

Objekttyp: **Miscellaneous**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **125 (1999)**

Heft 4

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Lettres ouvertes

Réalisation de tranchées couvertes – Tendances internationales¹

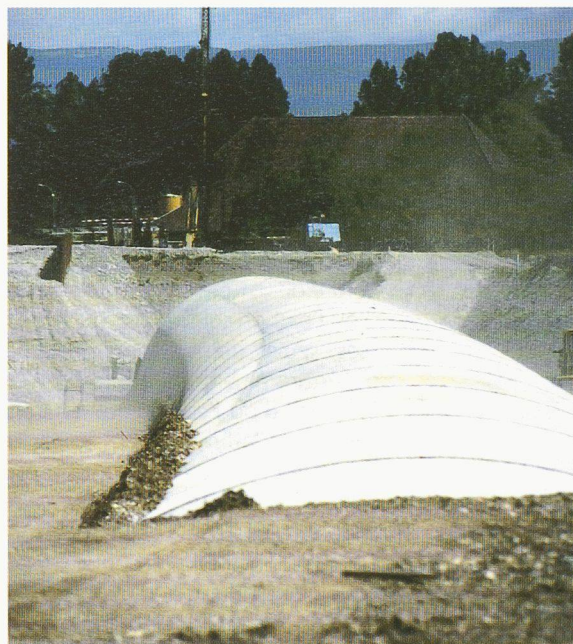
Commentaires

L'article sur la « Réalisation de tranchées couvertes – Tendances internationales » de MM. H. Charif et J. Ponti est une synthèse intéressante des tendances observées dans le cadre de la construction de tranchées couvertes, notamment en ce qui concerne l'étanchéité de tels ouvrages. Comme cette contribution le relève très justement, l'étanchéité d'un ouvrage peut être assurée par le béton, mais cela implique que sa conception repose sur des choix technologiques portant sur la composition des bétons, les mesures de cure et les dispositions constructives. Dans ce sens, une expérience nationale est également susceptible d'intéresser les lecteurs de *IAS*.

Dans le cadre du projet Rail 2000 et du nouveau tronçon ferroviaire Mattstetten-Rothrist, sept tranchées couvertes sont planifiées et l'une d'elles, le tunnel sous l'Emme à Kirchberg (BE), est en cours de réalisation. Il s'agit d'un ouvrage de 1680 m de long, d'un diamètre intérieur de 11,30 m, dont la partie centrale – qui passe sous la rivière Emme, l'autoroute A1 et un pont ferroviaire – est construite en taube entre deux parois moulées sur une longueur de 300 m. Les parties adjacentes, respectivement de 1090 m et 290 m de longueur, sont quant à elles réalisées à ciel ouvert comme l'illustre la figure ci-contre. Etant donné que ce tunnel passe sous une rivière et qu'il se trouve de plus partiellement dans la nappe phréatique, son étanchéité s'avère déterminante.

Dès le début de la conception de l'ouvrage, la mise en place d'une étanchéité traditionnelle constituée de membranes synthétiques a été remise en question tant pour des raisons de durabilité que d'accessibilité, en particulier sous l'autoroute. Le choix s'est donc porté sur un tunnel sans étanchéité autre que celle assurée par le béton lui-même et, découlant directement de ce choix, la mise en place de joints de dilatation n'a pas été considérée. Afin de réaliser cet ouvrage dépourvu d'étanchéité et de joints de dilatation, les options énumérées ci-dessous – fruits d'une bonne collaboration entre le maître de l'ouvrage, les ingénieurs et les entreprises – ont été retenues.

1. La formulation du béton a été définie de telle manière que le béton soit étanche, que la chaleur d'hydratation demeure faible afin de limiter la fissuration au jeune âge et que la résistance initiale s'avère suffisamment élevée afin de pouvoir décoffrer la calotte après deux jours. Le béton mis en place est un



