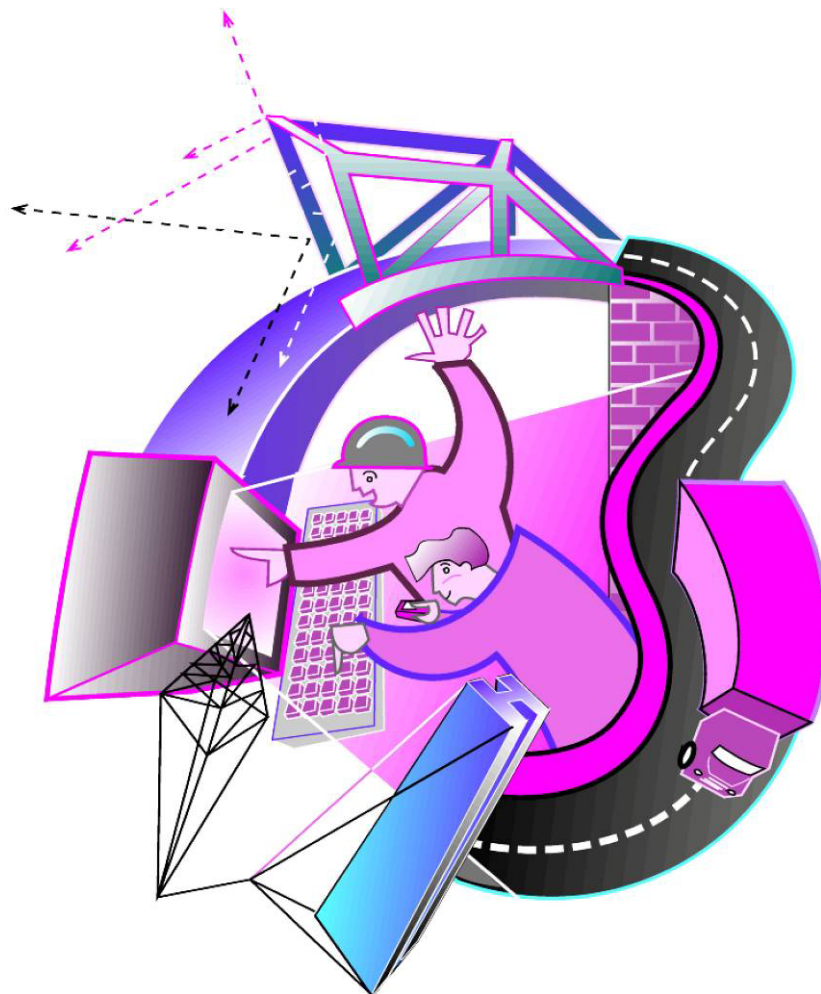


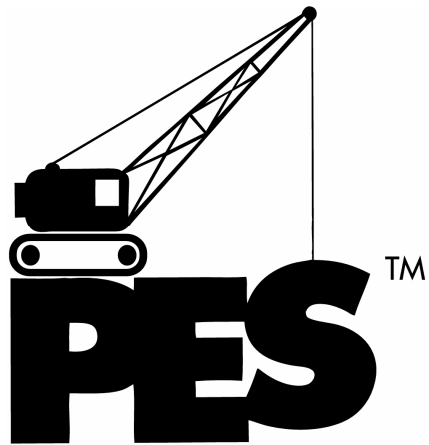
ModelSmart 3D

3D Drawing with SpaceGuide™

Explore Structural Engineering

Construire et tester des ossatures en 3D sur votre ordinateur





Pre-Engineering Software Corporation
présente

ModelSmart3D

3D Drawing with SpaceGuide™
A 3D Structural Spreadsheet for Model Builders

Ecrit par : Robert A. Wolf III, P.E.
Traduit et adapté par la société A4 - Gérald Guillaume, André Bernot

Couverture : Bret Guidry
Illustrations : Bret Guidry & Robert Wolf
Complété par la société A4

Configuration minimale
PC équipé avec lecteur CD-ROM, Processeur Pentium® ou Celeron™, 32 Mo RAM
Couleurs 16 bit, 5 Mo de libre sur disque dur, Microsoft Windows 95, 98, Me, NT, 2000, XP, Vista.

TABLE DES MATIERES

A - Introduction	
Présentation du logiciel	2
Matériaux et accessoires pour réaliser des modèles réels	3
B - Mise en service du logiciel	
Contrat de licence	4
Avertissements et limites d'utilisation	5
Installation du logiciel	6
Contenu du CD	6
Configuration matérielle minimum	6
Procédure d'installation	6
Désinstallation	7
Premier lancement	8
Accès au manuel utilisateur	8
C - Prise en main du logiciel	
3 minutes pour prendre en main ModelSmart3D	9
Votre premier modèle	12
D - Exemples d'exercices élèves	
Exemple n°1	25
Exemple n°2	26
Exemples de réalisations	27
E - Descriptions des menus	
La barre d'outils	28
Les touches de raccourcis	29
Menu Fichier	30
Menu Editer	31
Menu Afficher	33
Menu Plans	34
Menu Membrures	36
La bibliothèque des matériaux	41
Comment déterminer le grade du balsa	43
Menu Noeuds	45
Menu Appuis	47
Menu Forces	51
Menu Analyse	53
Menu Aide	56
F - Informations complémentaires x	
Comment les ingénieurs représentent les forces	57
Le pont à structure treillis et les forces	58
Les forces en présence	59
Stabilité des structures	61
Pour aller plus loin...	64
G - Support technique	68

Présentation du logiciel

ModelSmart3D permet de concevoir et de tester virtuellement en 3D sur ordinateur tous types d'ossatures.

Le mode analyse de ModelSmart3D permet de visualiser de manière réaliste l'effet de forces appliquées sur une ossature. La structure est modélisée à partir d'une bibliothèque de matériaux dont on peut choisir la section. Les paramètres mécaniques des matériaux utilisés sont pris en compte lors du test virtuel de la structure afin de simuler de manière réaliste son comportement lorsque celle-ci est sollicitée par des forces. Le test de la structure permet de visualiser sa déformation jusqu'à son effondrement complet. Les points faibles sont repérés et il est alors possible de modifier la structure testée en la renforçant ou en ajoutant des éléments.

ModelSmart3D est un outil qui vient en complément des maquettes réelles que l'on peut tester en classe. Il offre l'avantage de pouvoir réaliser rapidement des tests et de prédire le comportement de maquettes réelles.

L'élève pourra modéliser son ossature en 3D :

- en plaçant des nœuds sur une grille (points d'attaches),
- en reliant les nœuds par des membrures dont il choisira la section et le matériau.

