

ENSEIGNEMENT DE LA CONSTRUCTION METALLIQUE

ASPECTS STRUCTURAUX

- NOTES DE COURS ET SUPPORTS A L'ENSEIGNEMENT
- EXERCICES PRATIQUES ET LOGICIELS D'APPLICATION
- ILLUSTRATIONS

Jean-Pierre JASPART *

Département MSM
Université de Liège
1 Chemin des Chevreuils
B-4000 LIEGE 1

Eric CEUTERIK

De Nayer Instituut
5 Jan Denayerlaan
B-2860 SINT-KATELIJNE-WAVER

Document distribué dans le cadre de la
Journée Enseignement Acier
organisée par le Centre d'Information de l'Acier
à Bruxelles le 15 mars 2000

INTRODUCTION

Entre 1988 et 1995, un vaste programme européen réunissait un grand nombre d'enseignants et de professionnels de la Construction Acier. Il s'agissait de réaliser **ESDEP**, un ensemble pédagogique pour la formation à la Construction Métallique contenant différents outils pour l'apprentissage de la nouvelle réglementation européenne : les Eurocodes 3 et 4.

Depuis, ce matériel a été amélioré, transformé, modernisé et de nombreux autres programmes en sont dérivés : **WIVISS, SSEDTA, SteelCAL...**

* en collaboration avec Jean-Pierre MUZEAU, Professeur à l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, France.

En 1992, l'**APK** a été créée. Il s'agissait de traduire **ESDEP** en français et, en même temps, de réunir les acteurs francophones de la Construction Métallique. Depuis son lancement, cette association a créé et diffusé de nombreux supports d'aide à l'enseignement (diapositives, CD-ROM, logiciels, vidéos) et contribué à la réalisation de deux ouvrages.

Dans le même temps, la micro-informatique s'est considérablement démocratisée, autorisant ainsi une utilisation plus large de logiciels de calcul spécifiques aux structures en acier (**EC3 tools, EC3 Expert, OSSA2D, PEP, EC3 daves, CoP...**). Les calculs deviennent plus aisés, facilitant ainsi l'application de règlements de plus en plus efficaces.

Enfin, depuis quelques années, Internet s'est développé de manière très importante et les outils de diffusion de l'information ont évolué. De sites Internet ont été créés et les CD-ROM se sont répandus. Tout cet ensemble permet de diffuser la connaissance et d'informer sur l'évolution des techniques de manière plus large et moins onéreuse que par le passé.

L'objectif de la présente communication est de décrire certains outils et matériels qui sont disponibles aujourd'hui au plan européen pour enseigner la Construction Métallique. Nous verrons successivement **ESDEP** et ses prolongements : **WIVISS, SSEDTA, SteelCAL**. Nous présenterons les associations, **APK** et **ESDEP Society**, destinées à relayer ces programmes et à servir de lien entre les enseignants de Construction Métallique. Nous signalerons quelques logiciels spécifiques à notre domaine scientifique et enfin nous présenterons des sites Internet et des CD-ROM qui nous paraissent particulièrement intéressants¹.

La communication orale faisant une large place à la démonstration de ces outils, seuls les points essentiels sont indiqués ici. Il est en effet difficile de transcrire par écrit, sous forme figée, des aspects multimédia dont l'intérêt principal est d'être dynamique (et en couleur !).

Enfin, nous indiquerons les adresses des personnes ou institutions à contacter pour obtenir des renseignements relatifs aux divers outils présentés, voire les acquérir.

1 – ESDEP ET SES PROLONGEMENTS

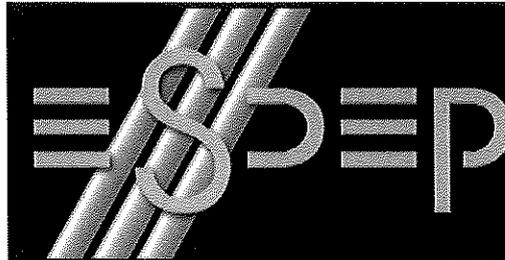
1.1 – ESDEP

Le programme **ESDEP** (European Steel Design Education Programme) est un vaste ensemble de :

- 200 leçons,

¹ *Il est absolument impossible d'être exhaustif en la matière. C'est pourquoi, plutôt que de se focaliser sur les éléments qui n'apparaissent pas dans le texte, il est demandé au lecteur qui aurait connaissance de certains outils non indiqués ici, de les signaler aux auteurs qui pourront alors les inclure dans une prochaine présentation. De même, les auteurs prient les organismes ou les créateurs de logiciels non cités ici de les excuser. Qu'ils veuillent bien prendre contact avec eux afin qu'à l'avenir ces « oublis » soient réparés !*

- 35 exemples,
- 1000 diapositives,
- un logiciel de calcul de poutres fléchies selon l'Eurocode 3,
- 21 vidéos pour une durée totale de 8 heures.



Logo ESDEP

Réalisé entre 1988 et 1995 grâce au financement conjoint de la sidérurgie et de la Communauté Européenne (Programme COMETT), **ESDEP** a été rédigé par plus de 140 spécialistes européens de la Construction Acier.

L'ensemble des leçons est ordonné selon les volumes suivants :

Vol. 1 – Construction Métallique	Vol. 9 – Construction en éléments minces
1A – Facteurs économiques et commerciaux	Vol. 10 – Construction mixte acier-béton
1B – Introduction à la conception	Vol. 11 – Assemblages sous chargement statique
Vol. 2 – Métallurgie appliquée	Vol. 12 – Fatigue
Vol. 3 – Fabrication et montage	Vol. 13 – Constructions en profils creux
Vol. 4 – Protection de l'acier	Vol. 14 – Systèmes structuraux : bâtiments
4A – Corrosion	Vol. 15 – Systèmes structuraux
4B – Incendie	15A – Structures offshore
Vol. 5 – Conception et fabrication assistées par ordinateur	15B – Ponts
Vol. 6 – Stabilité appliquée	15C – Divers
Vol. 7 – Éléments	Vol. 16 – Réhabilitation
Vol. 8 – Plaques et coques	Vol. 17 – Conception parasismique
	Vol. 18 – Acier inoxydable

ESDEP concerne deux niveaux de formation : technicien et ingénieur. Il couvre à la fois le domaine de la Construction Métallique et celui de la Construction Mixte.

Les leçons sont d'abord destinées aux enseignants qui peuvent y trouver des cours d'une durée théorique d'une heure sachant que les figures et/ou les diapositives qui les accompagnent peuvent être utilisées pour les illustrer. Il est également possible de considérer cet ensemble comme un outil d'autoformation, tant en formation initiale qu'en formation continue (pour réactualiser ses connaissances en vue de s'initier à l'Eurocode 3 par exemple).



Diapositives, vidéos et logiciel de calcul ESDEP

Les inconvénients majeurs de cet ensemble pédagogique sont d'une part son coût de diffusion extrêmement important et d'autre part son caractère figé en raison des supports utilisés (diapositives, leçons en version papier, vidéos).

Il faut également souligner que si le contenu d'**ESDEP** est très « British » (nombreuses références à des exemples et des techniques anglo-saxonnes) et que s'il est vrai que le contenu des leçons est de niveau assez inégal, il n'en représente pas moins une mine d'informations très efficaces pour des enseignants qui peuvent n'en retenir que les éléments qui les intéressent plus particulièrement pour les adapter à leurs propres cours.

1.2 – WIVISS

Pour pallier les inconvénients d'**ESDEP**, un programme pilote a été initié. Il s'agit de **WIVISS** : « **W**ider **V**ocational Initiative in **S**tructural **S**teelwork », financé lui aussi par le programme européen Léonardo da Vinci.

WIVISS qui s'appuie sur le contenu d'**ESDEP**, vise à transformer ce dernier pour lui donner une forme plus moderne et plus efficace : celle d'un CD-ROM avec les facilités de navigation qui se rattachent aux textes sous forme électronique.

Actuellement, dans la version pilote de **WIVISS**, quelques leçons issues de 3 volumes d'**ESDEP** ont été mises en forme. Il s'agit de leçons du *Volume 4B : Protection Incendie*, du *Volume 7 : Éléments* et du *Volume 14 : Bâtiments multi-étagés* et elles sont traduites en trois langues : allemand, anglais et français.

L'utilisateur a la possibilité de définir son profil pour adapter l'affichage du contenu des leçons à ses souhaits (beaucoup de théorie ou très peu, plus ou moins d'Eurocode...). De plus, des liens hypertextes et des mots-clés lui permettent de naviguer à l'intérieur de l'ensemble. De même, il est possible de n'afficher qu'un résumé du contenu des leçons pour se limiter à

1.3 – SSEDTA

En 1996, un autre programme européen, toujours financé dans le cadre du programme Léonardo da Vinci, a vu le jour. Il s'agit de **SSEDTA** : « **S**tructural **S**teelwork **E**urocodes – **D**evelopment of a **T**rans-national **A**pproach » dont le but est de construire 25 modules d'enseignement pour la formation à l'Eurocode 3.

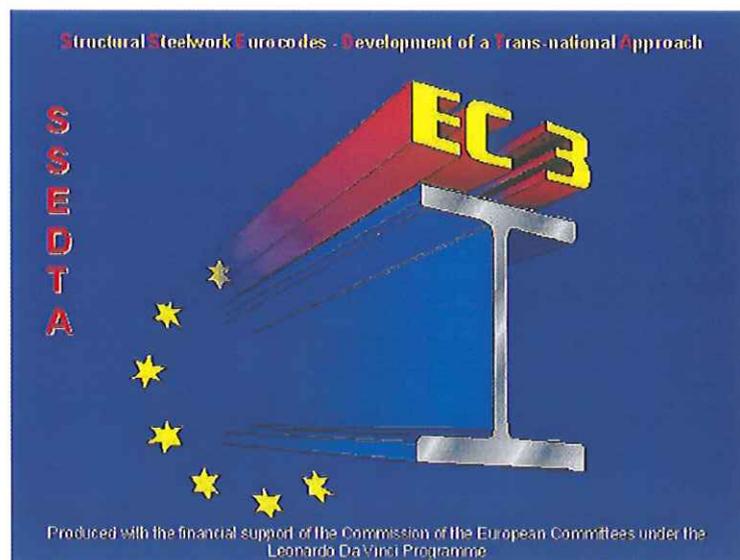
L'idée de base était d'encourager une interprétation trans-européenne de la réglementation par le développement et la distribution de modules d'enseignement sous forme de textes en format électronique.