Tronçon construit à ciel ouvert du tunnel sous l'Emme

- B 40/30 composé de granulats de 0 à 32 mm, d'un ciment CEM I 42.5 avec une teneur en ciment de 325 kg/m³, ainsi que de 25 kg/m³ de cendres volantes et dont le rapport eau/ciment est de 0,45.
2. La cure du béton, qui contribue aussi à limiter la fissuration au jeune âge, a été assurée par la mise en place sur toutes les surfaces bétonnées d'une natte épaisse limitant le gradient de température entre la surface et l'intérieur et réduisant l'évaporation de l'eau. La partie inférieure de la calotte a été aspergée après le décoffrage avec un produit de cure limitant également l'évaporation de l'eau.
 3. La fissuration est contrôlée par la mise en place d'une armature continue pour une ouverture de fissures maximale de 0,15 mm, déterminée selon l'Eurocode 2, et ce sous déformations imposées dues aux dilatations thermiques au moment de l'hydratation du ciment. L'armature résultante représente un taux variant entre 0,6 et 0,9 % de la section de béton.
 4. L'étanchéité aux joints de bétonnage est assurée par un ruban en hypalon collé à l'aide de résines epoxy sur l'enveloppe extérieure du tunnel au droit des joints. Les joints se trouvant dans la nappe phréatique sont en outre munis d'un tube destiné à leur injection après la réalisation du tunnel.
 5. Une étanchéité sous forme de lés de bitume polymère n'a été disposée sur le tunnel que localement, soit à proximité des routes lorsque la couverture de terre était inférieure à 2 m, afin de réduire la pénétration des chlorures favorisant la corrosion des armatures.

Certaines de ces options ont par ailleurs été basées sur des essais préliminaires et leur mise en œuvre a

¹CHARIF, HAZEM ET PONTI, JÉRÔME: « Réalisation de tranchées couvertes - Tendances internationales », *IAS* N° 26 du 16 décembre 1998, pp. 466-471

fait l'objet d'un plan qualité spécialement développé pour l'ouvrage.

La construction du tunnel a débuté en juillet 1997 et un lot de 500 m et un autre de 300 m de longueur sont actuellement réalisés et remblayés. La fissuration a été contrôlée lors de plusieurs inspections visuelles et de nombreuses parties du tunnel ne présentent pas de fissures. Quant aux endroits où l'on a relevé plusieurs microfissures dans la calotte, il s'agit d'ouvertures de l'ordre de 0,1 mm, qui sont légèrement humides, mais d'où l'eau ne suinte pas. Sur les 800 m de tunnel réalisés, seules deux fissures présentent finalement une ouverture plus grande que prévue, soit de l'ordre de 0,3 mm, d'où l'eau suinte légèrement et elles seront injectées à la fin du chantier. Par sécurité, ces travaux d'injection ont d'ailleurs été prévus dans la soumission, et le nombre de fissures alors estimé est beaucoup plus élevé que celui apparu pour l'instant.

Grâce à l'expérience acquise lors de cette réalisation, l'étanchéité d'autres tranchées couvertes sur le même tronçon ferroviaire sera conçue de la même manière et une description plus complète du projet fera l'objet d'un article à paraître dans la revue *IAS* l'automne prochain.

*Ph. Menétrey, Dr sc. tech.
Emch+Berger AG, Gartenstrasse 1,
3001 Berne*

« Le bruit des voitures et des camions n'est pas un coût externe »

Réplique¹

On entend de plus en plus souvent parler de coûts et d'avantages externes. L'an dernier, dans un colloque tenu à l'EPFL, des professeurs des universités romandes et des cadres de l'Office fédéral de la santé publique présentaient des estimations des coûts externes du tabagisme. Et l'on voit régulièrement de nouvelles estimations des coûts externes du trafic routier, notamment en milieu urbain, qui atteignent facilement des dimensions astronomiques, puisque ces atteintes touchent les choses qui nous sont les plus précieuses: la santé et la vie humaine, et cela pour des milliers de personnes.

Il n'est pas étonnant qu'en face de toutes ces estimations alarmantes, certains prennent la plume et les réfutent en bloc. Attention cependant de ne pas jeter le bébé avec l'eau du bain. Les coûts externes existent, comme les avantages externes, et le concept est bien plus clair qu'on pourrait le croire. La grande difficulté, c'est d'estimer ces coûts et avantages en francs ou en euros, puisqu'ils ne font justement pas l'objet d'échanges marchands. Prenons un exemple. Monsieur Martin connaît assez bien une partie de ce que

lui coûte l'usage de sa voiture: essence et autres consommables, assurances, dépréciation selon l'Argus, impôts, services. Lorsqu'il hésite à prendre sa voiture ou le bus pour se rendre à son lieu de travail, il tiendra encore compte d'autres différences: confort, sécurité, durée du voyage. M. Martin est évidemment bien incapable de mesurer tous ces facteurs pour décider mathématiquement de privilégier un mode de transport. Cela ne signifie pas pour autant que les différences de confort ou de risque d'accident n'existent pas.

