

White Paper

L'analyse par modèles en pratique

Optimisation de la
productivité de l'utilisateur

Résumé

L'*analyse par modèles* de Scia Engineer offre une solution rapide, spécialisée et conviviale pour effectuer des calculs complexes et répétitifs. Dans Scia Engineer, l'ingénieur peut modéliser une poutre à deux travées et définir des appuis, des charges et des combinaisons. Il peut également définir le document de sortie, en choisissant les tableaux, les images, etc. Dès qu'il a défini son projet, l'utilisateur peut le calculer : les résultats s'affichent à l'écran et dans le document. Si ce type de projet est répétitif, l'utilisateur peut opter pour une simplification de la saisie de données. Il décide alors de paramétrer la structure, les charges, le document de sortie, etc., en utilisant la *modélisation paramétrique*. Après avoir paramétré la structure, il peut enregistrer ce projet paramétrique comme modèle.

Scia a développé un programme spécifique appelé Scia ODA (One Dialogue Application, *Application à boîte de dialogue unique*), qui permet aux utilisateurs de charger un modèle et de définir les paramètres. Le programme ne comporte pas d'autres boutons ou menus ; l'utilisateur se limite à définir les valeurs, à exécuter le projet et à imprimer le document. Ce dernier est toujours conforme aux standards de l'entreprise, exempt d'erreurs, et il est créé instantanément. Le modèle est une solution rapide et qualitative pour l'exécution de tâches répétitives et complexes.

Introduction

Pour l'ingénieur, notamment celui qui travaille dans le secteur de la construction préfabriquée, l'exécution quotidienne de calculs répétitifs doit être synonyme de productivité. Toutefois, de nos jours, cette tâche implique souvent des calculs (non) linéaires très sophistiqués qui permet à l'ingénieur — ou l'oblige — à aboutir à une conception très économique. Par ailleurs, ce calcul spécifique doit comprendre toutes sortes de contrôles, par exemple de déformations, de capacité, de résistance au feu et des contraintes admissibles. Ces trois exigences que sont la productivité, la sophistication et les contrôles détaillés peuvent être satisfaites grâce à un logiciel (spécialisé).

Depuis le début des années 90, les ingénieurs ont recours à leurs tableurs ou à leurs applications DOS pour réaliser de tels calculs. La transition de DOS à Windows dans les années 90 n'a pas réellement changé la donne. Néanmoins, avec l'introduction des nouveaux Eurocodes en 2010, de nouveaux contrôles avancés (p.ex. de résistance au feu), de nouvelles équipes à l'étranger (en Europe de l'Est ou en Inde) et des fonctionnalités de l'*ingénierie d'échange (Roundtrip Engineering)*, (intégration des logiciels IAO et DAO [1]), les méthodes de travail qui ont prévalu au cours des quinze dernières années sont à nouveau remises en question.

L'environnement de Scia Engineer

Dans Scia Engineer, l'ingénieur peut effectuer une analyse très détaillée (dynamique, précontrainte, non linéaire) de n'importe quelle structure : hall en acier, construction en béton ou pont en béton précontraint. L'introduction des données est très facile et simple (orientée objet et « tel écran-tel écrit »). Il est possible de modéliser d'innombrables constructions, comme le prouvent les nombreux projets clients en lice pour le « Scia User Contest 2007 » (voir la figure 1).

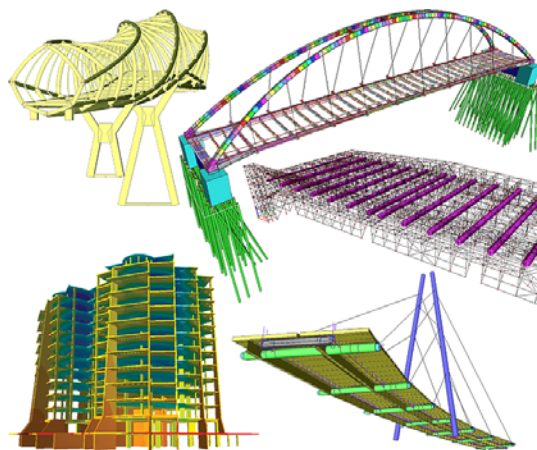


Figure 1 – Quelques projets de clients du concours User Contest 2007

A chacune de ces structures peuvent être appliqués des contrôles détaillés ou des éléments additionnels (ferrailage/assemblages en acier) selon les normes DIN, EC2, BS, ACI, etc. Enfin, une option de documentation permet de publier les résultats de calcul sous forme numérique et/ou graphique, en vue d'être contrôlés facilement par des experts ou des collègues. En pratique, la méthode de travail dans Scia Engineer comprend quatre phases : introduction des données, calcul, contrôle et documentation (figure 2).