SSEDTA est spécialement conçu pour les formateurs qui enseignent l'Eurocode 3 aux ingénieurs praticiens. Il contient :

- un ensemble de leçons sous format Word 97 avec toutes les références nécessaires à l'Eurocode 3 ;
- un guide d'utilisation à destination des formateurs ;
- une présentation PowerPoint de chaque leçon ;
- des exemples de calcul.

Le CD-ROM **SSEDTA** est diffusé en français, espagnol, grec et anglais.

L'adresse du site Internet correspondant : www.shef.ac.uk/uni/projects/ec3



Logo SSEDTA

Les modules qui sont contenus dans **SSEDTA** sont les suivants :

<p>Module 1 - Introduction 1 à 3 Introduction aux Eurocodes</p> <p>Module 2 - Conception et analyse des ossatures 4 Idéalisations et calcul des ossatures 5 Classification des ossatures et représentation des assemblages 6 Choix des méthodes d'analyse et conséquences sur le calcul</p> <p>Module 3 - Différentes approches de la conception des ossatures 7 Approches traditionnelles et modernes de la conception 8 Applications pratiques des approches de calcul modernes</p> <p>Module 4 - Calcul des éléments 9 Voilement local et classification des sections 10 Éléments tendus 11 Poutres maintenues au déversement 12 Poutres susceptibles de déverser 13 Poteaux 14 Éléments comprimés et fléchis</p>	<p>Module 5 - Assemblages 15 Généralités sur les assemblages structuraux 16 Assemblages simples 17 Caractérisation de la réponse des assemblages transmettant un moment 18 Procédures pratiques pour la caractérisation de la réponse des assemblages transmettant un moment</p> <p>Module 6 - Ingénierie de l'incendie 19 Introduction à la conception de la protection incendie au sens de l'EC3</p> <p>Module 7 - Exemples 20 Portique rigide simple 21 Calcul comparatif d'un portique rigide à nœuds non déplaçables avec des liaisons articulées, semi-rigides ou rigides 22 Calcul d'un portique souple avec liaisons rigides 23 Calcul comparatif d'un portique souple à nœuds déplaçables avec liaisons rigides ou semi-rigides 24 Calcul élastique d'un portique 25 Calcul plastique d'un portique</p>
--	---

Introduction



- ◆ Slender structural elements loaded in a stiff plane tend to fail by buckling in a more flexible plane.
- ◆ In the case of a beam bent about its major axis, failure may occur by a form of buckling which involves both lateral deflection and twisting.

Lateral-torsional buckling

Exemple d'un écran d'une présentation PowerPoint contenue dans SSEDTA

1.4 – SteelCAL

SteelCAL est le plus récent de tous ces programmes et son développement est toujours en cours à l'heure actuelle. Dynamique et moderne, il utilise l'ensemble des facilités offertes par le multimédia.



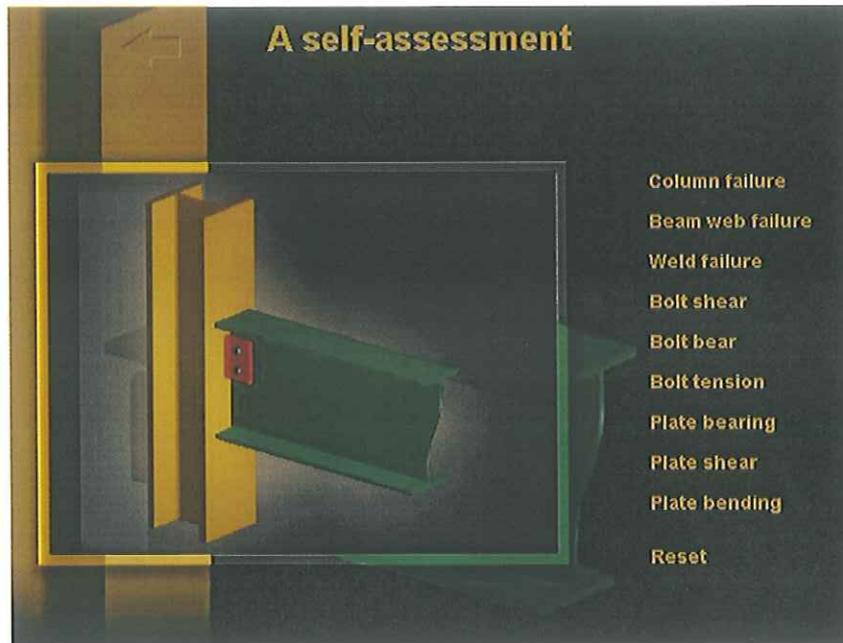
Logo SteelCAL

SteelCAL vise à proposer aux élèves, aux étudiants et aux formateurs un ensemble de scénarios d'apprentissage à la Construction Métallique. Trois groupes de sujets sont prévus :

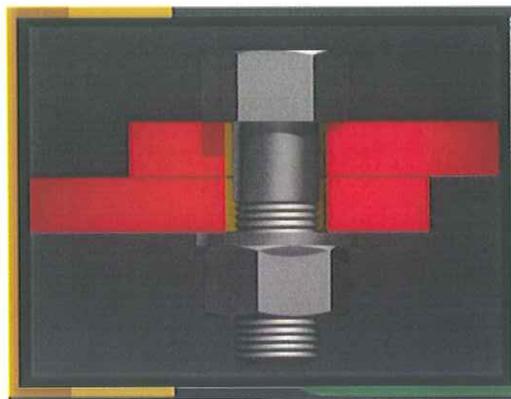
- conception des structures :
 - stabilité
 - chemins de chargement
 - formes structurales
 - modélisation des structures
- éléments :
 - poutres fléchies maintenues au déversement
 - poutres fléchies susceptibles de déverser
 - comportement des poutres à l'effort tranchant
 - comportement des poteaux
 - état limite de service
- assemblages :
 - articulations
 - encastremets
 - analyse des assemblages simples
 - calcul des éléments d'assemblages

SteelCAL est destiné à être utilisé de plusieurs manières :

- soit sous la direction d'un enseignant qui orientera ses élèves vers tel ou tel module afin qu'ils complètent leurs connaissances ;
- soit de manière interactive entre plusieurs groupes d'élèves via le réseau Internet, toujours sous la supervision d'un enseignant ;
- soit de manière autonome par des élèves souhaitant compléter leurs connaissances ou les vérifier en résolvant des exercices par exemple (ceci pouvant être réalisé sur un seul site ou via le réseau Internet).



Un écran du scénario : analyse des assemblages simples



Boulon cisailé

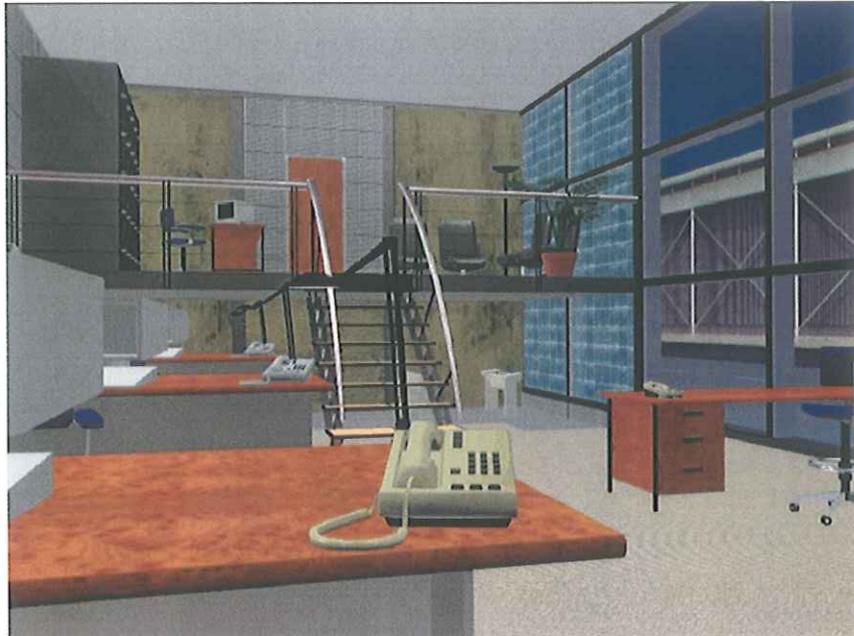
Environnement multimédia dynamique, moderne et interactif, **SteelCAL** devrait participer à la motivation des élèves pour le domaine de la Construction Métallique. Il pourra être utilisé par les enseignants en complément des cours mais ne vise pas évidemment pas à les remplacer !

Les possibilités offertes par **SteelCAL** peuvent conduire à modifier progressivement la manière d'enseigner.

A titre d'exemple, un laboratoire virtuel sera mis à disposition des élèves. Ils pourront ainsi être amenés à réaliser leurs propres expérimentations, faire des mesures (dont les résultats seront issus de différentes banques de données), traiter et utiliser les résultats pour les introduire dans un calcul de structure par exemple.