Lorsque Monsieur Martin choisit de prendre sa voiture plutôt que le bus, cela a encore d'autres conséquences, mais cette fois pour des tiers: des automobilistes ralentis par M. Martin ou qui risquent d'entrer en collision avec lui, des piétons et autres usagers de la route qui sont incommodés ou menacés par M. Martin, des riverains le long de sa route qui entendent sa voiture, nous tous qui devons respirer un air contenant un peu plus de gaz toxiques, nos bâtiments qui sont un peu plus endommagés par les fumées. Tous ces effets sont également très difficiles à estimer, mais ils existent et de nombreuses personnes les subissent. Des personnes qui ne peuvent rien faire pour forcer Monsieur Martin à penser à eux. Voilà les coûts externes.

De façon générale, les effets externes (coûts ou avantages) sont des conséquences de décisions individuelles que subissent ou dont profitent des tiers, sans que ces tiers n'aient de possibilité d'influencer ces décisions. Les effets externes peuvent être économiques (coût des soins, de remise en état, dépréciation d'un actif, perte de chiffre d'affaires, etc.) ou immatériels (inconfort, risques, morbidité, souffrances, perte de patrimoine naturel ou culturel, etc.). Ce n'est pas l'immatérialité qui rend un coût externe (M. Martin subit des coûts immatériels tout à fait internes, comme le temps qu'il perd dans les embouteillages), mais uniquement le fait qu'un tiers le subisse. Un coût peut être externe même s'il est financier.

Reprenons l'exemple de R. Weibel, celui de la route du col du Grimsel et de son hôtelier. Les clients qui s'arrêtent à l'hospice apportent du chiffre d'affaires à l'hôtelier, donc un avantage, mais qui n'est pas externe, puisqu'il résulte d'une transaction commerciale. Chacun entre librement dans cette transaction en évaluant les avantages et les coûts. Chaque client qui s'arrête à l'hospice ne s'arrête pas dans les hôtels au pied de la montagne, donc ces hôteliers sont lésés. Ce n'est pas un effet externe non plus, puisque ces hôteliers interviennent directement sur le même marché, en offrant leurs prestations et leurs prix. La collectivité publique qui entretient la route du col et rend ainsi l'hospice accessible favorise ce dernier. Elle accroît l'attrait des chambres louées par l'hôtelier. Cet avantage est externe du point de vue de la collectivité qui décide, car ce n'est pas l'hôtelier qui a

¹RODOLPHE WEIBEL: « Le bruit des voitures et des camions n'est pas un coût externe », *IAS* N°25 du 2 décembre 1998, pp. 452-453

commandé ce service et qui le paie (je corrige ici la phrase tirée du livre « *Die vergessenen Milliarden* » citée en ouverture de l'article de R. Weibel). La collectivité récupérera une partie de cet avantage par le biais de l'impôt. Le rôle des collectivités publiques est précisément de créer des avantages externes et de lutter contre des coûts externes en faisant usage de leur pouvoir, là où les transactions commerciales ne sont pas possibles.

Qu'en est-il maintenant des automobilistes qui ne s'arrêtent pas à l'hospice en passant le col? Ils réduisent l'attrait des chambres de l'hospice par leur bruit et leur pollution, donc le bénéfice de l'hôtelier. L'effet est essentiellement financier pour l'hôtelier – perte de bénéfice – mais il s'agit bien d'un effet externe aux décisions des automobilistes. Si l'hôtelier avait le pouvoir de réglementer la circulation sur la route du col,

comme les Zermattois dans leur village, il l'interdirait probablement la nuit. Ce serait une façon draconienne de supprimer un coût externe, en détruisant au passage beaucoup d'avantages internes et externes de la circulation sur le col. Un péage reflétant les coûts externes (variable selon l'heure de passage) permettrait de forcer les usagers du col à tenir compte de ces coûts, donc à les « internaliser ». Des véhicules emprunteraient encore la route du col, mais seulement lorsque les avantages justifient les coûts, y compris les coûts externes qui sont maintenant inclus dans le calcul. On voit l'importance de bien estimer les effets externes et d'utiliser des instruments économiques pour les internaliser.