L'élève pourra tester virtuellement son ossature :

- en appliquant des forces dont il choisira la valeur, l'orientation et le point d'application,
- en lançant le mode analyse pour voir sa structure se déformer jusqu'à céder,
- en visualisant les points faibles mis en évidence par des couleurs différentes.

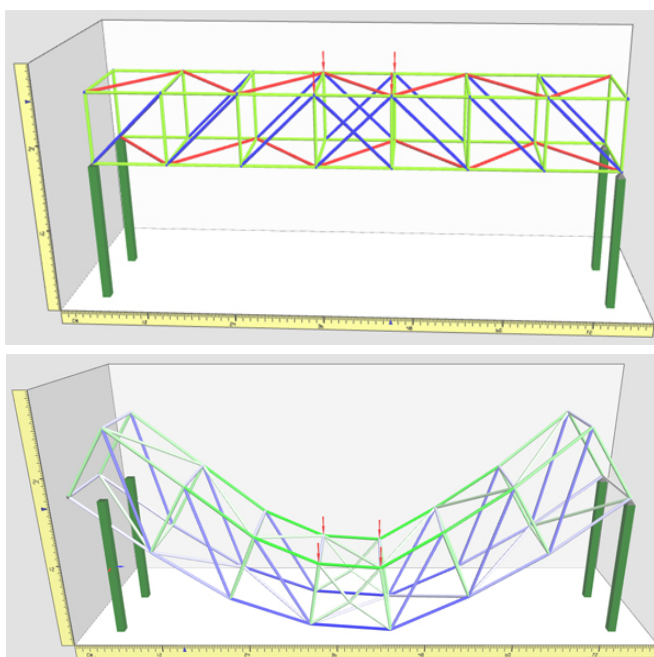
L'élève pourra passer du modèle virtuel au modèle réel :

Les matériaux caractérisés dans ModelSmart3D sont choisis afin de faciliter la réalisation de modèles réels.

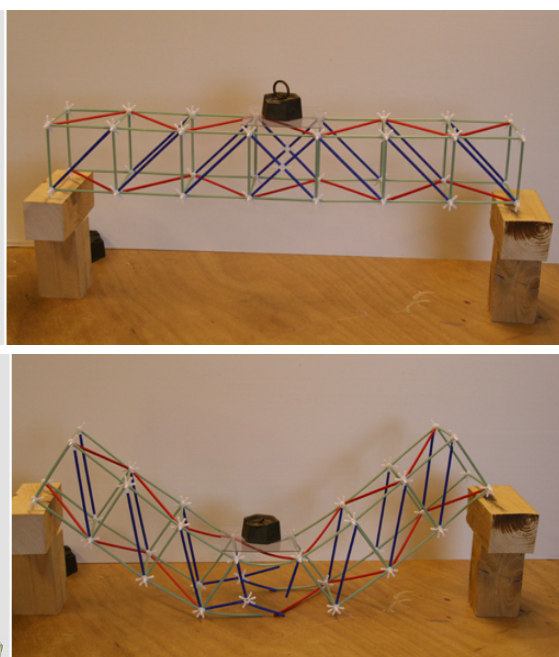
La liste des matériaux contient :

- des tubes PE caractérisés avec leurs connecteurs spéciaux,
- des baguettes en PVC expansé,
- des liaisons souples (pour simuler des câbles),
- des baguettes de Balsa.

Test d'un modèle virtuel avec ModelSmart3D

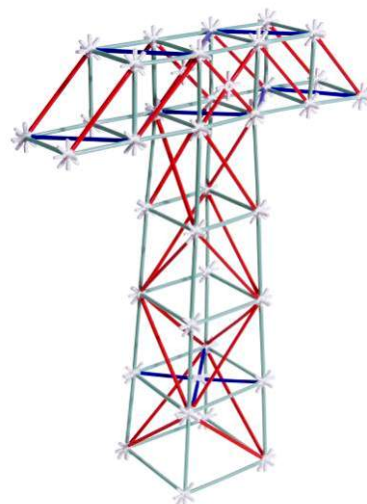
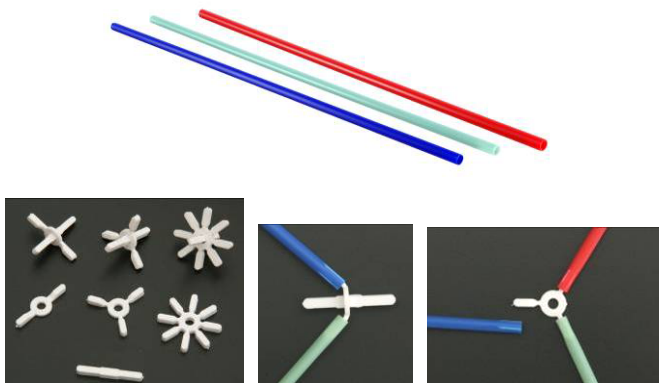


Test d'un modèle réel (réalisé avec des tubes et des connecteurs)

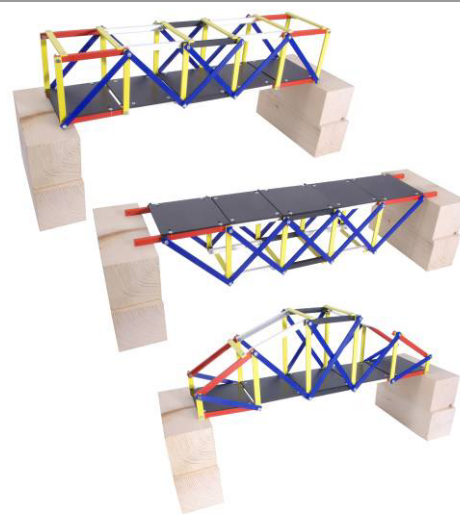


Matériaux et accessoires pour réaliser des modèles réels :
(disponibles dans le catalogue A4 Technologie)

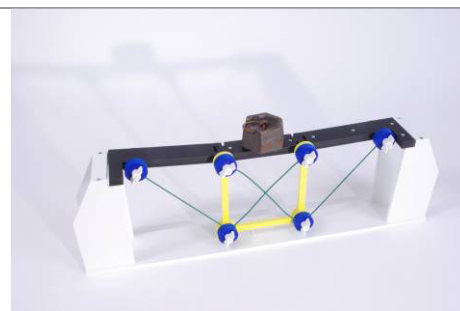
Tubes en Polyéthylène et connecteurs spéciaux



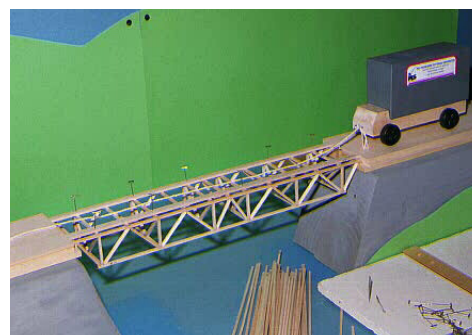
Baguettes en PVC expansé et visserie



Liaison souple



Baguettes en balsa et colle spéciale maquettes



Copyright 1998-2009, Pre-Engineering Software Corporation.
Tous droits réservés.

