du métro parisien étaient lancés, il y a nonante ans, sur le vaste réseau souterrain de la capitale française.

(*litra*)



Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein  
Société suisse des ingénieurs et des architectes  
Società svizzera degli ingegneri e degli architetti

## Un séminaire patronné par la SIA : «La gestion par CAO dans la construction»

Les 13 et 14 septembre dernier, la VDI (association allemande des ingénieurs) organisait à Munich un séminaire sur le thème «La gestion par CAO dans la construction», placé sous le patronage de la SIA. Quelque 6000 ingénieurs et architectes de Suisse alémanique y avaient été invi-

tés. Malgré la distance, les participants venus de Suisse furent assez nombreux, ce qui a conforté la SIA dans sa volonté d'une collaboration accrue avec la VDI. La première partie du séminaire était consacrée à l'utilisation de la CAO, ses objectifs et ses limites. M. W. Hüppi, architecte EPF/SIA, évoqua l'évolution historique qui devait aboutir au développement de systèmes CAO dans les domaines de la construction, décrivant aussi la situation du marché sur la base d'une riche documentation. Il dégagea ensuite les éléments

qui doivent entrer en ligne de compte pour l'évaluation, l'introduction et l'exploitation d'un équipement CAO. Pour le chef d'entreprise, la mise en œuvre d'un système CAO crée des tâches nouvelles au niveau de l'organisation et de la gestion : planification des ressources, formation, programmation détaillée pour l'utilisation du système, enfin évaluation de sa rentabilité.

M. F. Pichler, ingénieur/architecte de Bâle, démontra ensuite la nécessité d'une utilisation interdisciplinaire qui, accompagnée d'une communication entre bureaux, est la condition d'une application efficace de la CAO pour en faire l'instrument d'une conception intégrale. Pour l'orateur, s'il est vrai que l'utilisation de systèmes CAO demande un effort important, il est certain que les résultats obtenus justifient l'importance des moyens mis en œuvre.

Les interfaces dans le domaine de la conception intégrale assistée par des moyens informatiques, tel fut le sujet de l'exposé de M. D. Hartig, ingénieur de Francfort, qui présenta le nouveau format d'interface STEP-2DBS au développement duquel il a collaboré et dont l'industrie allemande du bâtiment encourage l'usage pour la transmission de données graphiques.

Enseignant à l'Ecole supérieure d'art de Zurich, M. U. Wyss suscita un vif intérêt parmi son auditoire en parlant de l'étude qu'il a faite avec ses étudiants des possibilités d'utiliser des moyens informatiques relativement simples (ordinateurs personnels) non seulement pour la conception tri-