*Philippe Thalmann,
professeur d'économie de
la construction, EPFL-IREC*

Dis-moi comment tu bâtis et je te dirai qui tu es !

Exposition

C'est à cette injonction que semble répondre l'exposition « *tessin_archives_Architectures_1710_1970* ». Vingt fonds d'archives tessinois, conservés dans au moins autant de lieux différents nous livrent plus de deux cents « bonnes feuilles » pour y répondre.

L'intention première de l'*Archivio del Moderno* qui présente ce superbe ensemble de dessins, était de mettre en valeur la diversité et la qualité de la production des architectes tessinois. Comme en passant, les auteurs administrent la preuve que la bonne architecture, en tant que fait de culture, ne peut se développer que comme un système cohérent, profondément ancré dans une population et dans ses traditions. Maçons, architectes, maîtres d'œuvre et maîtres de l'ouvrage participent à l'essor d'une telle culture et y contribuent au long de plusieurs siècles.

De même qu'à Glasgow Charles Rennie Macintosh et sa révolution visuelle est impensable sans les maîtres de l'éclectisme qui ont bâti la ville au XIX^e siècle, pas une génération d'architectes tessinois n'existe sans ses prédécesseurs, de A comme Adamini à Z comme SnoZZi, en passant par presque toutes les lettres de l'alphabet. Les écoles se suivent, se démarquent et élaborent l'une après l'autre les conditions du « cas » tessinois. De la cohérence chronologique et du choix des beaux dessins, surgit un ensemble cohérent qui se donne à voir comme un spectacle mis en scène et orchestré « à dessein ».

La seconde partie de l'exposition propose un arrêt prolongé sur l'œuvre de Franco Ponti, dont les travaux singuliers soulignent que l'architecture domestique privée et la commande de l'habitation individuelle permettent de développer l'exercice de laboratoire et

ainsi de mettre face à face le couple, cher à Filarete, de l'architecte et de son commanditaire, co-responsables du succès de l'œuvre. Avec Rino Tami, Peppo Brivio et Alberto Camenzind, Carlo Ponti est un des « ouvriers » sur la piste où évoluent les noms célèbres de l'architecture tessinoise contemporaine.

*Pierre Frey, conservateur des Archives de la
construction moderne*

Exposition ouverte du 4 février au 4 mars 1999, mardi-dimanche 10-18 h, jeudi jusqu'à 21 h, aux Archives de la construction moderne, avenue des Bains 21, Lausanne. Renseignements: ACM, tél. 021/693 3991, E-Mail Florence.Auras@epfl.ch

EPFL – Les 30 ans de l'ICOM

Vendredi 26 mars 1999, 13 h 30-18 h 30

L'Institut de la construction métallique, connu sous le sigle ICOM, a été créé le 19 avril 1969, sur décision du Conseil fédéral. Depuis 1979, il fait partie de l'ISS, l'Institut de statique et structures de l'EPFL, et il se veut un centre d'excellence pour l'enseignement, la recherche et les travaux destinés à des tiers dans le domaine de la construction métallique.

La recherche s'y poursuit dans les domaines « traditionnels » que sont la fatigue des matériaux, la construction mixte acier-béton et l'évaluation de la sécurité des ouvrages. Cependant, de nouveaux secteurs de recherche sont apparus, tels que la combinaison de nouveaux matériaux avec l'acier dans les éléments porteurs, en vue d'une utilisation optimale des composants. C'est ainsi que l'ICOM entreprend et envisage des travaux dans le domaine des structures

porteuses combinant acier et matériau composite ou acier et verre structural.

Dirigé depuis le 1^{er} avril 1993 par le professeur Manfred Hirt (successeur à ce poste au professeur Jean-Claude Badoux), l'ICOM souhaite faire connaître ses activités dans le cadre de cette manifestation, par des présentations des recherches tant actuelles que touchant quelques domaines particuliers ou nouveaux en relation avec la construction métallique.