Licence : PACK COLLEGE

L'utilisation de ce logiciel et de sa documentation sont protégés par les lois du copyright, par les conventions internationales et par le Contrat de Licence et de Limite de Responsabilité ci-dessous. Avant d'utiliser ce logiciel, vous devez lire et accepter le Contrat de Licence et la Limite de Responsabilité ci-dessous.

Contrat de Licence et Limite de Responsabilité

La Société Pre-Engineering Software Corporation vous concède une licence non-exclusive d'utilisation du logiciel ModelSmart™ 3Df pour un usage strictement à but éducatif. Cette licence n'est pas transmissible. La licence de ce logiciel est accordée au Collège dénommé ci-dessus. L'utilisation de ce logiciel n'est autorisée que dans l'enceinte du Collège ayant acquis cette licence. L'installation de ce logiciel n'est autorisée que sur des ordinateurs situés physiquement dans l'enceinte du Collège ou sur un serveur local auquel accèdent des postes clients situés physiquement dans l'enceinte du Collège ayant acquis cette licence.

Le détenteur de cette licence s'engage à ne pas révéler à une tierce partie le numéro de cette licence ou toute clef permettant l'exécution de ce logiciel et il reconnaît qu'il est illégal de permettre à une tierce partie, non autorisée, d'utiliser ce logiciel ; ceci aboutirait à une perte de profits pour le Concédant et le détenteur de cette licence serait alors dans l'obligation d'indemniser le Concédant pour les pertes subies.

IL VOUS EST STRICTEMENT INTERDIT de reproduire ou de distribuer partiellement ou totalement ce logiciel ou les données qu'il contient, par quelque moyen que ce soit, à titre onéreux ou gratuit, sans l'accord préalable et écrit de la société Pre-Engineering Software Corporation (concédant).

Le concédant ne garantit pas que le logiciel ou sa documentation soient exempts de toutes erreurs. Le concédant garantie pendant une durée de 90 jours à compter de sa date d'achat, que le logiciel fonctionne globalement conformément au manuel utilisateur et que le support informatique le contenant est exempt de tout défaut de nature à altérer son exécution.

Ni le concédant, ses propriétaires, dirigeants, salariés, représentants ou distributeurs ne peuvent être tenus responsables de n'importe quels dégâts ou dommages fortuits ou consécutifs à l'utilisation de ce logiciel ou de son manuel utilisateur.

Le détenteur de cette licence s'engage à ne pas poursuivre le concédant, ses propriétaires, dirigeants, employés, représentants ou distributeurs pour tous dégâts ou dommages consécutifs à l'utilisation de ce logiciel. Ni le concédant, ses propriétaires, dirigeants, employés, représentants ou distributeurs ne peuvent être tenus responsables d'aucun dommage occasionnés dépassant le cadre de cet accord de licence.

Avertissements et limites d'utilisation

AVERTISSEMENT ! L'essai de charges sur des modèles réels peut être dangereux. Les modèles peuvent emmagasiner une grande quantité d'énergie qui peut être libérée brutalement et sans préavis à l'instant ou avant la rupture complète de la structure. En conséquence, l'essai de charges sur un modèle réel peut avoir pour effet la projection d'éléments à des vitesses importantes, la chute d'éléments et la détérioration des matériels utilisés pour l'essai. L'essai de charge sur tout modèle réel peut causer des blessures aux participants et aux spectateurs.

En aucun cas il ne faut s'appuyer, s'asseoir, marcher ou se suspendre à un modèle.

Les essais doivent être menés sous la surveillance d'un adulte qualifié. Il est nécessaire d'avoir une protection appropriée pour se prémunir de la projection ou de la chute de débris. Dans tous les cas, vous devez vous protéger les yeux avec des lunettes de protection adaptées.

Ce logiciel est uniquement à but éducatif et n'est en aucun cas destiné à la conception de structures porteuses réelles, au calcul de leur résistance aux charges ou à toute utilisation professionnelle. Ce logiciel s'appuie sur des calculs théoriques, les résultats sur des modèles réels, y compris la rupture aux charges, varieront de manière significative en fonction de facteurs tels que les caractéristiques précises des matériaux utilisés et les techniques de construction employées.

Marques déposées citées dans ce document

ModelSmart and ModelSmart3D sont des marques déposées de la société Pre-Engineering Software Corporation. « SpaceGuide » et « the Space Guide Screen » sont des marques déposées de la société Pre-Engineering Software Corporation.

Les marques déposées figurant dans le logiciel ModelSmart3D et dans sa documentation appartiennent à leurs propriétaires respectifs.

La liste suivante mentionne de manière non exhaustive le nom des marques déposées citées dans cette documentation ainsi que leurs propriétaires.

Adobe and Reader est une marque déposée de Adobe Systems Incorporated.

Windows and Microsoft sont des marques déposées Microsoft Corporation.

Pentium et Celeron sont des marques déposées d'Intel Corporation

Installation du logiciel

Contenu du CD :

- Logiciel ModelSmart3D (licence Collège)
- Manuel utilisateur
- Bibliothèque de modèles
- Photos de modèles réels

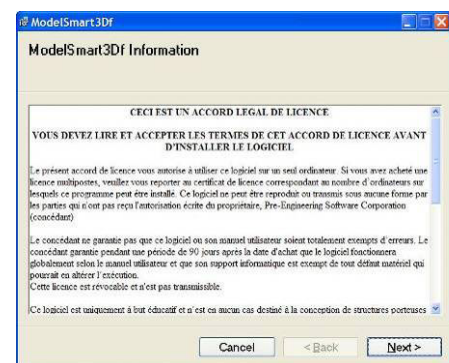
Configuration matérielle minimum :

PC équipé avec lecteur CD-ROM, Processeur Pentium® ou Celeron™, RAM 32 Mo ou plus, Couleurs 16 bit, 5 Mo de libre sur disque dur, Microsoft Windows 95, 98, Me, NT, 2000, XP ou Vista.

