Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 115 (1989)
Heft: 20

Artikel: Les systèmes experts
Autor: Donzé, Fabian / Kimberley, Graham J. / Smith, Ian F.C.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76991

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: 07.01.2026

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

Les systèmes experts

1. Une recherche de pointe

Depuis de nombreuses annés déjà, un nouveau type de programme suscite l'intérêt d'un nombre croissant d'ingénieurs: il s'agit des systèmes experts. Si le milieu des années soixante marque le début des recherches dans ce domaine, les véritables applications ne sont apparues que récemment.
Les systèmes experts font partie du domaine de l'intelligence artificielle, au même titre que les applications liées

PAR FABIAN DONZÉ,
GRAHAM J. KIMBERLEY
ET IAN F. C. SMITH,
LAUSANNE

aux langages naturels, à la reconnaissance de la parole et des formes, à la robotique (fig. 1).
De tout temps, les chercheurs en intelligence artificielle ont été tentés de reproduire la pensée et le raisonnement humains à l'aide de programmes informatiques, afin de résoudre un large éventail de problèmes dans les domaines les plus divers, tels que la médecine, les finances, l'armée, l'industrie, l'ingénierie; la liste ne saurait évidemment être exhaustive.

2. Définitions des systèmes experts

Il est toujours dangereux d'enfermer un domaine dans une seule définition. Cerner en quelques mots un monde aussi vaste relève presque du défi! Une des définitions possibles voit dans les systèmes experts «la simulation de l'expérience humaine par les techniques de l'intelligence artificielle».
Cette première définition générale mérite d'être explicitée immédiatement par une définition plus technique, mais qui reflète mieux les caractéristiques des systèmes experts: «système de raisonnement dans lequel la connaissance et le contrôle de celle-ci sont séparés».
Cette dernière formulation met en évidence trois notions fondamentales, à savoir: *la connaissance*, *le contrôle* et *leur séparation*. Ces aspects essentiels des systèmes experts sont le point de départ de tout développement. En effet, *la connaissance* repose sur l'expérience humaine; *le contrôle* a trait aux techniques de l'intelligence artificielle et *la séparation* de traitement différencie les systèmes experts des programmes traditionnels. De plus, on peut dire que les systèmes experts sont concernés autant par l'acquisition et la vérification de la connaissance que par la façon de la représenter.

2.1. Systèmes experts et systèmes à base de données

La différence essentielle entre les systèmes à base de données et les systèmes à base de connaissance (systèmes experts) se résume en un mot: *la connaissance.*
La connaissance forme le noyau, le cœur de tout système expert. De par la forme de cette connaissance les systèmes experts sont souvent comparés, voire identifiés, aux systèmes à base de données.

a) Qu'est-ce que la connaissance?

On désigne par «connaissance» la compréhension, la synthèse et l'interprétation d'un domaine d'intérêt, acquises par l'expérience. Le type de connaissance le plus important pour les systèmes experts est *la connaissance heuristique.* Cette connaissance comprend le savoir, toutes les «règles de l'art», les astuces que l'expert utilise pour résoudre un problème. La connaissance heuristique n'est pas un recueil, un manuel de cours, mais au contraire une connaissance acquise par une compréhension et une interprétation reposant sur de nombreuses années d'expérience, et portant sur une grande variété de problèmes.

b) Information n'est pas connaissance

La confusion est souvent faite entre *l'information*, *les faits* et *la connaissance.* L'information est une donnée qui n'a pas été interprétée, au contraire de la connaissance qui provient d'une compréhension fondée sur une analyse des faits et de l'information. Les systèmes à base de données, de toute l'information qu'ils contiennent, ne délivrent que des faits, alors que les systèmes à base de connaissance (systèmes experts), grâce à la connaissance et à l'information, produisent des conclusions fondées sur un raisonnement. La connaissance n'est pas un ensemble de données «brutes», mais aussi et surtout une connaissance heuristique, procédurale, découlant d'une analyse; ses structures sont plus complexes que celles des bases de données. La difficulté des systèmes experts réside dans la représentation de cette connaissance en langage informatique. Une part des développements actuels est vouée à la recherche des représentations de la connaissance les mieux appropriées au traitement informatique.
L'approche des représentations de la connaissance se fait d'une manière symbolique. Un symbole n'est autre qu'un mot, une lettre ou un nombre utilisé pour représenter un objet, une action et leur interrelation. La méthode usuelle de représentation de la connaissance dans les systèmes experts postule une procédure déductive rigoureuse (appelée «règle»), assimilable au syllogisme de la logique formelle. Une règle comporte deux parties: *une prémisse* et *une conclusion*, autrement dit *une situation* et *une action.* La première partie, *la prémisse* (ou situation) est précédée du déclaratif **si**, alors que la seconde, *la conclusion* (ou action), est généralement introduite par **alors**.