Actuellement, trop peu d'essais sont réalisés en raison de leur coût et du temps nécessaire pour les mettre en œuvre. S'il est évident qu'un laboratoire virtuel ne pourra jamais remplacer

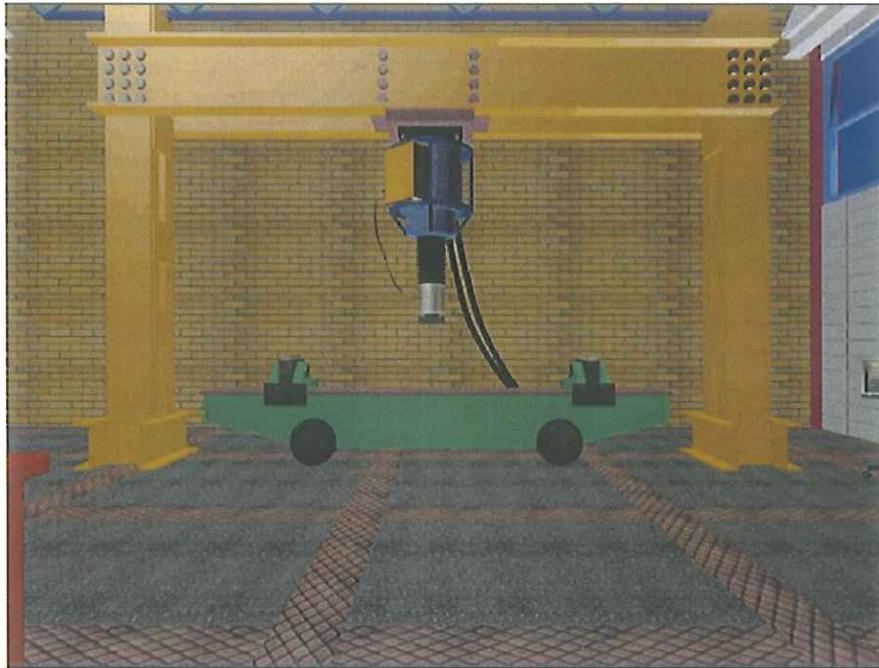
l'acquis d'un test réel, il peut toutefois permettre de faire comprendre aux élèves certains phénomènes physiques de manière plus efficace et plus attractive qu'une longue explication au tableau. De plus, mieux vaut un essai virtuel que pas d'essai du tout !



Le bureau d'études SteelCAL



Les presses d'essai du laboratoire SteelCAL



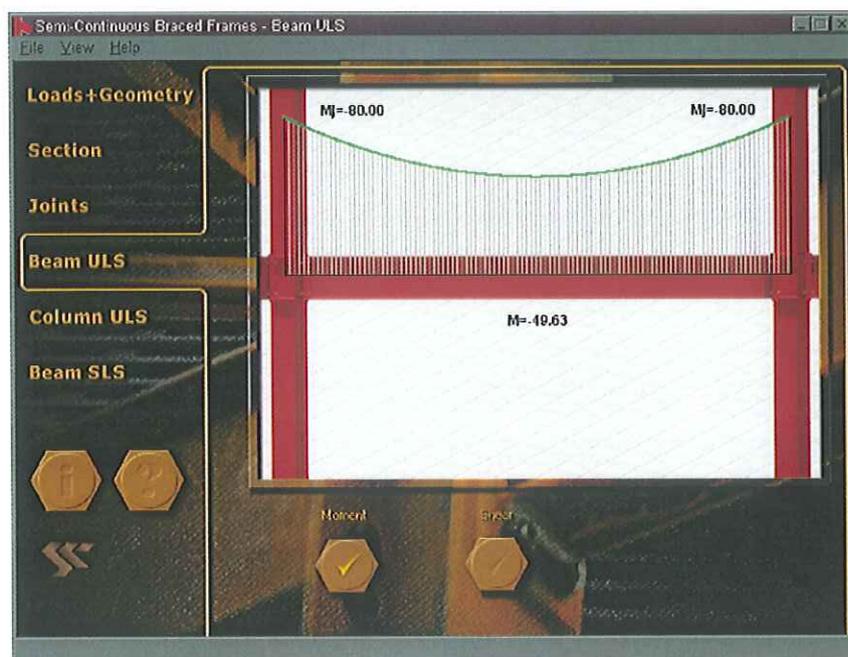
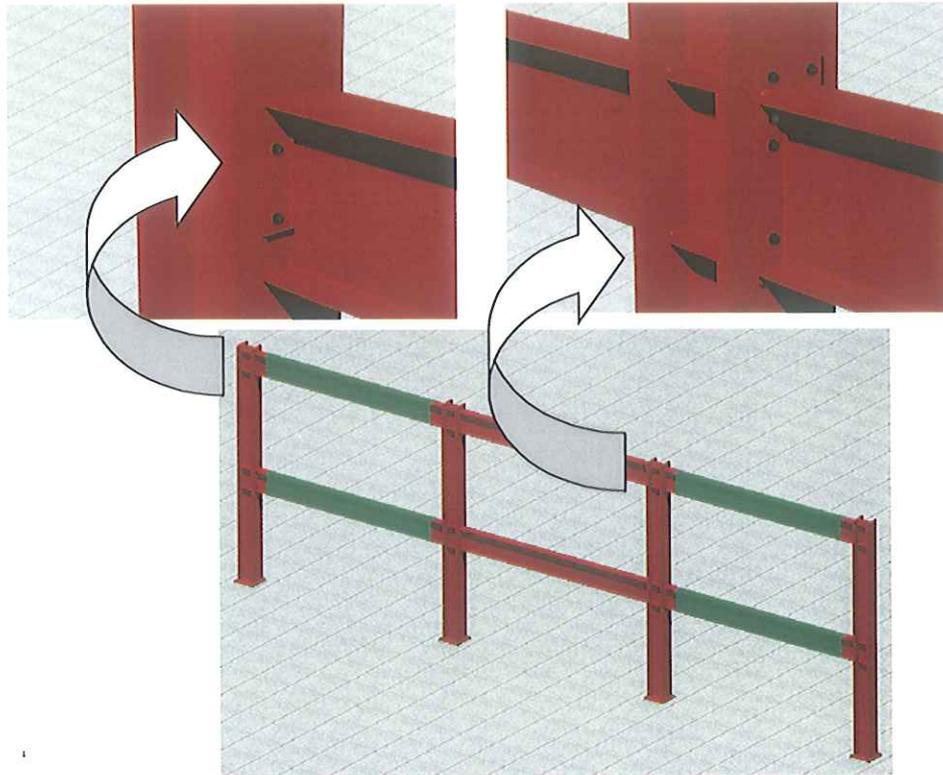
L'équipement d'essai en flexion du laboratoire SteelCAL

De même, il pourrait être possible de demander aux élèves d'étudier seuls certains aspects du cours pour qu'ensuite l'enseignant puisse se focaliser sur les points les plus délicats à comprendre (car tous ne nécessitent pas nécessairement la présence d'un pédagogue).

Enfin, il deviendra possible de proposer une vaste gamme d'exercices (dont les données pourraient être aléatoires) pour permettre aux élèves de vérifier leurs connaissances.

Le site Internet correspondant : www.steelcal.org

Exemple de possibilité intégrée dans SteelCAL : le calcul de structures avec différents types de liaisons et l'influence de ces dernières sur le comportement ELU et ELS de la structure.



2 – LES ASSOCIATIONS

2.1 – L'APK

L'**APK** (Association pour la **P**romotion de l'**E**nseignement de la **C**onstruction **A**cier) a été créée en octobre 1991 pour promouvoir une meilleure connaissance de la Construction Métallique au sein de la communauté francophone.

Elle réunit aujourd'hui environ 400 membres qui se répartissent selon quatre catégories :

- des membres individuels (en France bien sûr mais aussi en Algérie, en Belgique, en Italie, au Luxembourg, au Portugal, en Roumanie, en Suisse...),
- des établissements d'enseignement secondaire,
- des établissements d'enseignement supérieur (IUT, écoles d'ingénieurs, universités, CHEM),
- des entreprises et des organisations professionnelles.

L'**APK** représente un lien fort et efficace entre les acteurs de la Construction Métallique francophone :

- les enseignants de Construction Métallique, du Lycée aux écoles d'ingénieur en passant par les IUT et les BTS mais aussi les écoles de spécialisation (CHEM),
- les professionnels du Génie Civil intéressés par la construction acier,
- les fabricants d'acier (USINOR), le CTICM, le syndicat de la Construction Métallique de France (SCMF).



Lopo APK

□ *Buts principaux*

A l'origine, l'une des tâches importantes de l'**APK** avait été de traduire et diffuser le programme **ESDEP** en France mais rapidement ses activités ont débordé ce cadre. Ses buts principaux sont :

- constituer un lien efficace et concret entre les personnes intéressées par la construction en acier (enseignants, ingénieurs, fabricants, architectes, industriels, entreprises, bureaux d'études, organismes de contrôle, centres d'essais...);
- favoriser, promouvoir, améliorer et développer l'enseignement de la Construction Métallique ;
- informer sur les travaux en cours ;
- aider à la formation des jeunes (techniciens, ingénieurs...);
- diffuser les activités pédagogiques réalisées par ses membres ;

- représenter les intérêts des enseignants devant leurs autorités de tutelle (Ministère de l'Éducation Nationale...).

□ *Activités principales*

Les activités principales de l'**APK** sont les suivantes :

- publier, trois fois par an, des Cahiers de l'APK (de 100 à 200 pages, 22 numéros parus jusqu'à maintenant)
- traduire et disséminer le programme **ESDEP**
- initier des Universités d'été ou des séminaires sur des sujets importants (trois jusqu'à présent qui ont concerné respectivement l'Eurocode 3, l'Eurocode 4 et l'Eurocode 1)
- informer sur les chantiers, les projets, la fabrication, etc.
- diffuser des outils pédagogiques
- informer sur le développement des techniques et des évolutions de la réglementation (Eurocodes par exemple)
- favoriser la production de matériel pédagogique (2 ouvrages ont déjà été publiés, 3 autres sont en cours de réalisation)

➤ Les Cahiers de l'APK

Les Cahiers de l'**APK** représentent l'une des activités importantes de l'Association. Ils constituent le lien effectif entre tous les membres et ils fournissent un matériel pédagogique de qualité généralement très apprécié par tous les lecteurs.