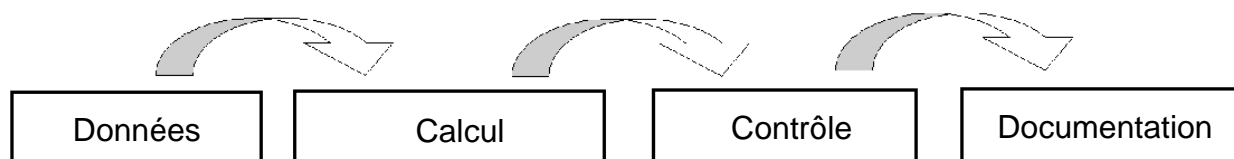


Figure 2 – Phases de calcul pour un projet de Scia Engineer.
Dans la pratique, les données sont souvent modifiées pendant la phase de contrôle.

Cette approche n'est pas très efficace pour les calculs répétitifs parce que l'ingénieur n'a pas le temps de réintroduire systématiquement toutes ces données. Néanmoins, la possibilité de concevoir, de contrôler et d'optimiser chaque détail de la structure est précisément ce qui présente le plus d'intérêt pour l'ingénieur principal et les équipes de recherche et de développement. En introduisant le concept de projets de type « modèle » ou d'« analyse par modèles », Scia répond à la demande de l'ingénieur principal en termes d'analyse détaillée tout en optimisant la productivité et l'efficacité.

L'analyse par modèles

Imaginons que vous êtes l'ingénieur principal qui définit un calcul sous la forme d'un document modèle, tel que ceux des tableurs ou des documents Word. Dans ce modèle, vous effectuez une analyse détaillée d'une poutre précontrainte préfabriquée. Cette analyse comprend tous les calculs nécessaires : charges mobiles, contrôle du déversement, fissuration du béton et déformations. Vous pouvez utiliser des formules spéciales afin d'effectuer tous les contrôles nécessaires et définir la sortie souhaitée. Supposons que vous soyez maître de ces données, dans la mesure où vous êtes « l'utilisateur principal ». Après avoir finalisé le document, vous envoyez ce modèle à vos collègues, les utilisateurs dits « ordinaires », et vous leur permettez de modifier seulement quelques paramètres du document, p.ex. le diamètre des étriers, le moment de calcul ou les dimensions de la section.

L'avantage de cette méthode de travail est que tout le personnel de l'entreprise (à l'Ouest comme dans toute l'Europe) travailleront de la même façon (c'est-à-dire cohérente), et les documents de sortie seront harmonisés (voir figure 3). Quand la norme de votre pays change ou que vous obtenez des informations plus précises, il suffit de mettre à jour le modèle publié pour en créer une révision ou une toute nouvelle version.

Figure 3 – Exemple d'un modèle dans MS Excel®.
Les champs en gras sont réservés aux utilisateurs « ordinaires ». Les autres sont verrouillés et ne peuvent pas être modifiés. Seul l'auteur du projet ou l'utilisateur « principal » peut changer les données de calcul ou d'arrière-plan.

Concrete Section; version 1.05		04/07/2002
Section Height		500 mm
Flange Width		200 mm
Flange Height		150 mm
Web Width		200 mm
Web Height		350 mm
Position Neutral Axis (short term)		244,5 mm
Position Neutral Axis (long term)		229,1 mm
Position Neutral Axis (ULS)		231,2 mm
Section Area		1,00E+05 mm ²
Applied Links/Stirrups		Ø8
Type of Structure	Beam	▼
Characteristic Cube Pressure Strength, f_{ck}	B25	▼ MPa
Creep Factor		3,6
Design Moment		66,3 kNm
M_d/bd^2		1.594 kN/m ²
Calculated Position Reinforcement bottom		456,0 mm
Applied Position Reinforcement bottom		mm
Environmental Class at bottom		2
Minimal Cover at Bottom		30 mm
$a_{c,bottom}$		44,0 mm
Applied Cover at Bottom		30 mm
$k_{c,1,bottom}$		1,00
$k_{c,2,bottom}$		1,00
$A_{s,req,bottom}$		355 mm ²
Number of Reinforcement Layers bottom		1 no.
Applied Reinforcement bottom		4 Ø12
Applied Additional Reinforcement bottom		0 Ø10
$A_{s,app,bottom}$		452 mm ²