Exemple:
si
les prévisions météorologiques pour la journée sont franchement maussades
et les dossiers en souffrance s'accumulent sur ma table de travail
et mon bureau se trouve à 50 km de mon appartement
alors
je prends mon repas de midi au restaurant de l'entreprise.

Cette méthode modulaire facilite la mise en place, la modification, la correction ou l'ajout de règles à la base de connaissance. Ainsi, si la connaissance change, la mise à jour de la base de connaissance peut être faite facilement et rapidement.

2.2. Composants d'un système expert

Outre le cœur du système expert, à savoir la base de connaissance, les autres composants sont: *le moteur d'in-*

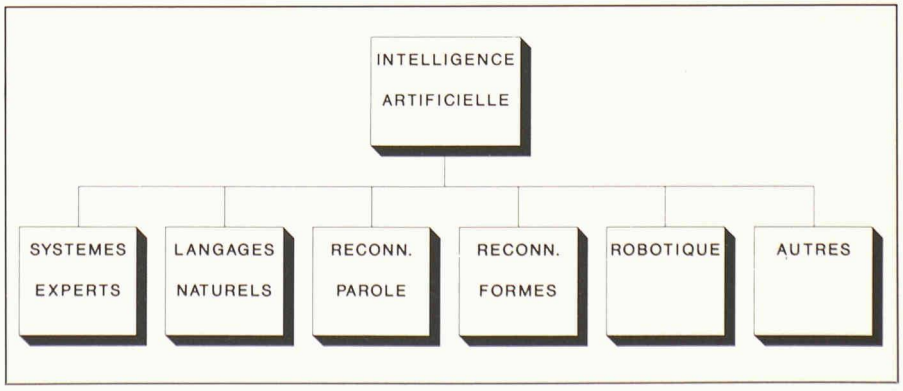

Fig. 1. – Domaines de l'intelligence artificielle.