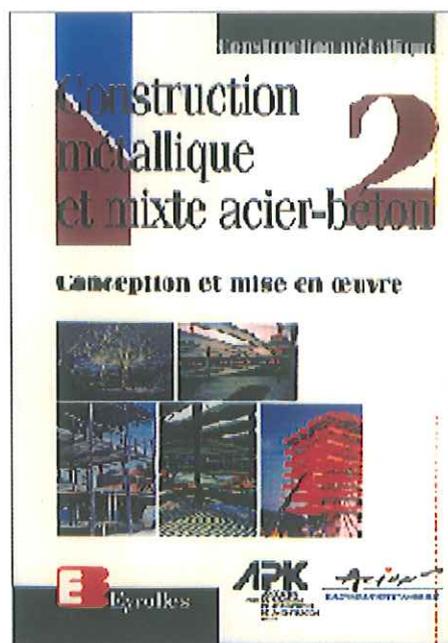
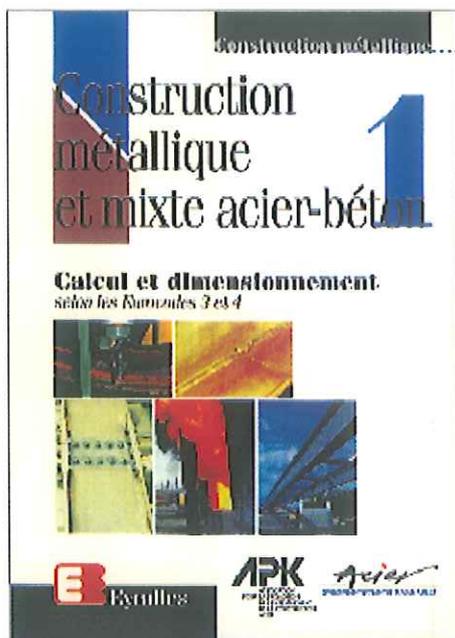
Chaque livraison contient des articles techniques et des informations variées. Elle est accompagnée soit d'une planche d'une vingtaine de diapositives, soit d'une cassette vidéo, soit d'un logiciel. Selon l'esprit de l'Association, les sujets des articles sont limités à des thèmes susceptibles d'aider les enseignants à préparer leurs cours ou à actualiser leurs connaissances. Il ne s'agit donc pas d'une revue scientifique traditionnelle avec un comité de lecture mais d'un organe de liaison à finalité pédagogique.

La plupart des articles concerne des descriptions techniques et architecturales d'ouvrages en acier présentant un caractère pédagogique d'exemple et qui, en conséquence, ne sont pas nécessairement exceptionnels. Lorsqu'elles sont disponibles, des informations sont fournies sur des activités éducatives particulières (résumés de travaux de fin d'études ayant trait à la Construction Métallique par exemple).

➤ Rédaction d'ouvrages

Deux ouvrages ont déjà été publiés sous l'égide de l'**APK** [1, 2]. Vingt auteurs francophones ont travaillé ensemble pour produire ces deux volumes. En raison du faible nombre de livres en français disponibles dans le domaine de la Construction Métallique, ce travail pédagogique représente une action réellement efficace, appréciée à la fois par les enseignants, mais aussi par la profession dans son ensemble.

L'idée à la base de ces ouvrages était d'expliquer certains aspects scientifiques et techniques liés aux Eurocodes 3 et 4 mais également d'actualiser les connaissances en Construction Métallique pour les pays francophones. Il faut souligner que grâce à l'aide matérielle et financière de l'APK, il a été possible de produire ces ouvrages à un coût suffisamment faible pour qu'ils soient accessibles à un prix étudiant (1500 F chacun).



Les deux ouvrages APK

Le premier volume traite des aspects généraux et quelque peu fondamentaux sur le calcul et le dimensionnement des bâtiments:

Chapitre 1 :	Matériau acier et produits dérivés
Chapitres 2 et 3 :	Concepts fondamentaux de la sécurité et vérification de la résistance des structures
Chapitres 4 et 5 :	Résistance des pièces selon leur fonction (y compris les phénomènes d'instabilité)
Chapitre 6 :	Assemblages
Chapitre 7 :	Fatigue et rupture fragile
Chapitre 8 :	Construction mixte

Le second volume commence par situer le contexte économique de l'acier dans le monde de la construction (Chapitre 1). Il aborde ensuite des thèmes concrets de réalisation et de conception des ouvrages en acier:

Chapitre 2 :	processus de suivi et de réalisation d'un projet depuis sa conception jusqu'à sa mise en oeuvre sur le site
--------------	---

Trois chapitres sont consacrés à des risques particuliers en mesure d'influer sur la conception des structures ou sur le choix des dispositions constructives:

Chapitre 3 :	Incendie
Chapitre 8 :	Séismes
Chapitre 9 :	Corrosion

Enfin, quatre chapitres concernent l'exposé de la conception et du dimensionnement d'ouvrages ou de techniques particulières de construction:

Chapitre 4 :	Construction en éléments minces
Chapitre 5 :	Construction tubulaire
Chapitre 6 :	Construction des bâtiments
Chapitre 7 :	Construction des ponts

Deux volumes supplémentaires sont en cours de rédaction. Le premier contiendra des exercices et exemples d'application. Le second devrait couvrir les aspects plus technologiques de la construction métallique.

➤ CD-ROM ESDEP-APK

Si comme cela a déjà été signalé, l'inconvénient majeur d'**ESDEP** était son coût de diffusion très élevé, l'**APK** vient de terminer le transfert de l'ensemble du matériel pédagogique (hors vidéo) sur un CD-ROM.



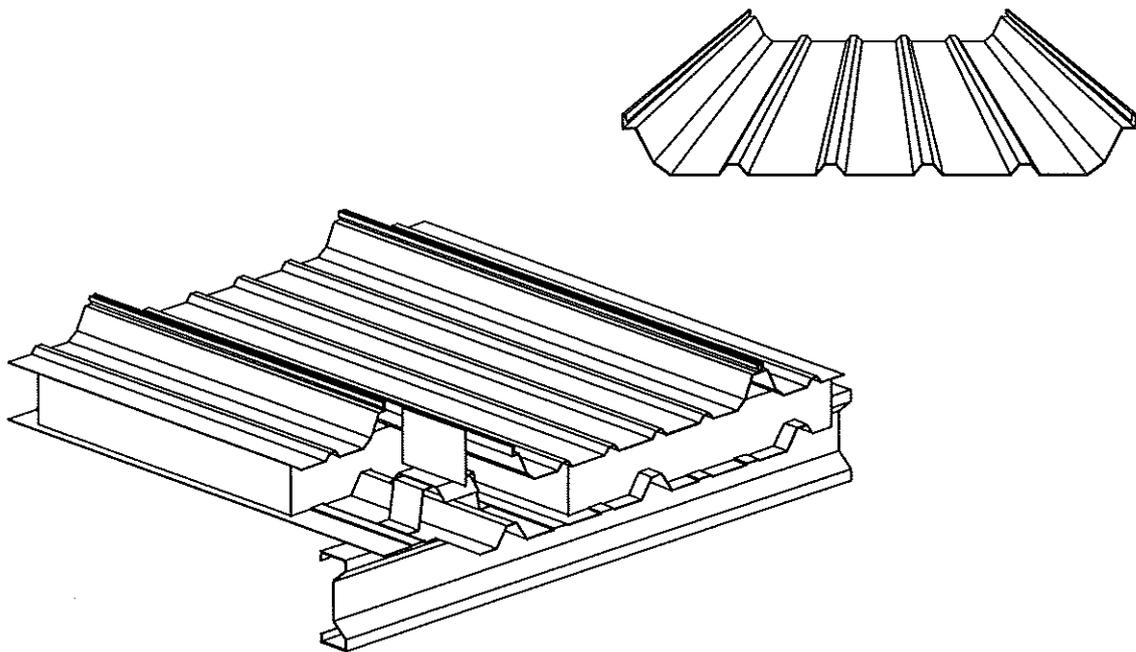
Le CD-ROM ESDEP-APK

Le **CD-ROM ESDEP-APK** contient :

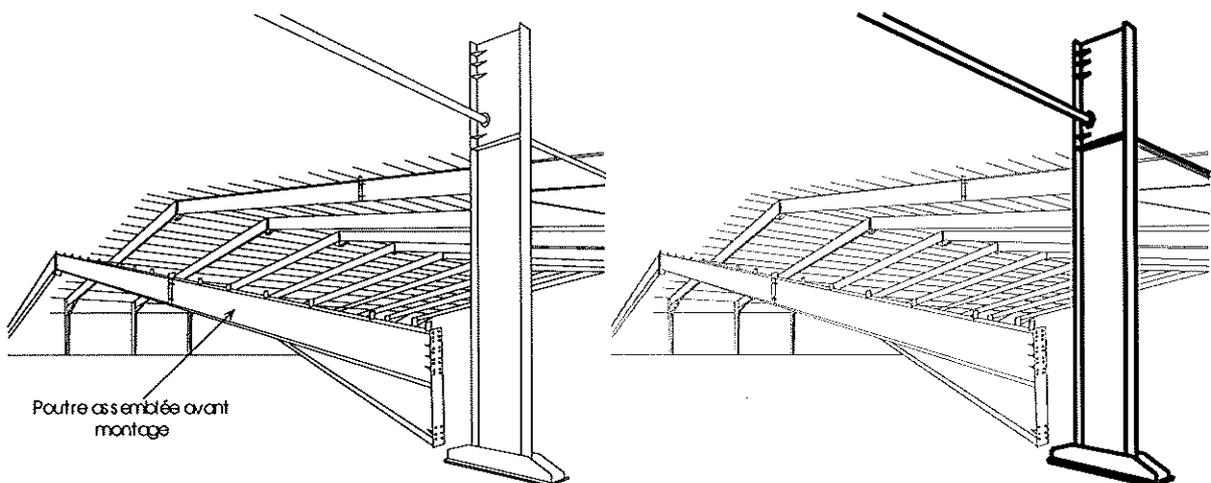
- La version française des 235 leçons et exercices avec liens hypertextes entre les leçons (version WORD 97), les figures et les diapositives (avec accès à la version anglaise originale pour vérifier les traductions en cas de doute).