Modèles dans Scia Engineer

Scia Engineer permet, sans aucune programmation, de créer exactement les mêmes types de modèles que ceux décrits au paragraphe précédent. Ainsi, l'utilisateur principal élabore un projet paramétrique et prépare le modèle comme suit :

1. Il paramétrise les données qui seront introduites par l'utilisateur ordinaire, p.ex. la longueur de la poutre est paramétrée comme variable « L » ou la hauteur des sections comme « h_{CSS} » (voir [2] et la figure 4).

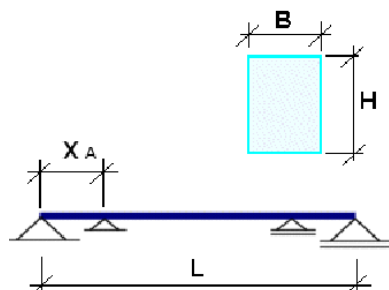


Figure 4 – Exemple de configuration de poutre paramétrée

2. Il définit des données avancées comme les appuis de déversement ou le ferrailage (voir figure 5).

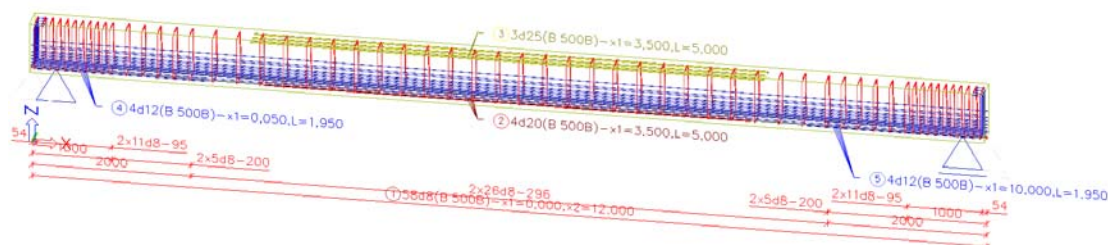


Figure 5 – Exemple d'une poutre préfabriquée en béton précontraint dans Scia Engineer, avec étriers prédéfinis et ferrailage détaillé

3. Il définit les calculs et contrôles nécessaires, en s'assurant que ces contrôles sont effectués selon les normes nationales.
4. Il crée divers types de documents, p.ex. un document pour les autorités de contrôle et un autre à usage interne. Il peut décider de créer plusieurs documents en fonction de la langue : l'anglais, l'allemand, le français et le tchèque. Il s'assure que la sortie est exempte d'erreurs et, si nécessaire, qu'elle est harmonisée à l'échelle de l'entreprise.
5. Il stocke le modèle à un emplacement en lecture seule et accorde l'accès aux utilisateurs ordinaires.

En créant un nouveau modèle, l'utilisateur principal réduit considérablement le nombre de phases de calcul gérées par les utilisateurs ordinaires (figure 6) ; ils se limitent aux phases d'introduction des données et de sortie. L'utilisateur principal a déjà défini la phase de calcul et de contrôle, et le programme exécute automatiquement les calculs et les contrôles pour l'utilisateur ordinaire. Si nécessaire, l'utilisateur ordinaire peut finaliser les contrôles. Comme l'introduction des données et les sorties sont prédéfinies, le temps consacré à la préparation de ces phases est réduit. Les données et les sorties non pertinentes sont bloquées, et l'utilisateur ordinaire peut visualiser immédiatement les résultats.