Procédure d'installation :

- 1 Insérez le CD ModelSmart™ 3Df dans le lecteur de CDROM, le processus d'installation doit alors démarrer automatiquement. Si ce n'est pas le cas, cliquez sur « Démarrer », sélectionnez « Exécuter » et entrez "X:\setup" (où X correspond au nom du lecteur de CDROM). Cliquez alors sur OK.

Si vous acceptez les termes de l'accord de licence cliquez sur « **Next >** » sinon cliquez sur « **Cancel** » pour abandonner le processus d'installation.



- 2 **Bienvenue dans l'assistant d'installation de ModelSmart3Df.**

Cliquez sur « **Next >** »



- 3 **Sélectionnez le dossier d'installation.**

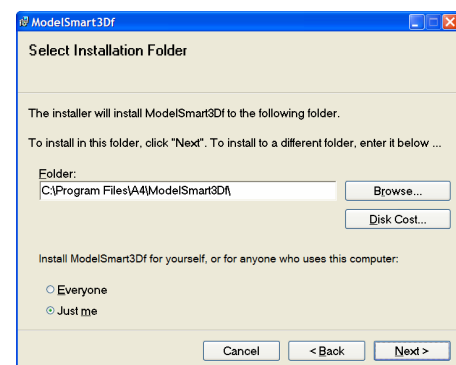
Le dossier d'installation qui est proposé par défaut est : C:\Program Files\A4\ModelSmart3Df

Cliquez sur « Browse... » si vous souhaitez modifier le dossier d'installation.

Cliquez sur « Disk Cost... » pour vérifier la place disponible sur votre disque dur.

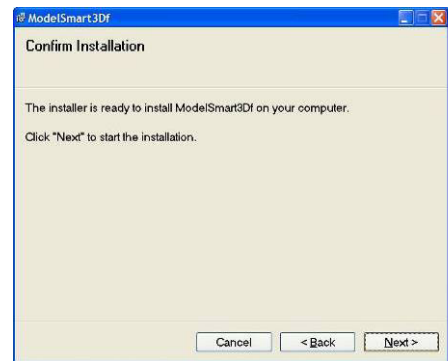
Cochez « Everyone » si tous les utilisateurs du poste utilisent ModelSmart3D, ou sur « Just me » si vous êtes le seul utilisateur.

Cliquez sur « **Next >** »



4 Confirmez l'installation du logiciel

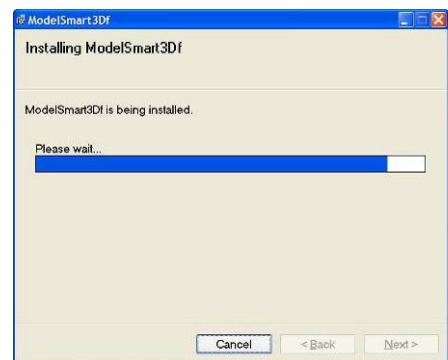
Cliquez sur « **N**ext > » pour lancer l'installation.



5 Installation de ModelSmart3Df en cours

Patientez pendant le processus d'installation.

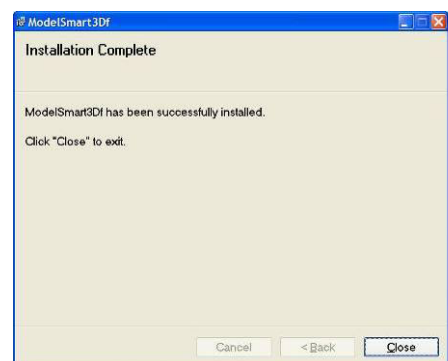
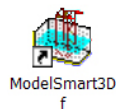
Si vous souhaitez interrompre le processus d'installation cliquez sur « **C**ancel > ».



6 Le logiciel est à présent installé

Cliquez sur « **C**lose » pour quitter l'installation.

Un raccourci a été placé sur le bureau :



Désinstallation :

Pour désinstaller le logiciel, lancez le Panneau de configuration, Ajout/suppression de programmes et sélectionnez le programme  **ModelSmart3Df** et cliquez sur Supprimer.

Premier lancement de ModelSmart3D

1 Munissez vous du numéro de licence figurant sur le certificat de licence fournit avec le logiciel
Lancez l'application à partir du bureau en double cliquant l'icône ModelSmar3df.

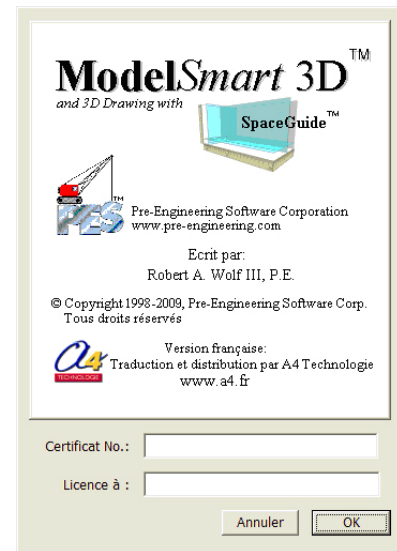


2 Renseignez le champ « Certificat No : » en recopiant exactement (y compris tous les tirets « - ») le numéro de licence fournit avec votre logiciel.

Renseignez le champ « Licence à » avec le nom de votre établissement.

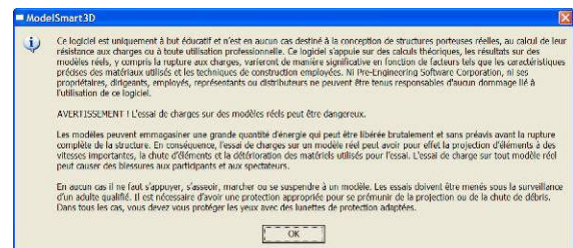
Cliquez sur le bouton « OK ».

Conservez le CDROM et le certificat de licence dans un lieu sûr.

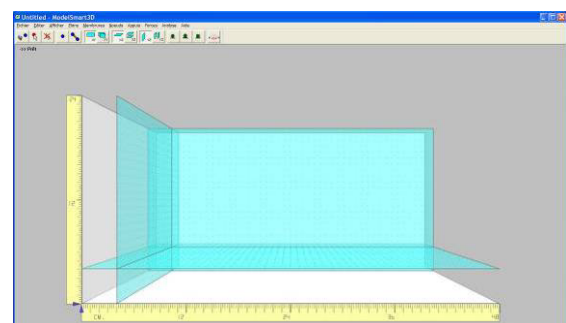


3 Veuillez lire les recommandations affichées au lancement du logiciel.

Cliquez sur le bouton « OK ».