- L'ensemble des légendes des diapositives, en français ou en anglais, avec liens hypertextes vers chaque image et accès direct aux différents thèmes.
- Un lexique français-anglais de 3500 termes de Construction Métallique.
- Un logiciel de calcul des poutres fléchies au sens de l'Eurocode 3 (en version anglaise).

Il faut noter que plus de 2250 figures de Construction Métallique sont disponibles sur ce CD-ROM et qu'elles sont toutes librement accessibles (c'est-à-dire qu'elles sont entièrement modifiables par l'utilisateur qui peut par exemple y ajouter du texte, en extraire certaines parties, etc.).



Exemple de figures ESDEP



Démonstration d'une modification de figure pour en souligner certains éléments



Exemple de diapositive : Pont routier de Cheviré sur la Loire à Nantes, France (1992)



Exemple de diapositive : Usine Seat-Volkswagen à Martorell, Barcelone, Espagne

punch (to)	poinçonner
punched	perforé
punching	poinçonnage
punching die	poinçon
punching machine	unité de poinçonnage
punching shear	résistance au cisaillement
resistance	poinçonnement
purchase block	poulie à plusieurs réas
purchase	maître d'ouvrage
pure torsion	torsion pure
purlin	lisse de bardage
purlin	panne
put on pallet (to)	palettiser
pylon	pylône
quadratic moment	moment d'inertie axiale
quadratic moment	moment quadratique
quadrilateral girder	poutre échelle (ou Vierendeel)
quality	qualité

Extrait du lexique anglais-français (sous forme Excel, il contient 3500 termes)

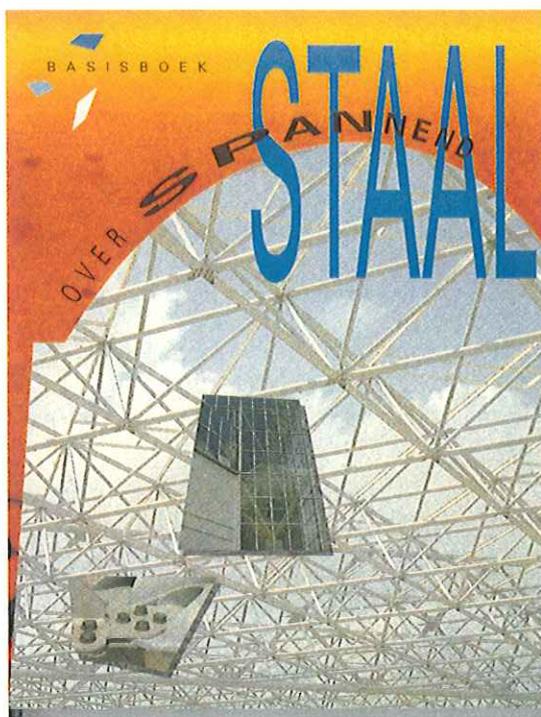
Ce CD-ROM a été fourni gratuitement à chaque membre de l'APK à la place du troisième Cahier de l'année 1999.

Site Internet de l'association : www.otua.asso.fr/Partenariats/partenar.htm

2.2 – Le Staalbouwkundig Genootschap

Le **Staalbouwkundig Genootschap (SG)** est un organisme néerlandais très actif dans la promotion de la construction métallique et mixte acier-béton. En 1996, le **SG** a publié un ensemble de trois volumes intitulés '(Over)spannend staal' et qui couvrent de nombreux aspects de la construction; leur particularité est de s'adresser tant au projeteur (Volume 1 : Basisboek) qu'à l'ingénieur-calculateur confronté à des problèmes courants (Volume 2 : Construiren A) ou plus complexes (Volume 2 : Construiren B).

Il convient toutefois de mentionner que, contrairement aux autres outils présentés dans le présent document qui sont orientés 'Eurocode 3', les volumes du **SG** se réfèrent à la norme hollandaise 'TGB 1990 Staalconstructies' (NEN 6770).



Premier des trois volumes produits par le Staalbouwkundig Genootschap

2.3 – L'ESDEP Society

L'**ESDEP Society** a été créée pour encourager l'adoption et l'utilisation du programme **ESDEP**, pour continuer à actualiser et étoffer le matériel pédagogique qui lui est associé, pour convertir les outils existants à la nouvelle version de l'Eurocode en destination des Lycées, des BTS, des IUT et des écoles d'ingénieurs, et pour créer un club des « enthousiastes » de l'acier.



Logo de l'ESDEP Society

Il est prévu, à court terme, d'intensifier le contenu de son site Internet (www.esdep.org) pour y fournir, en plusieurs langues dont le français :

- des informations diverses relatives à notre domaine d'activités,
- une bibliothèque d'images très fournie,
- des propositions de stages en Europe
- des concours pour les étudiants
- ...

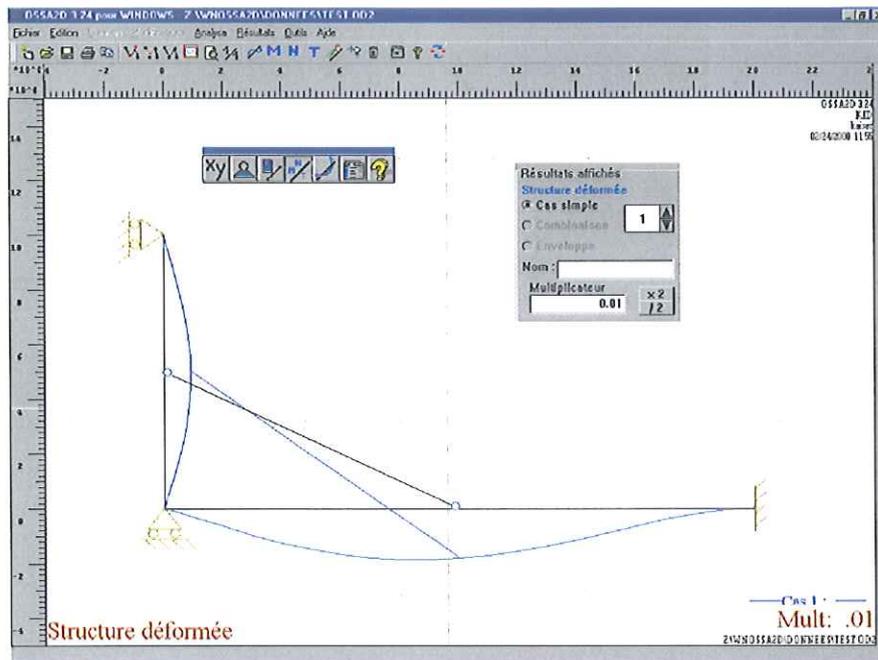
L'APK est le correspondant français de l'**ESDEP Society** (tous les membres de l'APK sont automatiquement membres de l'ESDEP Society sans supplément de cotisation).

Parmi les activités réalisées jusqu'à maintenant dans ce cadre, soulignons la publication de 2 numéros de l'ESDEP Society **Newsletter**, la diffusion de la version pilote du CD-ROM **WIVISS** à tous les membres (contenant la version anglaise des diapositives ESDEP avec une visionneuse), la réalisation du CD-ROM ESDEP en version anglaise (d'une forme assez différente de celui de l'APK car moins ouverte).

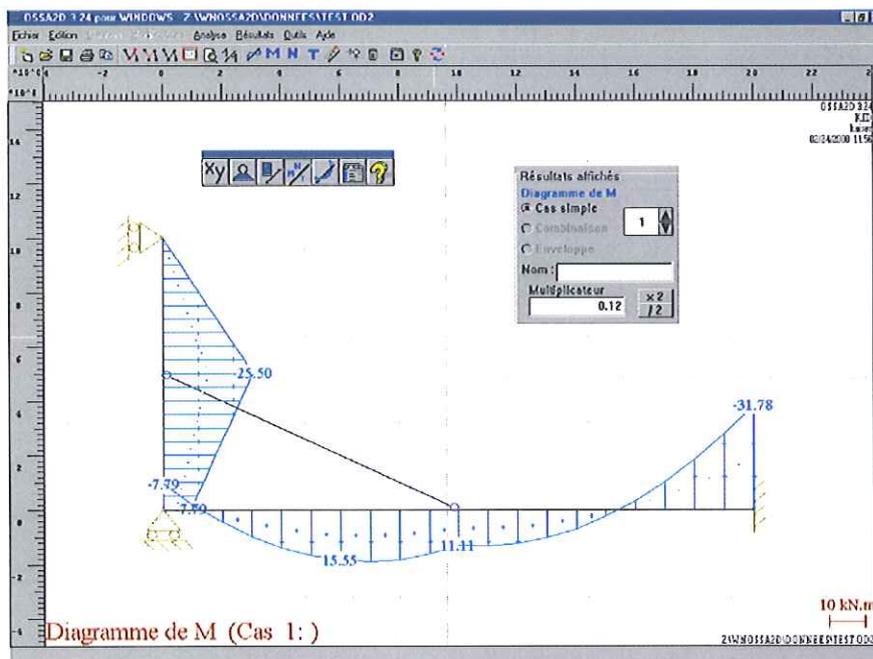
3 – QUELQUES LOGICIELS

3.1– OSSA2D

OSSA2D est un logiciel d'analyse élastique linéaire des structures en barres. Il permet des études de premier et de second ordre ainsi que l'évaluation de la charge critique d'instabilité des ossatures. De plus, il intègre la concept d'assemblages semi-rigides. La vérification automatisée de la résistance des sections constitue une des autres options intéressantes du logiciel. Grâce à ses nombreuses qualités graphiques, OSSA2D autorise une introduction aisée et rapide des données ainsi qu'une vérification efficace des résultats de calcul. Une version de démonstration du logiciel est téléchargeable sur Internet à l'adresse suivante : (www.msm.ulg.be/www/msmlogf.html)