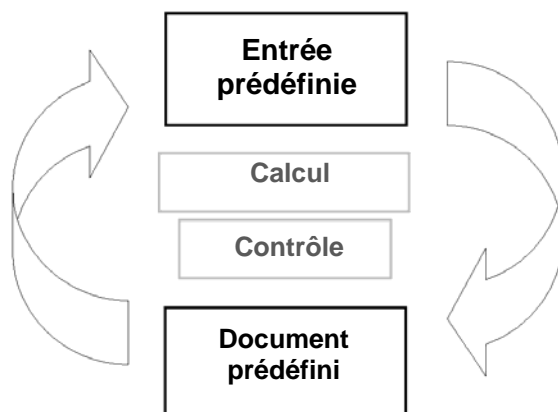


Figure 6 – Phases de calcul pour un projet paramétrique dans Scia Engineer.

Modèles dans Scia ODA

Scia ODA est une application spécifique qui permet d'ouvrir des modèles de Scia Engineer. Elle possède un environnement unique qui facilite la définition des données et la sortie pour les calculs. Dans Scia ODA, l'utilisateur ordinaire peut ouvrir un modèle à partir d'un emplacement, p.ex. le serveur. Ensuite, il peut immédiatement introduire les valeurs nécessaires telles que définies par l'utilisateur principal (voir les figures 7 et 8). La deuxième (et éventuellement dernière) phase est la préparation du document. L'utilisateur choisit le document adéquat, l'actualise automatiquement, passe en revue tous les résultats et les données, puis imprime le document. Eventuellement, il peut modifier certaines données pour finaliser sa solution. Il peut alors revoir les données dans le document final sans avoir à préparer un nouveau document ou une nouvelle image (figure 9).

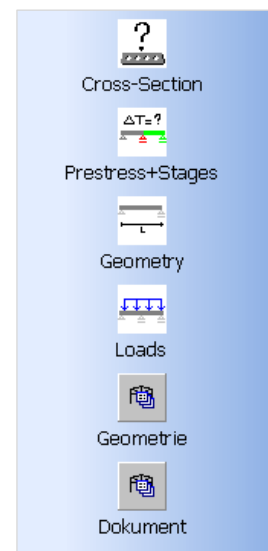


Figure 7 – Structure de menus telle que définie par l'utilisateur principal. Une icône donne accès à chaque onglet. Toutes les données relatives p.ex. à la section, à la hauteur et à la largeur de la poutre, figurent dans l'onglet correspondant.

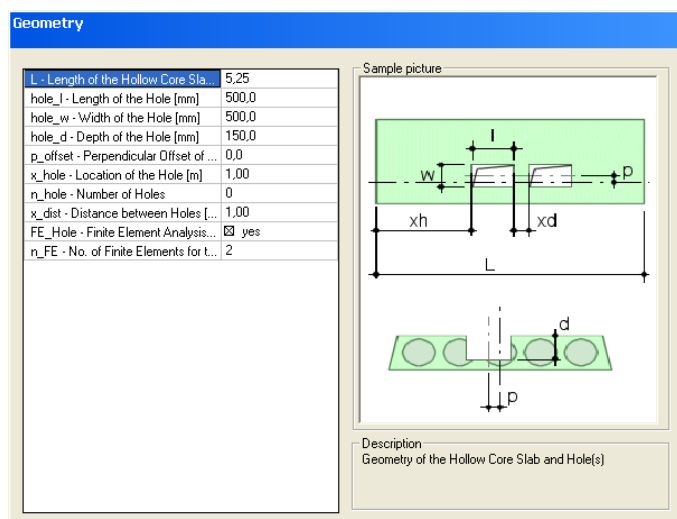


Figure 8 – Onglet défini par l'utilisateur avec les données géométriques (ici, pour une dalle alvéolaire)

3. Prestress Parameters

Name	Type	Evaluation	Description	Value	Unit
sigma	Stress	Value	Initial Stress for all Strands	1400,00	MPa
Length	Length	Value	Anchorage Length	1,00	m
Length	Length	Value	Length of Embedding	1,00	m
t1	Time (calendar)	Value	Time of Prestressing	1,00	day
t2	Time (calendar)	Value	Start of Time Assessment of Strain	2,00	day
t3	Time (calendar)	Value	Applying the Dead Load	10,00	day
t4	Time (calendar)	Value	Applying the Live Load	100,00	day
FA	Coefficient	Value	Relaxation Stage in years	50	
num_m	Relative Humidity	Value	Relative Humidity	80	
num_n	Relative Humidity	Value	Relative Humidity inside	80	