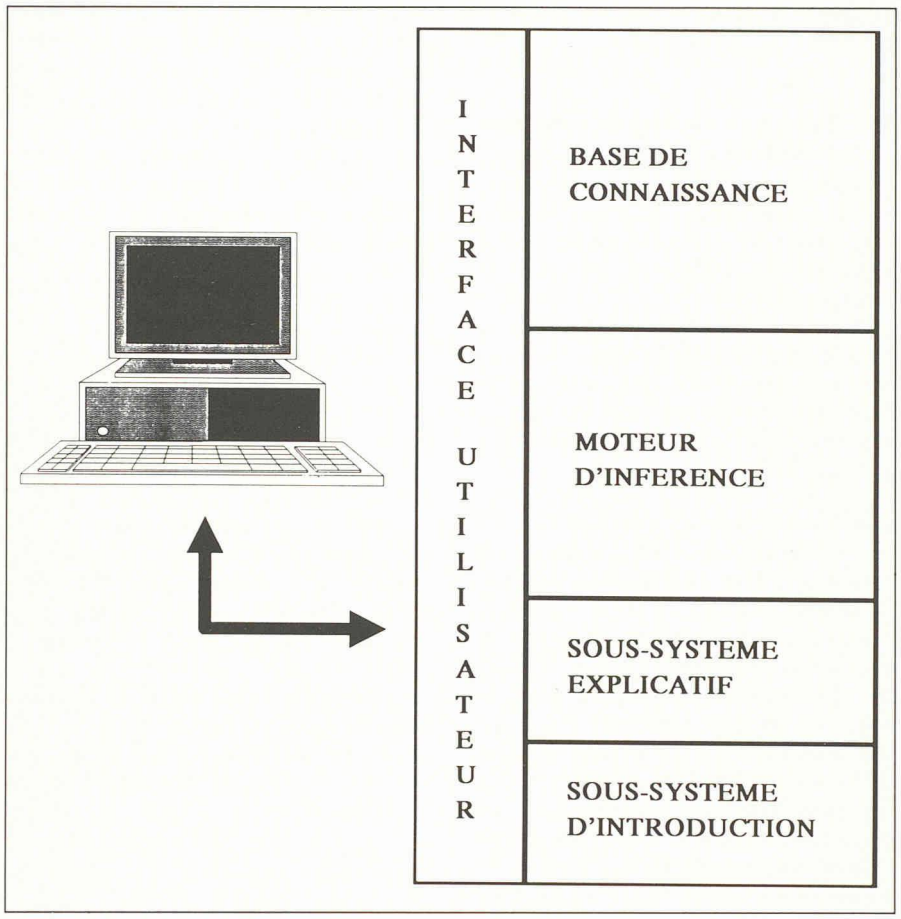

Fig. 2. – Composants d'un système expert.

férence, l'interface utilisateur, le système explicatif et *le système d'introduction de la connaissance* (fig. 2).

a) Le moteur d'inférence

Le moteur d'inférence est le cerveau du système expert. Il contrôle le processus de raisonnement, interprète les règles de la base de connaissance indépendamment du domaine traité. Cet algorithme a pour mission de traiter les informations provenant de la base de connaissance de manière à parvenir à une solution, à tirer des conclusions. Souvent le moteur d'inférence est appelé *programme de contrôle* ou *interpréteur de règles*. L'automation du processus d'enchaînement des règles, qui se fait de manière invisible par le moteur d'inférence, évite à l'utilisateur le contrôle matériel et la gestion manuelle de la base de connaissance.

b) L'interface utilisateur

Lien entre le système expert et l'utilisateur, l'interface utilisateur est l'organe de dialogue, de communication, et le reflet du système. L'interface utilisateur travaille conjointement avec le moteur d'inférence et la base de connaissance. Lors d'une consultation du système expert, c'est par l'intermédiaire de l'interface utilisateur que sont posées les questions, c'est donc par lui que le dialogue s'instaure. Dialogue qui peut s'effectuer à plusieurs niveaux selon le degré d'instruction de l'utilisateur: consultation (niveau débutant) ou apprentissage automatique (niveau avancé, expert), par exemple. L'interprétation des interrogations du système et leur traduction en langage clair et compréhensif sont ainsi réalisées par l'interface utilisateur.

c) Système explicatif

L'explication du processus du raisonnement qui conduit à la conclusion porte, dans un système expert, le nom de «système explicatif». En effet, il est généralement plus facile de croire en une décision du système expert si on peut en suivre la démarche. Le système explicatif joue ainsi un rôle didactique pour l'utilisateur. Par l'utilisation et la pratique des systèmes experts, l'utilisateur parviendra à une maîtrise, non seulement de leur logique, mais aussi de leur connaissance.

d) Système d'introduction de la connaissance

Le système d'introduction de la connaissance se présente souvent sous la forme d'un éditeur, qui permet l'introduction des règles, des structures de la connaissance, et leur mise à jour.

2.3. Apport des systèmes experts

Accroître sa productivité, éviter des prises de décisions erronées et donc coûteuses, voilà des objectifs auxquels «décideurs» (concepteurs) souscriront volontiers! Les systèmes experts, tels qu'ils sont conçus actuellement, contribuent dans une large mesure à la réalisation de ces ambitions. De plus, ils apportent non seulement un gain de temps et d'argent, mais également une qualité accrue dans la conception d'ouvrages les plus divers, en particulier dans le domaine de l'ingénierie et de l'architecture.

Une deuxième contribution importante des systèmes experts est la préservation de la connaissance. Ainsi, créer un système expert permet d'enregistrer, donc de préserver, la connaissance acquise. Pour une entreprise qui a consacré, investi des moyens importants en temps et en argent dans la formation de ses cadres, il est très profitable de pouvoir conserver cet acquis.

Les systèmes experts ont l'avantage sur les livres, autre moyen de perpétuer la connaissance, de fournir une application beaucoup plus pratique donc plus facilement et plus rapidement utilisable. En effet, la création d'un système expert, qui a demandé une détermination, une formulation plus adaptées au problème à résoudre, permettra, par sa conception même, une connaissance plus précise et plus adéquate, en corrélation étroite avec les tâches à remplir.

Troisième apport à souligner: les systèmes experts contribuent non seulement à une meilleure compréhension des problèmes, ils servent également de didacticiels propres à faciliter l'apprentissage, voire la formation des utilisateurs. Leur structure informatique logique, détaillée et en parfaite adéquation avec les buts recherchés permet une résolution claire des problèmes. De plus, leur aspect évolutif (leur structure se prêtant à un développement ultérieur) facilite la transmission de connaissances acquises, leur actualisation et une optimalisation des décisions.