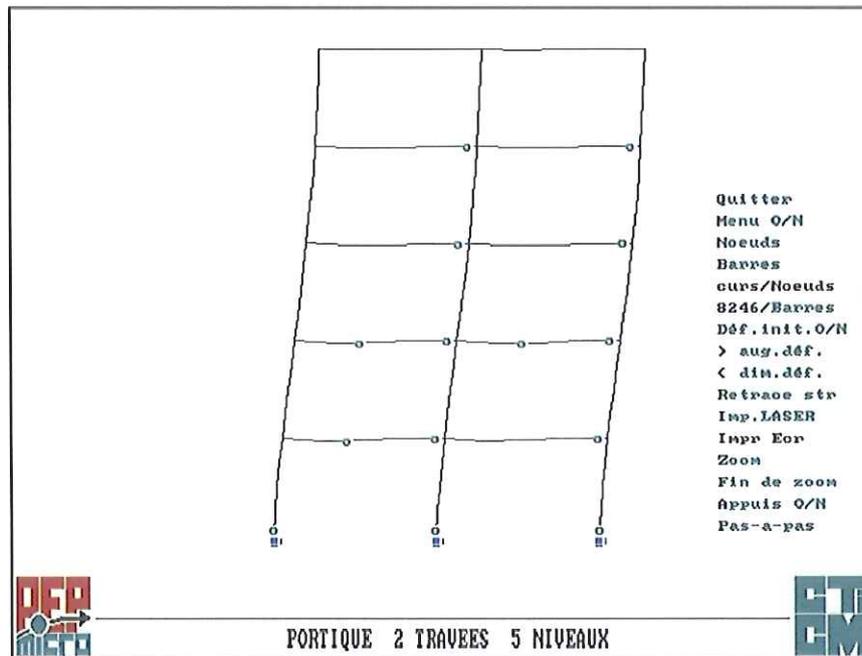
Exemple d'écran OSSA2D : structure déformée



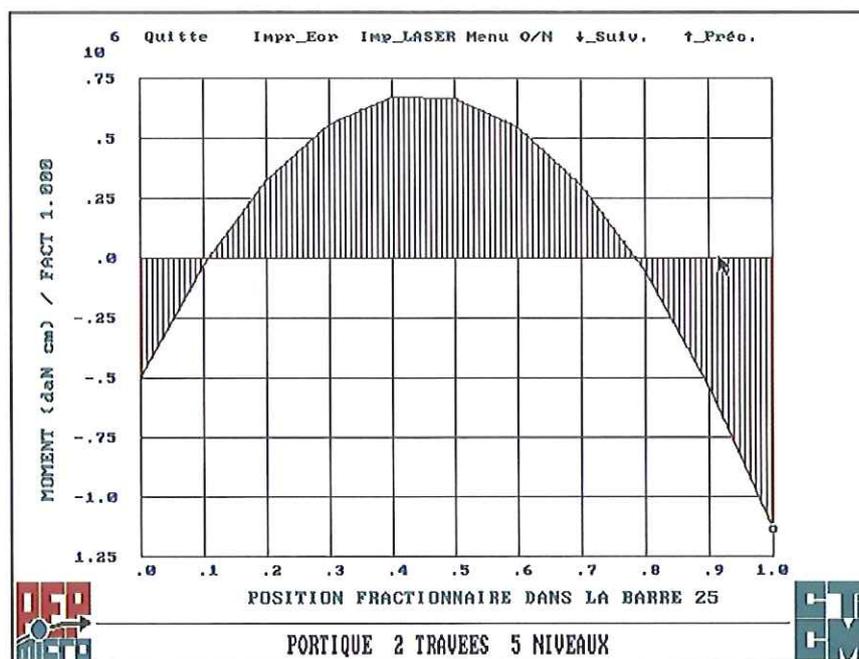
Exemple d'écran OSSA2D : diagramme de moments

3.2 – PEP micro

PEP micro est un logiciel d'analyse élasto-plastique de structures à barres. Il prend en compte les effets du second ordre et la semi-rigidité des assemblages.



Exemple d'écran PEP micro : rotules plastiques dans une structure



Exemple d'écran PEP micro : diagramme de moment fléchissant dans une barre

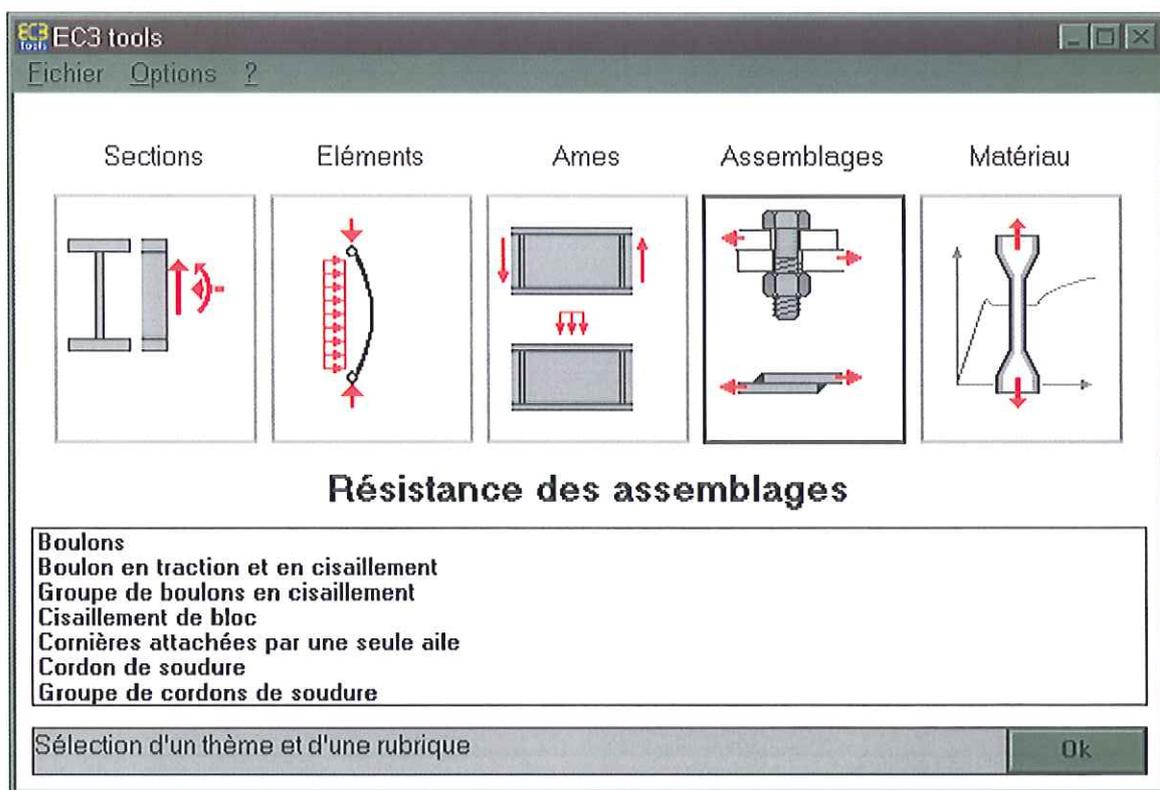
Il est ainsi possible de suivre l'évolution d'une structure métallique au fur et à mesure de l'apparition des rotules plastiques. Bien sûr, un calcul élastique reste possible !

3.3 – EC3 tools

EC3 tools (logiciel du CTICM) est un outil didactique d'application de l'Eurocode 3. Il contient :

- le calcul des caractéristiques d'une section transversale ;
- la vérification des éléments ;
- la vérification des âmes de poutres ;
- la vérification des assemblages ;
- le choix des aciers.

Pour chaque vérification réalisée, EC3 tools fournit une note de calcul qui contient les étapes successives définies dans l'Eurocode 3.