4. Reinforcement Parameters

Name	Type	Evaluation	Description	Value	Unit
dia	Reinforcement diameter	Value	Diameter of Strand	8,0	mm
dia	Reinforcement diameter	Value	Diameter of Longitudinal Reinforcement in Compression Zone	10,0	mm
dia	Reinforcement diameter	Value	Diameter of Longitudinal Reinforcement in Tension Zone	10,0	mm
dia	Length	Value	Centre to Centre Distance of Average Strand	61,90	m
num	Number	Value	Number of Strands in the per Strand	3	
num	Number	Value	Number of Strands in Lower Strand	8	
cover	Conc. length	Value	Upper Cover	2,0	mm
cover	Conc. length	Value	Lower Cover	2,0	mm
cover	Conc. length	Value	Length of Lower Reinforcement	8,00	mm
cover	Conc. length	Value	Length of Upper Reinforcement	8,00	mm
cover	Conc. length	Value	Flange Cover	2,0	mm

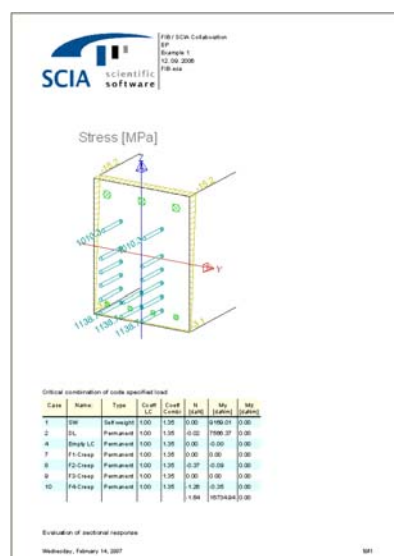


Figure 9 – Pages d'entrée et de sortie types de document Scia ODA (les données sont représentées aux formats graphique et numérique)

Ces modèles peuvent également être utilisés dans notre application de modélisation/DAO 3D Allplan. Imaginons par exemple que vous avez créé de nombreux modèles pour divers types de structures ou d'éléments isolés. Vous pouvez parfaitement les utiliser dans Scia Engineer ou dans Scia ODA, mais aussi dans Allplan pour la modélisation de la structure complète (figure 10).

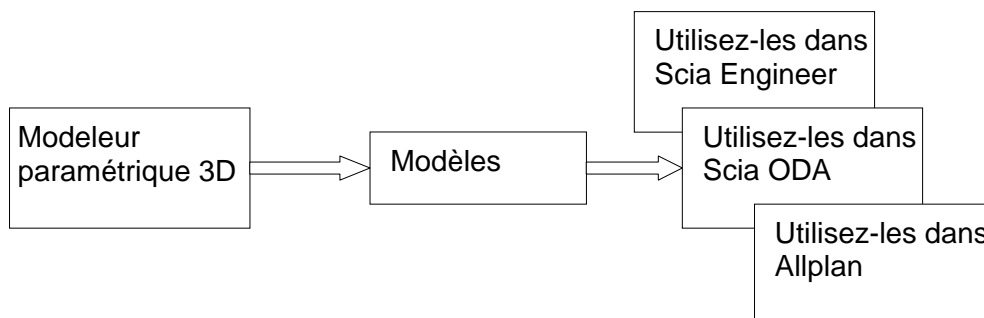


Figure 10 – Les modèles sont des applications d'IAO/de DAO (Allplan/Scia Engineer/Scia ODA).

Avec notre modeleur paramétrique, il est même possible de modéliser tous types de formes compliquées comme des escaliers, des toitures courbes, etc., indépendamment de l'analyse. Vous pouvez les stocker en tant que modèles et créer votre propre série d'éléments paramétriques. Allplan vous permet de les utiliser pour la modélisation (voir figure 11). Vous pouvez aussi les combiner à un objet directement modélisé dans Allplan.