3. Systèmes experts à l'ICOM

3.1. Historique

L'année 1989 marque le troisième anniversaire des recherches dans le domaine des systèmes experts à l'ICOM. Domaine de recherche nouveau, les systèmes experts rencontrent un intérêt grandissant dans l'Institut. Les premiers développements ont été entrepris dans le domaine de la fatigue des structures [1] [2][1]. Par la suite, une collaboration avec le professeur B. Faltings, directeur du Laboratoire d'intelligence artificielle, a dynamisé les recherches. Un projet, financé par le

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

Fonds national suisse de la recherche scientifique, marque le début de cette deuxième période.

3.2. Conception des structures soumises à la fatigue

Sur la base d'un projet pilote existant [1], une comparaison d'implantation du même système expert avec quatre outils de développement et de langages de programmation a été effectuée. Le modèle du système expert se fonde sur les *Recommandations pour la vérification à la fatigue des structures en acier de la Convention européenne de la construction métallique (CECM)* [3]. En fait, il s'agit d'un système expert d'aide à la conception de structures métalliques soumises à la fatigue. Tout en reprenant les bases du projet pilote existant, l'implantation du système expert sur différents logiciels a nécessité le redéveloppement de la base de connaissance ainsi que la modification de la structure de celle-ci.

Le système contient deux parties, dont la première est un moyen de classement : par un dialogue entre l'utilisateur et le système expert, le système est à même de classer le détail de construction identifié selon les *Recommandations européennes (CECM).* La seconde partie concerne la recherche de détails de remplacement, dans les cas où la résistance à la fatigue du détail est insuffisante.

a) Logiciels choisis

Quatre logiciels, tous disponibles sur ordinateur personnel, compatible IBM, ont retenu notre attention. Deux sont des langages de programmation et deux des outils de développement, c'est-à-dire des logiciels plus ou moins clos qui contiennent déjà le moteur d'inférence, l'interface utilisateur et les systèmes explicatifs et d'introduction des données.

Les deux outils de développement sont « Exsys » [4], outil de développement d'origine du système [1], et « Nexpert Object » [5], outil plus sophistiqué et plus convivial. En ce qui concerne les langages de programmation, notre choix s'est porté sur : Turbo Pascal [6], langage de haut niveau dont les structures se prêtent bien au développement de systèmes experts, et Golden Common Lisp [7], langage plus orienté sur l'intelligence artificielle.

b) Outils de développement

Sous une forme quelque peu caricaturale, on pourrait dire que les outils de développement sont des logiciels auxquels il ne manque que la parole, ou en langage systèmes experts, la base de connaissance. En effet, tant l'interface utilisateur, le moteur d'inférence, le système explicatif que le système d'introduction des données sont déjà prêts à l'emploi. Le souci de leur programmation est donc supprimé.

En ce qui concerne la base de connaissance, les outils de développement ont l'avantage de faciliter, d'automatiser l'écriture, la correction et la maintenance de celle-ci. De plus, un contrôle de syntaxe est effectué immédiatement par l'éditeur du logiciel, d'une manière transparente pour l'utilisateur. De ce fait, la majeure partie des fautes de syntaxe et de frappe est évitée. Il en résulte donc un gain de temps important lors de l'écriture de la base de connaissance.

Autre point fort des outils de développement à signaler : la mise au point de la base de connaissance. Parmi les « boîtes à outils » disponibles, il existe, comme c'est le cas dans « Nexpert Object », une possibilité de représentation graphique de la connaissance sous forme de réseau ou arbre de connaissance. Cette visualisation permet de vérifier la structuration de la base de connaissance, ainsi que les relations existant entre les différentes règles.

A tous ces avantages correspondent cependant des inconvénients. L'outil de développement formant un tout avec son moteur d'inférence et son interface utilisateur, l'intervention à l'intérieur de ces deux organes est quasiment impossible. La modification de l'interface utilisateur, par exemple, n'est pas envisageable. Cette rigidité du système a pour conséquence majeure de rendre difficile la fusion du système expert avec un programme traditionnel de la CAO (conception assistée par ordinateur) ou de MEF (modélisation par éléments finis). Ainsi, de par cette rigidité excessive, l'adéquation du système expert aux besoins réels du concepteur ne peut être réalisée, ni pour l'interface utilisateur ni pour les techniques d'intelligence artificielle qu'il voudrait appliquer.