La fenêtre d'accueil de ModelSmart3D affiche un repère à trois dimensions



Accès au manuel utilisateur :

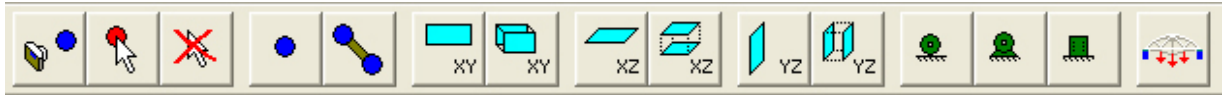
Le manuel utilisateur est accessible directement à partir du menu **Aide**. Adobe Reader doit être installé sur votre ordinateur.

Si vous n'avez pas installé ModelSmart3D dans le dossier par défaut proposé lors du processus d'installation (C:\Program Files\A4\ModelSmart3Df\Manuel utilisateur MS3Df.pdf), vous devez alors spécifier le chemin d'accès au guide utilisateur. Pour cela, ouvrez le menu **Editor | Préférences...** et spécifiez le chemin à l'aide du bouton **Parcourir**.

3 minutes pour prendre en main ModelSmart3D

Le but de ce chapitre est de vous présenter très rapidement les fonctions de base du logiciel. Vous allez ajouter des nœuds, des membrures, des appuis, des forces et tester votre pont.

Pour cela, vous disposez d'outils disponibles directement dans la barre d'outils.

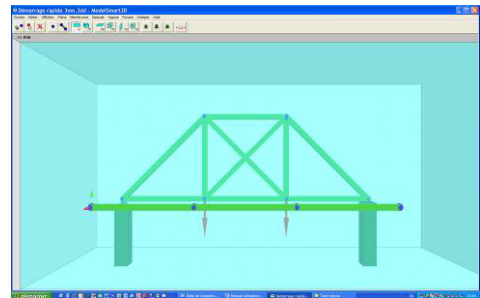


1 Ouvrir le modèle de démarrage rapide 3 mn

Menu

"Fichier | Ouvrir un Modèle... | Démarrage rapide 3mn".

Note : vous pouvez changer l'angle de vue du modèle à l'aide des touches F1 à F9, des flèches du pavé numérique ou bien avec le bouton droit de la souris.



2 Mettre en place des nœuds manquants

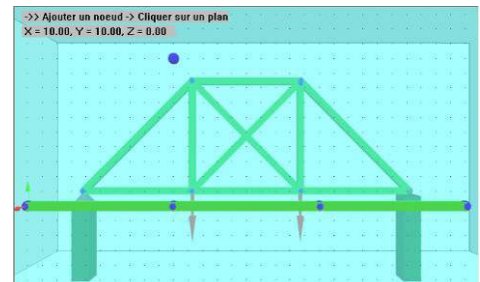
Activez le bouton « Ajouter un nœud »



Déplacez le curseur jusqu'à ce que les coordonnées dans le coin supérieur gauche de la fenêtre indiquent :

"X=10.00, Y=10.00, Z=0.00",

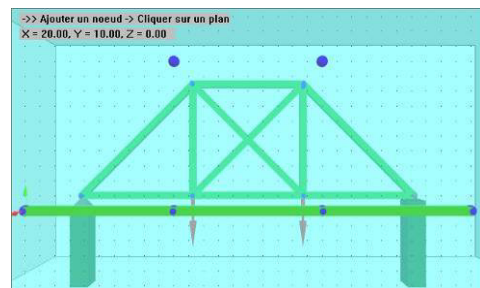
puis cliquez avec le bouton gauche de la souris afin de positionner le nœud.



Renouvelez l'opération pour mettre en place le deuxième nœud situé aux coordonnées suivantes :

"X=20.00, Y=10.00, Z=0.00".

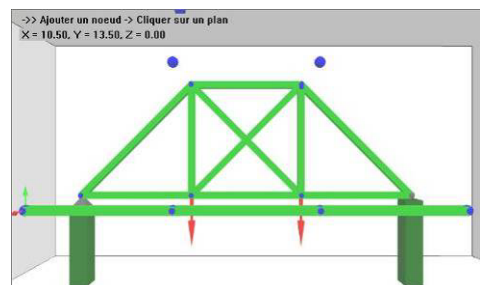
Note : en cas d'erreur de placement d'un nœud, vous pouvez le supprimer en activant l'option « Supprimer » du menu « Nœuds » puis en cliquant sur le nœud à supprimer.



4 Enlever le plan de positionnement des nœuds

Faites disparaître le plan de positionnement des nœuds en cliquant sur le bouton

Afficher le plan XY



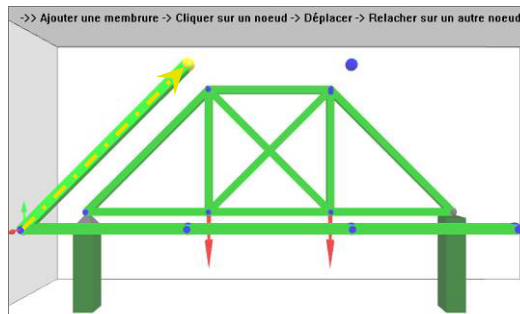
5 Mettre en place des membrures manquantes

Activez le bouton « Ajouter une membrure »

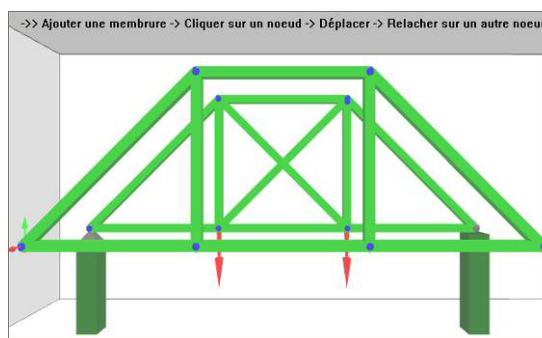


Cliquez sur le nœud de départ de la membrure et, sans relâcher le bouton de la souris se déplacez le curseur vers le nœud d'arrivée, attendez qu'il devienne jaune puis relâchez le bouton de la souris.