Programme

- Allocation de bienvenue, par Manfred A. Hirt, directeur de l'ICOM
- La recherche doctorale à l'ICOM
- Conception des cadres de bâtiment à nœuds mixtes, par Markus Kattner, ing. dipl. UT Munich, doctorant, ICOM
- Comportement à la fatigue des nœuds tubulaires soudés de ponts, par Ann Schumacher, B. Eng. MSc Alberta, doctorante, ICOM

- Conséquences de la fissuration dans les dalles de ponts mixtes acier-béton, par Miguel Gómez, ing. dipl. UP Madrid, doctorant, ICOM
- Réparation et renforcement d'éléments de ponts rivetés endommagés par fatigue, par Andrea Bassetti, ing. dipl. EPFZ, doctorant, ICOM,

Perspectives

- La nouvelle stratégie de formation, par Manfred A. Hirt, Dr sc. techn., professeur, ICOM
- La maison en acier: leurre ou réalité, par Marc Braham, Chief Design Eng., Commercial Intertech, Diekirch, Luxembourg
- Les structures de parc d'amusement, par Walter Bolliger ing. dipl. EPFL, Bolliger et Mabillard, ing. cons. SA, Monthey
- Un regard d'acier sur le Japon, par Jean-Paul Lebet, ing. dipl. EPFL, dr sc. techn., ICOM
- Glass facade in suspended animation, par David Linford, arch. dipl. EPF/SIA/RIBA/RAIA, Concept Consult, Lausanne

La visite de la halle d'essai des structures, suivie d'un apéritif, terminera la manifestation.

Structures du génie civil: défis posés par les transports urbains

16^e congrès de l'AIPC,
Lucerne, 18 - 21 septembre 2000

Le sujet de cette manifestation est vaste, mais ciblé sur l'intégration des systèmes de transport dans des environnements urbains.

Des séances techniques traiteront des ouvrages de génie civil existants, en construction, en projet ou à l'état visionnaire pour les transports souterrains, en surface ou aériens. Les différents aspects de la conception, du projet, de la réalisation et de la maintenance seront traités pour les ponts, les tunnels, les ports, les aéroports, les terminaux et les gares ferroviaires.

D'autres séances présenteront des projets majeurs de transport telles que transversales alpines, expositions

universelles et grandes manifestations sportives. Ils illustreront les aspects multidisciplinaires du génie civil, de l'environnement, des questions sociales, esthétiques, logistiques et financières. Tous les matériaux de construction seront examinés.

Des visites techniques, ainsi que des manifestations sociales et culturelles compléteront le programme.

L'invitation préliminaire peut être consultée sur le serveur internet de l'AIPC. Elle peut également être obtenue à l'adresse suivante: Congrès AIPC Lucerne 2000, secrétariat AIPC, EPFZ Hönggerberg, 8093 Zurich, tél. 01/633 26 47, fax 01/633 12 41, E-mail: lucerne@iabse-ethz.ch, internet <http://www.iabse.ethz.ch>

Cycle d'études postgrade en aménagements hydrauliques

Septembre 1999 - juillet 2001, Lausanne, Suisse

L'EPFL, en partenariat avec l'EPFZ, les universités de Munich, d'Innsbruck et de Liège ainsi que l'Institut national polytechnique de Grenoble, a mis sur pied un nouveau cycle d'études postgrade en aménagements hydrauliques, visant à développer une vision périphérique des interactions systémiques, une haute qualification technique dans les différents domaines abordés, ainsi qu'une maîtrise de la gestion socio-économique et écologique d'un projet. Un accent particulier est mis sur les compétences acquises en milieu alpin concernant la production hydroélectrique et la protection contre les crues. Ces compétences, largement reconnues, sont offertes avec succès dans le monde entier par de nombreux bureaux d'ingénieurs. L'ingénieur issu de la postformation pourra se profiler

comme chef de projets d'aménagements hydrauliques à buts multiples, dans un domaine d'activité appréhendé au sens large et couvrant tout le cycle de vie des aménagements (conception, réalisation, exploitation).