En dépit des quelques réserves émises ci-dessus, touchant une souplesse d'application parfois réduite, les ingénieurs trouveront largement leur compte dans les outils de développement, car ils pourront réaliser eux-mêmes des systèmes experts sans faire appel aux informaticiens. Les outils de développement sont, à ce jour, idéaux pour la réalisation de systèmes experts prototypes de moyenne complexité, mais inadaptés aux problèmes de synthèse, comme la conception par exemple.

c) Langages de programmation

Les langages de programmation sont aujourd'hui encore le seul moyen de résoudre tous les types de problèmes, tels ceux liés à la conception et au pilotage de processus en temps réel. En génie civil, comme dans maints autres domaines, la complexité des problèmes de conception et la nécessité d'une visualisation graphique font que le recours aux langages de programmation est inévitable. La richesse de développement de systèmes experts à l'aide de langages n'a pas d'égale. On peut ainsi affirmer qu'en la matière, toutes les applications sont envisageables. En revanche, la nécessité de posséder des connaissances sérieuses tant en programmation qu'en intelligence artificielle rend l'approche des systèmes experts plus ardue.

d) Perspectives d'avenir

Cette complexité de mise en œuvre et la lenteur de développement qui en découle ne font que renforcer l'intérêt porté aux outils de développement. L'évolution sans cesse renouvelée des produits informatiques, alliée au désir de les rendre accessibles à tout un chacun, pousseront les informaticiens à fournir des produits de développement toujours plus performants et de meilleure convivialité (fig. 3).

L'avenir appartient donc certainement, pour les systèmes à base de connaissance, aux environnements de développement, c'est-à-dire à des outils de développement possédant un langage de programmation « interfaçable » avec d'autres langages traditionnels, comme Lisp, Pascal, C ou Fortran.

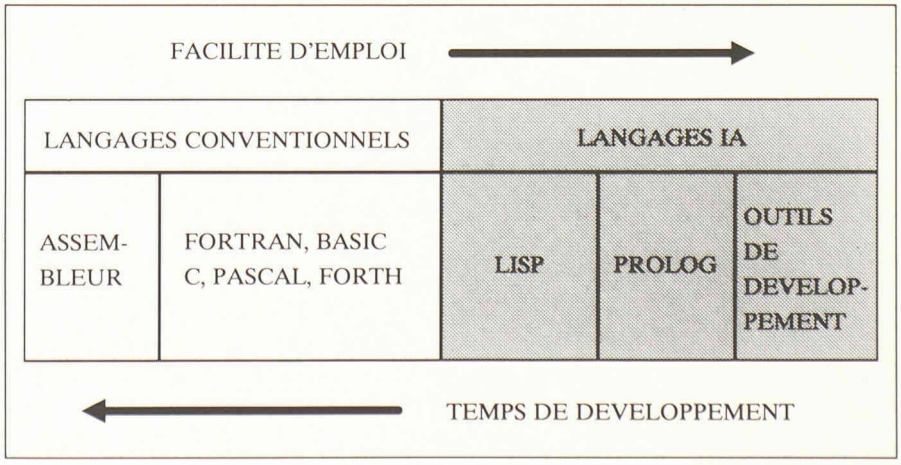

Fig. 3. – Langages de développement de systèmes experts.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le professeur B. Faltings et M. K. Hua du LIA - Laboratoire d'intelligence artificielle du Département d'informatique de l'EPFL - avec qui des échanges fructueux ont eu lieu, ainsi que le professeur M. A. Hirt de l'ICOM pour son appui, et tous ceux qui ont contribué à la bonne mise en forme de cet article. Une partie de la recherche a été subventionnée par le Fonds national suisse de la recherche scientifique.

3.3. Esthétique des ponts

L'esthétique des ponts est un sujet controversé et souvent négligé. C'est pourquoi un système d'aide à la conception esthétique des ponts pourrait apporter, si ce n'est une référence, du moins une base, un recensement des critères esthétiques fondamentaux. Du point de vue de l'intelligence artificielle, ce sujet revêt un intérêt tout particulier. En effet, la connaissance nécessaire à la réalisation d'une aide à la conception esthétique des ponts n'est jamais définitivement acquise, mais au contraire souvent incomplète. Elle comporte en outre de nombreuses contradictions [8] et doit toujours être adaptée aux besoins particuliers. Ce sont ces aspects-là en particulier qui seront traités dans ce projet, qui n'en est qu'à sa phase préliminaire.