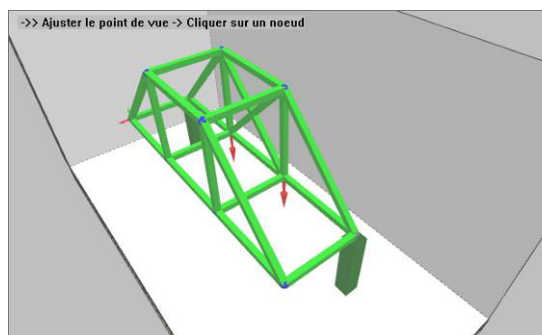
Note : en cas d'erreur de placement d'une membrure, vous pouvez la supprimer en activant l'option « Supprimer » du menu « Membrures » puis en cliquant sur la membrure à supprimer.



Renouvelez l'opération pour mettre en place les autres membrures.



Faites pivoter la vue à la vue à l'aide des flèches et des signes du pavé numérique ainsi que des touches F1 à F9.

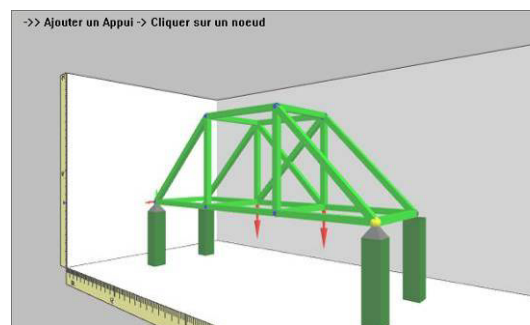


6 Mettre en place des appuis

Activez le bouton « Ajouter un Appui universel »

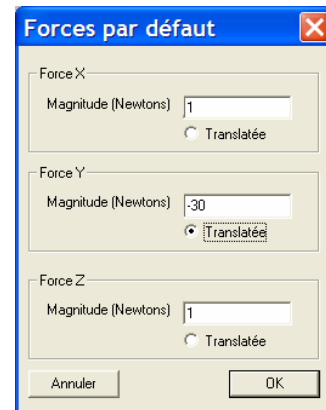


Positionnez les appuis manquants en cliquant sur les nœuds concernés.

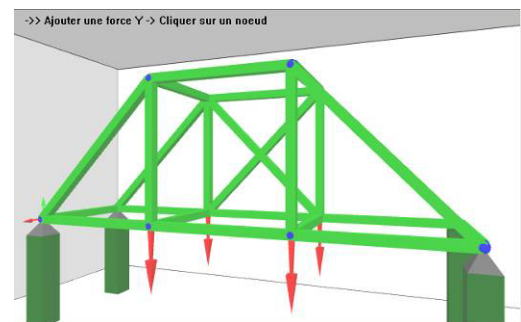


7 Appliquer des forces sur le modèle

Ouvrez le menu **Forces | Définir la force par défaut...**
Saisissez la valeur **-30 pour la force Y**, cochez l'option
« **Translatée** » et cliquez sur OK.



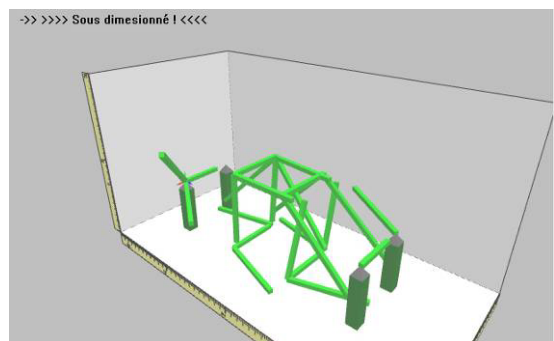
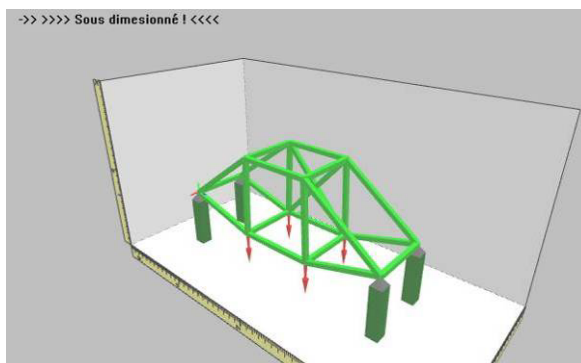
Sélectionnez l'option
Forces | Ajouter/Modifier une force Y
Ajoutez des forces sur le modèle en cliquant sur les
nœuds concernés



8 Analyser le modèle sous l'effet des forces appliquées

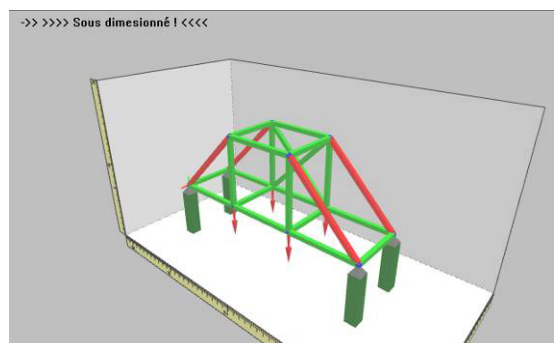
Lancez l'analyse avec le bouton

Le modèle se déforme puis cède sous l'effet des forces



Les membrures qui n'ont pas résistées au forces
appliquées sur le modèle sont colorisées en rouge.

On peut modifier le matériau ou la forme de ces
membrures pour rendre le modèle plus résistant.



Vous êtes prêt maintenant à aller plus loin...

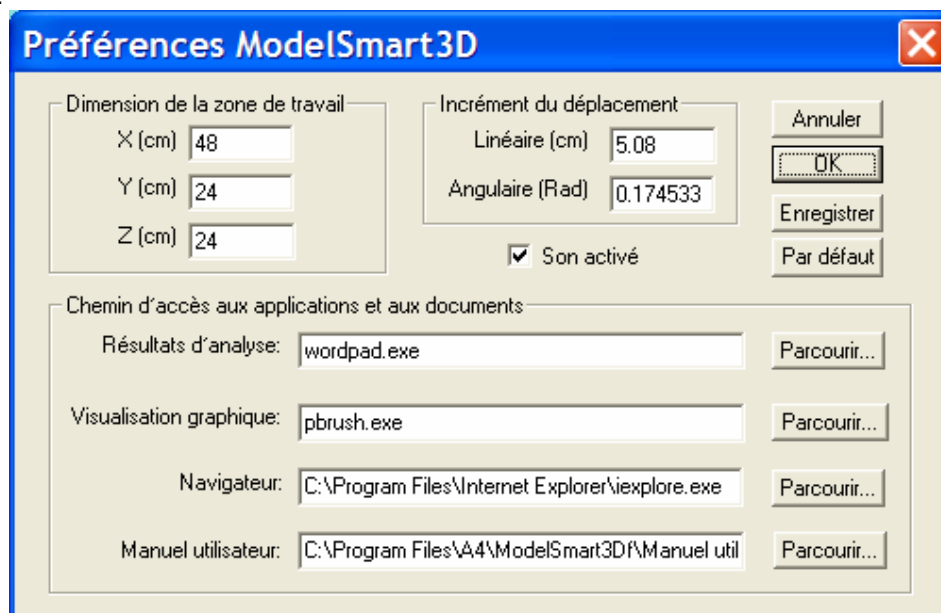
Votre premier modèle

Le but de ce chapitre est de vous aider à concevoir et à analyser votre premier modèle. ModelSmart3D est capable d'analyser de nombreux types de structures comme les ponts, des grues, et des tours. Pour votre premier ouvrage, vous allez concevoir un pont avec une poutre treillis.