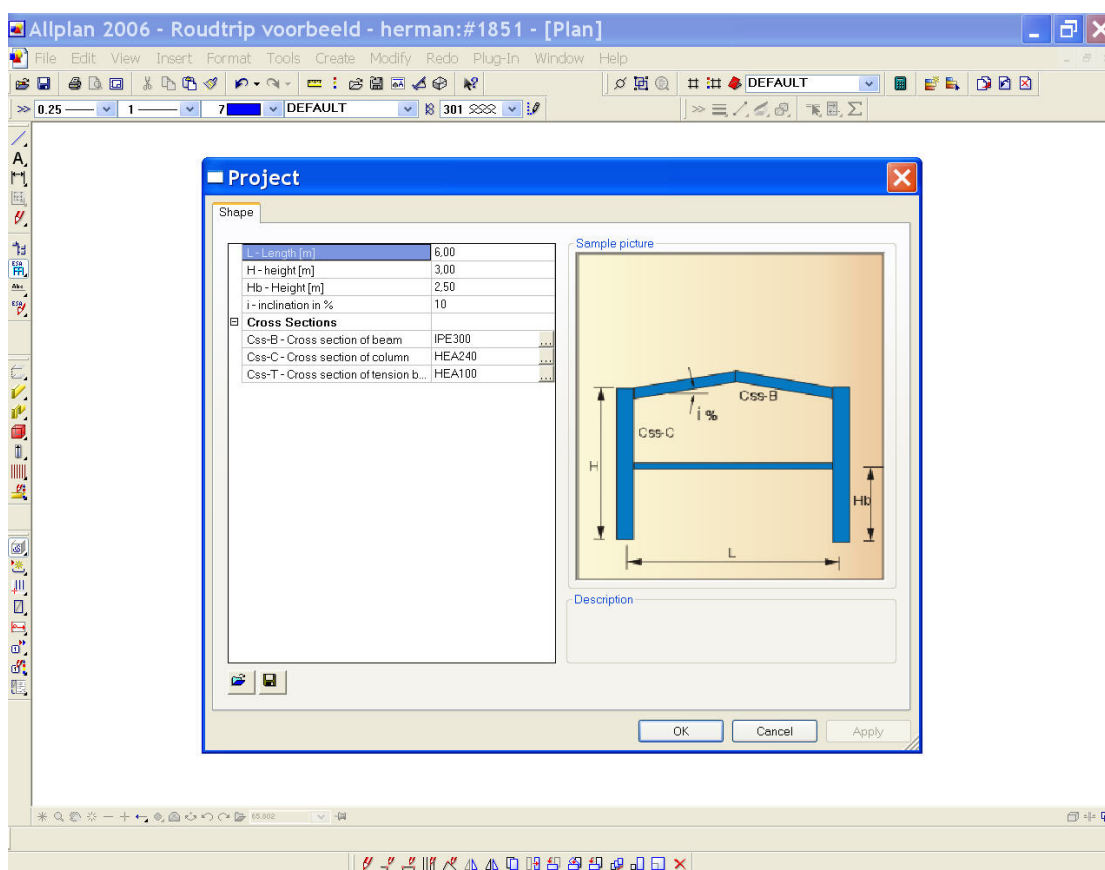


Figure 11 – Modélisation de modèle dans l'application de CAO : Allplan

Conclusion

La technologie de Scia Engineer permet de définir des projets paramétriques. Cette *analyse par modèles* est utile pour les ingénieurs qui sont fréquemment confrontés à des calculs répétitifs, souvent compliqués. L'utilisateur principal est chargé de définir le contenu du modèle : il crée ce dernier dans Scia Engineer et définit les données à introduire, le type de calculs, le nombre de contrôles ainsi que le type de documentation. Les utilisateurs ordinaires utiliseront quotidiennement les modèles prédéfinis dans Scia ODA afin d'optimiser leur productivité. Dans ces modèles, ils n'introduisent que les données nécessaires et peuvent passer en revue les résultats dans le document. Le risque d'erreur est nul dans la mesure où le document prédéfini empêche la saisie de données incorrectes. La technologie d'*analyse par modèles* constitue un grand pas en avant en termes d'harmonisation, de gain de productivité et de simplification des contrôles avancés.

[1] Roundtrip Engineering, J.P. Rammant, H.J. Oogink, 2007.

[2] Parametric Modelling in Practise (*La modélisation paramétrique en pratique*), E.S. Peltenburg (MSEng), 2007.