3.4. «Eureka 259» – Systèmes experts dans le domaine de la soudure

Seize groupes de recherche, répartis dans huit pays, participent à ce projet qui touche trois domaines de la soudure: la *technologie*, le *contrôle* et la *fatigue*. Pour sa part, l'ICOM s'occupe de la partie *fatigue* en collaboration avec l'Organisation pour la recherche scientifique aux Pays-Bas (TNO) et l'Université de Munich (TUM). Le budget total de ce projet dépasse les 6 millions d'Ecus.

A ce jour, des sociétés telles que ASEA Brown Boveri SA à Baden et Giovanola Frères SA à Monthey ont montré un vif intérêt. L'ICOM cherche actuellement d'autres partenaires dans l'industrie suisse.

4. Conclusions

La recherche à l'ICOM dans le domaine des systèmes experts, bien que récente, n'en est pas moins bien lancée. Il était important de ne pas manquer cette entrée dans un domaine en plein essor. Un domaine d'avant-garde qui, n'en doutons pas, suscitera de plus en plus d'intérêt, et pas exclusivement dans le monde des ingénieurs et architectes. Les perspectives de développement, en effet, sont immenses. Et si, dans un avenir proche, les recherches sur les systèmes experts à l'ICOM doivent s'axer sur des collaborations interdisciplinaires prometteuses, elles ne négligeront cependant pas les réalisations pratiques dans le domaine de la construction métallique.

Bibliographie

[1] SMITH, I. F. C.; ZIMMERMANN, T.; DIEU, F.: «Computer-aided fatigue design of steel structures», 13e Congrès, Helsinki, rapport du congrès AIPC, Zurich, 1988, pp. 267-274.

[2] SMITH, I. F. C.: «Knowledge-base systems for structures in service. Expert systems in civil engineering», IABASE Colloquium, Bergamo, October 18-20, 1989 (à paraître).

[3] CECM: *Convention européenne de la construction métallique - Recommandations pour la vérification à la fatigue des structures en acier*, Bruxelles, 1985 (publication N° 43).

[4] *«Exsys», Expert system development package*, Exsys Inc., Albuquerque NM, 1985.

[5] *«Nexpert Object», Expert system development tool*, Neuron Data Inc., Palo Alto CA, 1987.

[6] *Turbo Pascal*, Borland International Inc., Scotts Valley CA, 1988.

[7] *Golden Common Lisp*, Gold Hill Computers Inc., Cambridge MA, 1986.

[8] HUA, H.; FALTINGS, B.; SMITH, I. F. C.: «Default-reasoning in a bridge design system», Proceedings IFIP, WG 5.2, Osaka, 1989 (à paraître).

Bibliographie générale

FRENZEL, L. E.: *Understanding Expert Systems*, Howard W. Sams & Company, Indianapolis, 1987.

MISHKOFF, H. C.: *Understanding Artificial Intelligence*, Texas Instruments, Dallas, 1985.

WALTERS, J. R.; NIELSEN, N. R.: *Crafting knowledge-based systems*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1988.

Adresse des auteurs:
Fabian Donzé,
ing. dipl. EPFL/SIA
Graham J. Kimberley, Bsc ing.
Ian F. C. Smith, Dr ès sc. techn.,
ing. dipl. SIA
Ecole polytechnique fédérale
de Lausanne
ICOM - Construction métallique
GC - Ecublens
1015 Lausanne

La Suisse dans l'Europe des transports – Rectificatif

***Ingénieurs et architectes suisses* n° 19 du 6 septembre 1989**

Une erreur regrettable s'est glissée dans cet article, en page 419. En effet le coût de la ligne transjurane Bourg-Genève par Nantua, telle qu'elle est proposée par le bureau d'ingénieurs Bonnard & Gardel est estimé à *1,2 milliard de francs suisses, conditions 1985 (hors imprévus et divers)* et non à 1,5 milliard. Il convient donc de prendre ce premier montant en considération pour toute comparaison de coûts.

Nous prions nos lecteurs ainsi que les auteurs du projet de bien vouloir excuser cette malencontreuse erreur, consécutive à la mauvaise transmission d'une correction de dernière minute.

Jean-Pierre Weibel,
rédacteur en chef