1

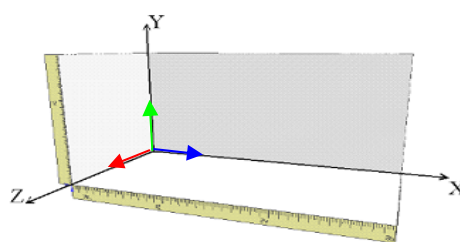
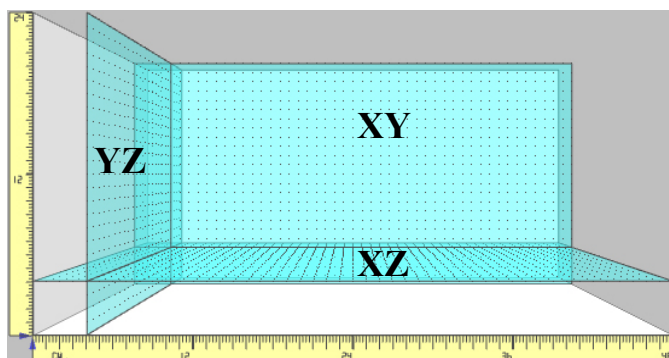
Ajustez la dimension de la zone de travail

Ouvrez le menu **Editer | Préférences...**, entrez 24 pour X, 18 pour Y, et 18 pour Z puis cliquez sur "OK".



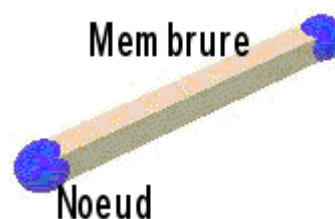
ATTENTION : Un espace de travail exagérément grand par rapport à la taille du modèle ralentit le programme.

Appuyez sur "F1" pour recentrer l'espace de travail. Celui-ci est alors présenté en vue de face. Vous visualisez les trois plans XY, XZ et YZ qui serviront à positionner les nœuds de votre modèle.



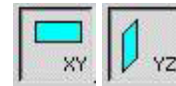
Orientation des axes X, Y et Z.
L'origine du repère est située à l'intersection des trois axes.

Votre pont sera construit à partir d'éléments appelés membrures. Les membrures constituent l'ossature du modèle. Elles sont liées par des nœuds qui représentent leur point de départ ou leur point d'arrivée.



2 Positionnez le premier nœud

Masquez les plans XY et YZ en cliquant sur les boutons



Cliquez sur le bouton « Ajouter un nœud »

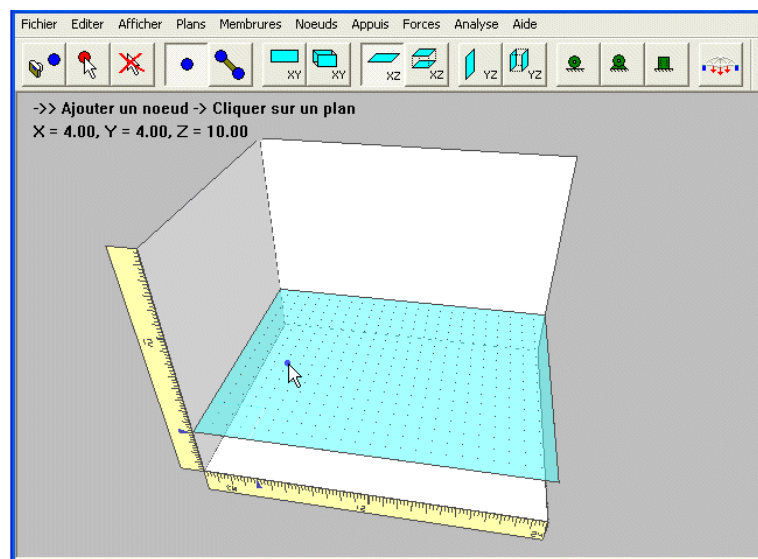


Déplacez le curseur jusqu'à ce que les coordonnées dans le coin supérieur gauche de la fenêtre indiquent :

"X=4.0, Y=4.0, Z=10.00".

Cliquez sur le bouton gauche de la souris pour valider le nœud

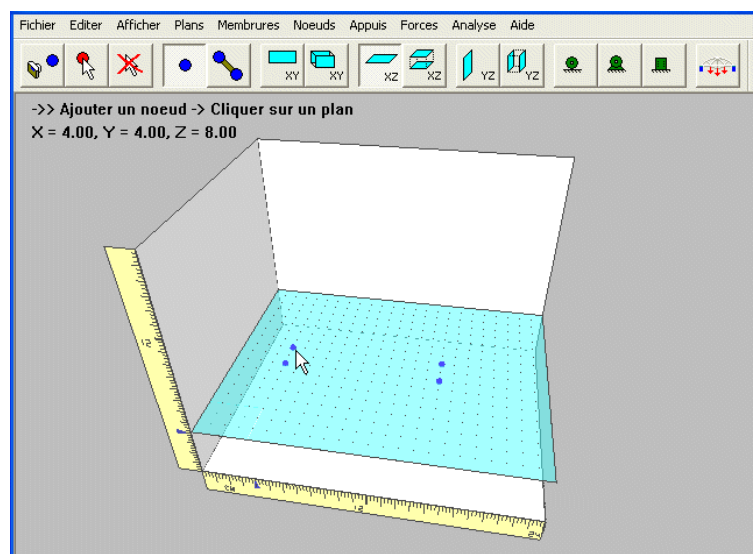
C'est de cette façon que vous ajouterez les autres nœuds à ce modèle. Plus tard, vous ajouterez des membrures entre les nœuds.



Si nécessaire changez l'angle de vue à l'aide des flèches et des signes du pavé numérique ainsi que des touches F1 à F9.