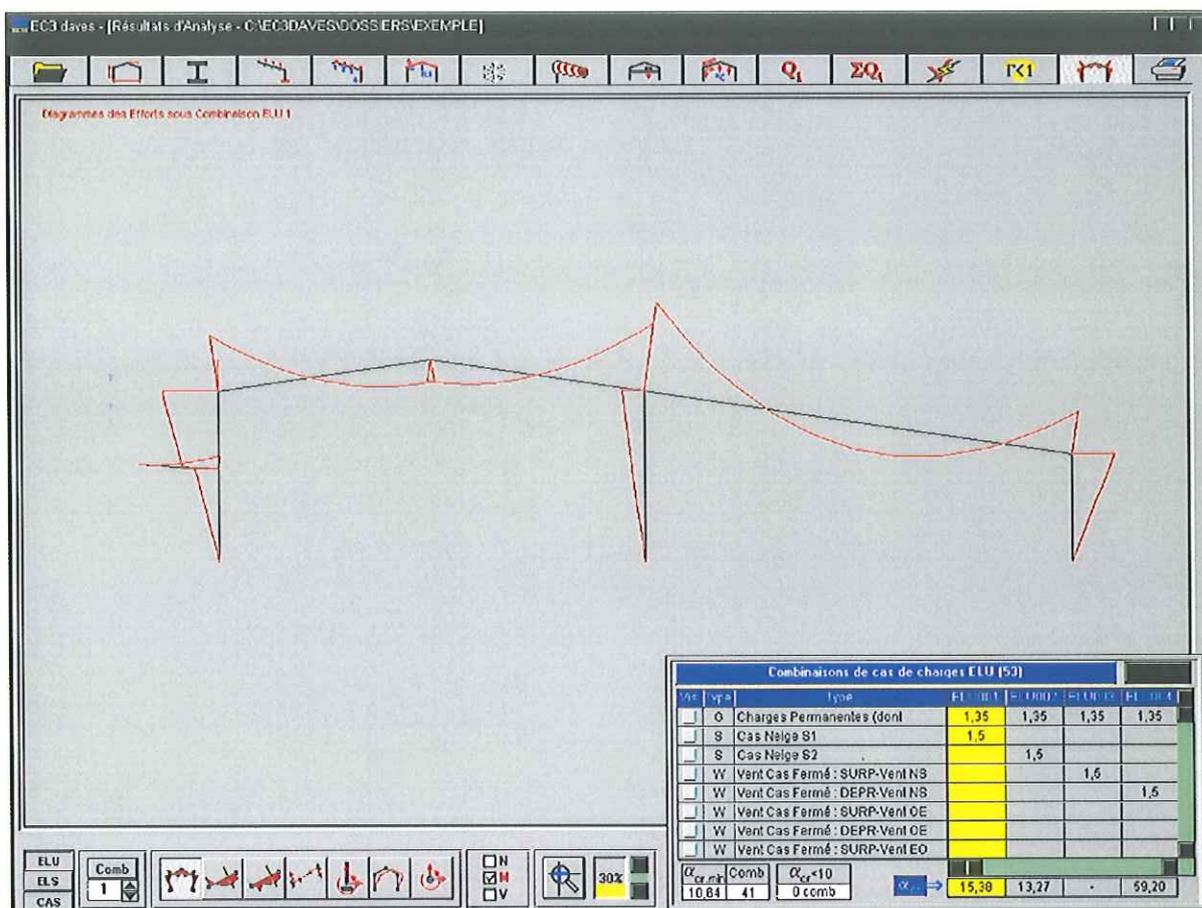
Écran des menus d'EC3 tools

3.5 – EC3 daves

EC3 daves (CTICM) est un logiciel qui permet de vérifier le dimensionnement de portiques de bâtiments de type industriel dans le cadre d'une analyse globale élastique selon l'Eurocode 3.

EC3 daves autorise le calcul de structures comportant des rotules internes ou des assemblages semi-rigides. De plus, selon l'Eurocode 3, il prend en compte les effets du second ordre pour les structures souples et il propose d'intégrer une imperfection globale géométrique forfaitaire.

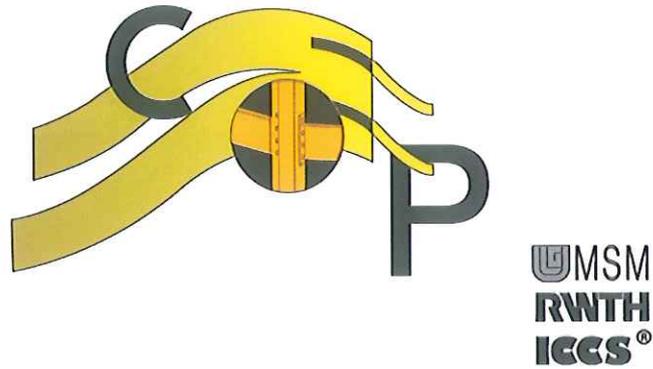
Il intègre les vérifications à l'ELU et à l'ELS.



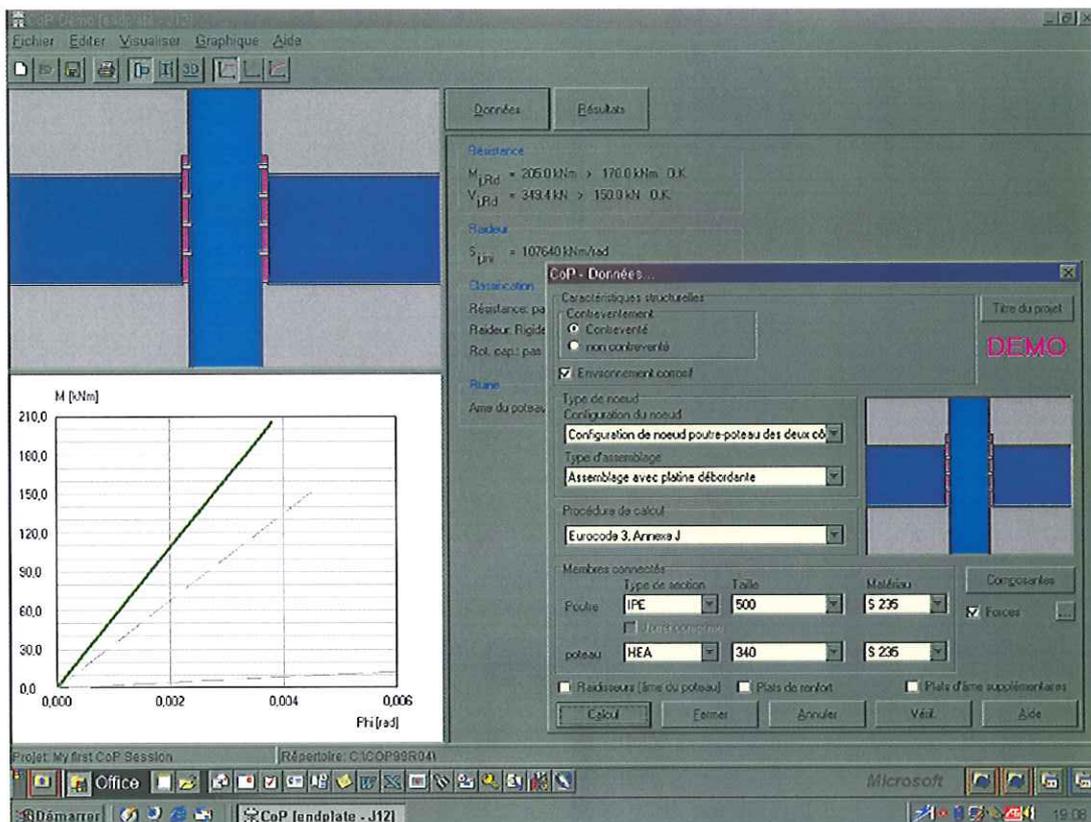
Exemple d'écran EC3 daves

3.6 – CoP

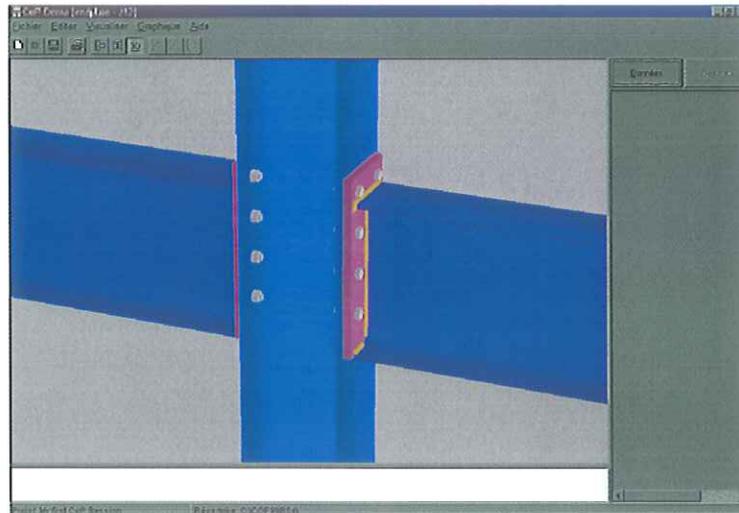
CoP est un logiciel de calcul d'assemblages au sens de la nouvelle annexe J de l'Eurocode 3. Il est développé par les universités de Liège et d'Aix-la-Chapelle et commercialisé par la société néerlandaise ICCSbv. CoP intègre la plupart des formes des liaisons rencontrées en construction métallique. Il propose le calcul de leur rigidité flexionnelle, de leur résistance en cisaillement et en flexion ainsi que de leur mode de ruine et de leur ductilité (capacité de rotation). Il permet également une visualisation 3D des assemblages. CoP existe en différentes langues dont l'anglais, l'allemand, le néerlandais, le portugais, le hongrois, ... Au delà de son utilité pour le concepteur-calculateur, CoP revêt un intérêt particulier pour l'enseignant dans la mesure où il autorise l'étude physique de l'influence des nombreux paramètres qui caractérisent les assemblages (diamètre des boulons, épaisseur des plats, entredistance des boulons, épaisseur des soudures, ...) sur leur comportement en flexion et au cisaillement.



Logo CoP



Écran général du logiciel CoP



Vue 3D d'un assemblage

D'autres outils de calcul des assemblages, non informatisés, se doivent également d'être mentionnés. Leur utilité peut se faire sentir dans le cadre de l'organisation de travaux pratiques relatifs au calcul d'assemblages ou au dimensionnement de structures métalliques. Nous voudrions ici attirer l'attention sur le document **SPRINT** [3], du nom du projet européen au sein duquel il a été rédigé. Ce document fournit des procédures simplifiées de calcul conformes à l'Annexe révisée de l'Eurocode 3 et des valeurs tabulées des propriétés mécaniques de nombreux assemblages poutre-colonne et de poutres bout-à-bout. Les paramètres importants qui caractérisent le comportement des assemblages y sont indiqués (raideur, résistance) ainsi que des indications précises sur la modélisation dont ils doivent faire l'objet pour l'analyse globale de la structure.

Ces tables permettent de préciser, sans le moindre calcul, l'encombrement des assemblages et la cohérence du choix d'assemblage avec le niveau d'efforts à transmettre. De plus elles évitent, en phase de prédimensionnement et de dimensionnement, le développement de calculs fastidieux ainsi que l'établissement de notes de calculs souvent très longues.

4 – QUELQUES CD-ROM

4.1 – Ponts sur le Danube

Ce CD-ROM est présenté en détail dans la livraison n°22 des Cahiers de l'**APK**. Il contient une description technique de 120 ponts sur le Danube dont la plupart sont en acier.