Le cours est subdivisé en huit modules qui traitent les thèmes suivants:

- ressources et approvisionnement en eau
- conception intégrée et impact des aménagements hydrauliques
- dimensionnement et réalisation des aménagements hydrauliques
- aménagements hydroélectriques et barrages
- aménagements de cours d'eau et maîtrises des crues
- systèmes hydrauliques urbains

– économie, planification et gestion des projets
– revitalisation de cours d'eau et génie biologique.
Le cycle comprend 600 heures d'enseignement sur deux ans et se termine par la réalisation d'un travail de diplôme postgrade, donnant accès à l'obtention d'un diplôme postgrade délivré par l'EPFL (sous réserve d'acceptation du Conseil des EPF). Afin d'en favoriser l'accès aux personnes actives dans la profession, les cours sont organisés sur le principe du temps partiel au rythme régulier d'une journée de 8 heures

par semaine, sur 38 semaines annuelles. Un nombre limité de stages rémunérés peut être attribué par la direction du cycle à des candidats sans activité professionnelle.

Informations: A. Schleiss, prof., ou J.-L. Boillat, laboratoire de constructions hydrauliques (LCH), DGC-EPFL, 1015 Lausanne, tél.: 021/693 23 85, fax: 021/693 22 64, E-Mail: secretariat.lch@epfl.ch, <http://lchwww.epfl.ch/>

Une nouvelle norme mondiale pour les communications multimédia

Fin novembre, la norme mondiale MPEG-4 est entrée en vigueur sous l'égide de l'Organisation mondiale de la normalisation (ISO). Cette norme permettra une compatibilité universelle dans les domaines des communications multimédia, tant au niveau des équipements, que pour la production et l'utilisation de services, ainsi que la diffusion par réseaux interconnectés via satellite ou sans fil.

La norme MPEG-4 représente un pas déterminant dans le développement des communications multimédia: son application progressive permettra aux industriels d'optimiser la production de matériels et de logiciels performants et elle ouvrira une ère nouvelle pour les utilisateurs en leur offrant un accès réellement universel – indépendamment des supports de diffusion (réseau, satellite, faisceau hertzien, sans fil) – à des services et des informations multiples (éducation, santé, achats, paiements, films, musique, tourisme, jeux, conférences, etc.). Et le tout à une vitesse beaucoup plus élevée qu'aujourd'hui grâce à la technologie numérique et à la compression.

L'utilisateur décidera

Selon les spécialistes, MPEG-4 va stimuler la créativité de chacun dans la production de matériel audiovisuel. Les techniques complexes de studio pour l'édition et le montage de films seront accessibles à tout le monde, ce qui rendra l'utilisateur actif face à l'information: il sera non seulement en mesure d'interagir dans le contexte de l'information reçue, mais il pourra également rechercher des images d'objets comme il le fait aujourd'hui pour le texte avec le Web. De plus, ces opérations seront possibles de n'importe où et à tout moment pour autant qu'un terminal d'accès soit à disposition.

Le rôle prépondérant de l'EPFL

L'expertise acquise par les différents instituts de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne en vue de

la définition de la norme MPEG-4 retenue par l'ISO pourrait aussi contribuer à la réalisation des réseaux ouverts aux exigences toujours plus étendues des producteurs et du public; les spécialistes pensent notamment pouvoir optimiser l'utilisation de réseaux existants interconnectés pour faciliter à la fois la diffusion de l'information (services élargis) et l'accès à celle-ci par les utilisateurs indépendamment des équipements existants. Six institutions suisses sont partenaires de l'Organisation mondiale pour la normalisation, pour MPEG-4:

- le Laboratoire de traitement des signaux de l'EPFL avec les professeurs Murat Kunt et Touradj Ebrahimi, qui ont élaboré le concept de base de la norme (représentation de l'information visuelle par objets, codage des formes, codage tridimensionnel de l'information, rédaction de la norme);
- l'entreprise *Studer Professional Audio Equipment* et M. Ulrich Horbach pour l'élaboration d'outils de composition multicanaux audio à trois dimensions (effet volume);
- l'EPFZ et M. Markus Erne pour la compression du signal audionumérique et l'évaluation de complexité;
- le Laboratoire d'infographie de l'EPFL et le professeur Daniel Thalmann pour le développement d'outils pour la communication de modèles de visage et de corps, les méthodes d'animation et l'harmonisation des normes VRML et MPEG4;
- le professeur Nadia Thalmann de l'Université de Genève pour l'animation et la synthèse de visages et le codage des paramètres de ces animations;
- le professeur Daniel Mlynek du centre de conception de circuits intégrés de l'EPFL pour l'étude des aspects d'implémentation (modules de circuits intégrés) et la méthodologie de calcul à dégradation amortie.

Service de presse et d'information de l'EPFL