Exemple : Pont Fr. J. Strauss, Passau, Allemagne

4.2 – L'utilisation de l'acier en réhabilitation

Ce CD-ROM est le fruit d'un travail collectif réalisé dans le cadre d'un programme TEMPUS. Il contient des exemples et des informations techniques concernant l'utilisation de l'acier dans la réhabilitation. Comme le précédent, il a été présenté dans la livraison n°22 des Cahiers de l'APK. Il faut toutefois souligner que ce CD-ROM est entièrement en anglais.

1934. The building was built as a part of a department store in 1968 and has since then been used as a factory. The main structural frame was replaced by steel panels and the main structural frame modified and strengthened, removing the single row of internal columns and replacing it with two rows, thereby reducing beam spans. An additional floor was constructed on the top of the existing structure to increase the useable area from 2.15U to 3.14U².

WETERINGSCHANS 165, Netherlands

of a former department store originally built in 1934, which had been allowed to deteriorate from about 1968 to 1982. The particular interest in this project is the renovation of the facade.

role in the design. The central idea was not to change the position in the street, but to take further the renovation of a metal facade.

the skeleton. The outer skin is made up of steel panels which is covered with vertical panels, finished in a dark color.

Renovation showing the modified frame. The existing facade was replaced by steel panels and the main structural frame modified and strengthened, removing the single row of internal columns and replacing it with two rows, thereby reducing beam spans. An additional floor was constructed on the top of the existing structure to increase the useable area from 2.15U to 3.14U².

Exemple d'écran du CD-ROM : l'utilisation de l'acier en réhabilitation

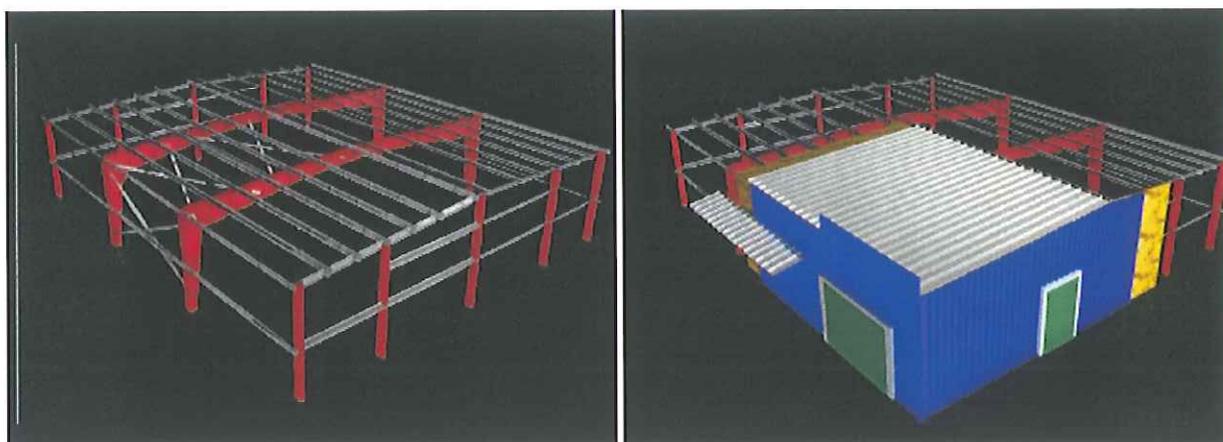
4.3 – CD-ROM ou sites Internet d'entreprises ou de sociétés

De plus en plus d'entreprises ou de sociétés diffusent des CD-ROM qui peuvent être utilisés dans le cadre de l'enseignement. Ils contiennent des photos, des descriptions de techniques et de procédés. Il est bien sûr impossible d'être exhaustif en la matière. C'est pourquoi, seuls les CD-ROM dont nous avons eu connaissance sont présentés ici.



Photo extraite du CD-ROM "The British Steel Manual", Aout 1998.

La Société ASTRON a réalisé un CD-ROM comprenant de très nombreuses photographies de bâtiments ainsi que des animations utilisables pour sensibiliser des élèves aux différentes phases de montage d'un bâtiment métallique industriel.



Extrait d'une animation montrant les phases de montage d'un bâtiment industriel



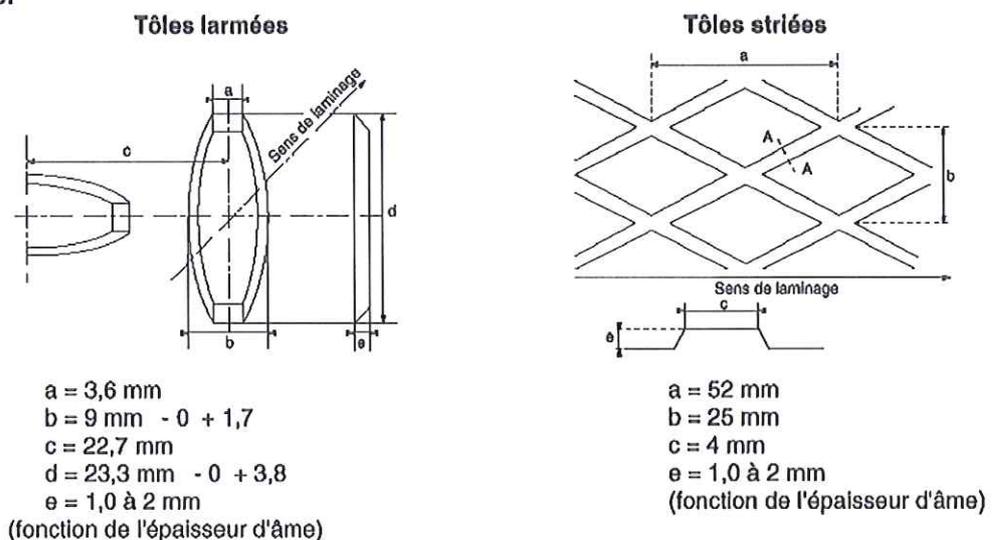
Détails constructifs (extrait d'animations)



Élément d'ossature principale (extrait d'une animation)

De même, certains fabricants proposent leur catalogue sur CD-ROM. C'est le cas par exemple de SOLLAC dont l'un des schémas est reproduit ci-dessous.

Dessin du relief



Extrait du CD-ROM SOLLAC

Pour terminer, nous indiquons quelques sites Internet desquels il est possible d'extraire des informations utiles pour l'enseignement (la plupart sont les sites Internet de membres de l'**ESDEP Society**) :

Le site USINOR :	www.usinor.com
Le site SOLLAC :	www.sollac.com
Le site OTUA :	www.otua.asso.fr
Le site ARBED (Luxembourg) :	www.europrofil.lu
Le site ASTRON (Luxembourg) :	www.astron.lu
Le site SCI (Grande-Bretagne) :	www.steel-sci.com
Le site CORUS (ex British Steel) :	www.corusgroup.com
Le site ACERALIA (Espagne) :	www.aceralia.es

5 – CONCLUSION

Les outils d'enseignement relatifs au domaine de la Construction Métallique se développent et se modernisent en suivant l'évolution des techniques de communication.

ESDEP a été le premier pas vers la création d'un vaste ensemble d'outils destinés à enseigner l'Eurocode 3. Depuis, de nombreux autres programmes ont permis de réaliser des produits susceptibles d'aider les enseignants dans leur tâche de diffusion de la connaissance.

Cette présentation fait le point d'un certain nombre d'outils utilisables pour enseigner la Construction Acier : outils multimédias, logiciels de calcul, CD-ROM...

Elle montre que la Construction Métallique est un domaine d'activité moderne et dynamique qui devrait attirer un nombre croissant d'élèves dont la profession va avoir besoin dans les années qui viennent.

6 – REFERENCES

- [1] **Bourrier P., Brozzetti J.** - *Construction métallique et mixte acier-béton. Vol. 1 : Calcul et dimensionnement selon les Eurocodes 3 et 4*, Eyrolles, 1996, 553 pages.
- [2] **Bourrier P., Brozzetti J.** - *Construction métallique et mixte acier-béton. Vol. 2 : Conception et mise en œuvre*, Eyrolles, 1996, 559 pages.
- [3] **CRIF, Université de Liège, CTICM, ENSAIS, Université de Trento, LABEIN** - *Steel Moment Connections according to Eurocode 3 / Simple Design Aids for Rigid and Semi-Rigid Joints*. Rapport final du projet européen RA351.

7 – ADRESSES POUR INFORMATION

[1] **APK**

Contacteur: Alain SOMMER
Immeuble Pacific - TSA 10001
FR - 92070 LA DEFENSE Cedex
Tél: ++33-1-41.25.68.29
Fax: ++33-1-41.25.59.59

[2] **EYROLLES**

Contacteur: Librairie EYROLLES
Département Marketing
61, Bd Saint-Germain
FR - 75240 Paris Cedex 05
Tél: ++33-1-44.41.11.44
Fax: ++33-1-44.41.46.16

[3] **OSS2D**

Contacteur: F. KAYSER
Département MSM
Université de Liège
1, Chemin des Chevreuils
B - 4000 LIEGE 1
Tél: 04-366.92.85
Fax: 04-366.91.92

[4] **PEP, EC3 tools et EC3 daves**

Contacteur: Y. GALEA
CTICM
Domaine de St Paul - B.P. 64
FR - 78470 SAINT REMY-LES-CHEVREUSE
Tél: ++33-1-30.85.20.00
Fax: ++33-1-30.52.75.38

[5] **CoP**

Contacteur: ICCS
Holland Office Center
Gebouw 4
Kruisweg 817
NL - 2132 NG HOOFFDORP
Tél: ++31-23-562.24.33
Fax: ++31-23-562.19.94

[6] SPRINT

Contacteur: E. PIRAPREZ
CRIF
Parc Scientifique du Sart-Tilman
A la Cense Rouge
Rue du Bois Saint-Jean, 12
B - 4102 SERAING (LIEGE)
Tél: 04-361.87.62
Fax: 04-361.87.02