Placez un nœud à chacune des coordonnées suivantes :

X=16.0, Y=4.0, Z=10.0 | X=16.0, Y=4.0, Z=8.0 | X=4.0, Y=4.0, Z=8.0



3 Positionnez les nœuds suivants

Masquez le plan XZ et affichez le plan YZ en cliquant sur les boutons

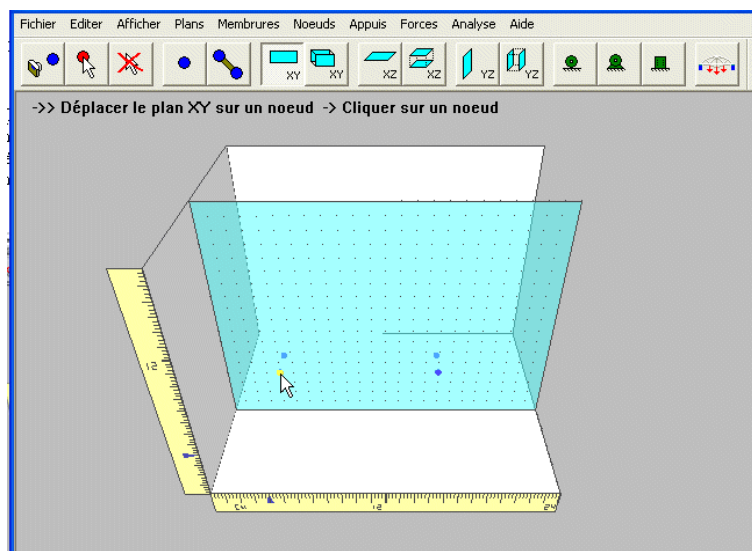


Déplacez le plan XY pour le faire coïncider avec les 2 nœuds les plus proches.

Pour cela, sélectionnez **Plans | Plan XY | Déplacer le plan sur un nœud**

Cliquez sur le nœud situé à gauche au premier plan de l'espace de travail (attendez que le nœud devienne jaune avant de cliquer).

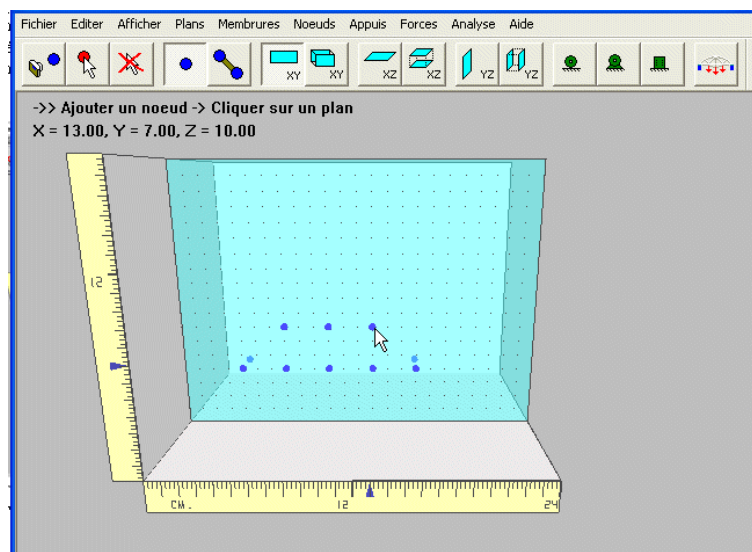
Le plan XY se positionne automatiquement en position **Z=10.0** sur le nœud.



Placez un nœud à chacune des coordonnées suivantes :

X=7.0, Y=4.0, Z=10.0 | X=10.0, Y=4.0, Z=10.0 | X=13.0, Y=4.0, Z=10.0

X=7.0, Y=7.0, Z=10.0 | X=10.0, Y=7.0, Z=10.0 | X=13.0, Y=7.0, Z=10.0



5 Enregistrez votre travail

Pour cela sélectionnez le menu **Fichier | Enregistrer le Modèle sous ...**

Entrez le nom de votre modèle : « Exemple.3dd » et cliquez sur « Enregistrer »

6 Ajoutez des nœuds en les dupliquant

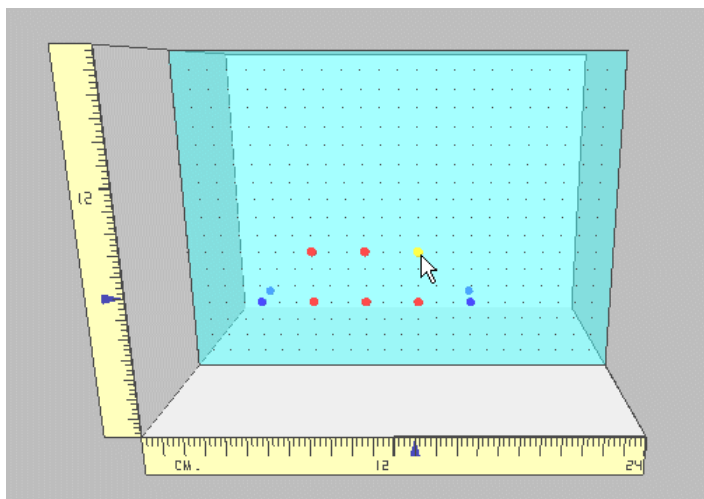
Il s'agit de dupliquer 6 nœuds sur un deuxième plan vertical à 2 cm derrière le plan actif.
Pour cela, vous allez utiliser la fonction permettant de dupliquer des nœuds sélectionnés sur le plan actif.

Activez le mode permettant de sélectionner des nœuds à en activant le bouton



Positionnez le curseur sur chacun des nœuds, attendez qu'il devienne jaune et cliquez à l'aide du bouton gauche de la souris.

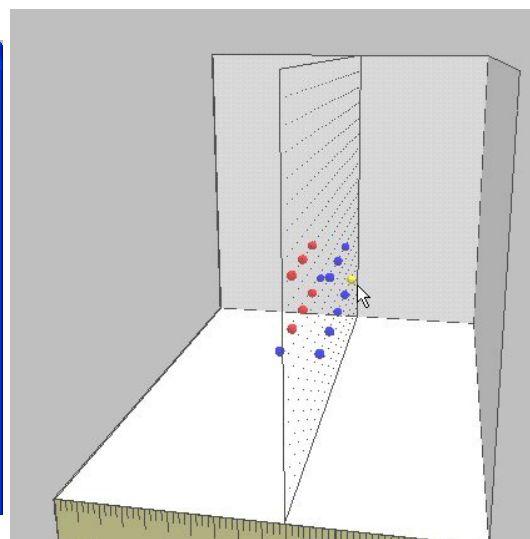
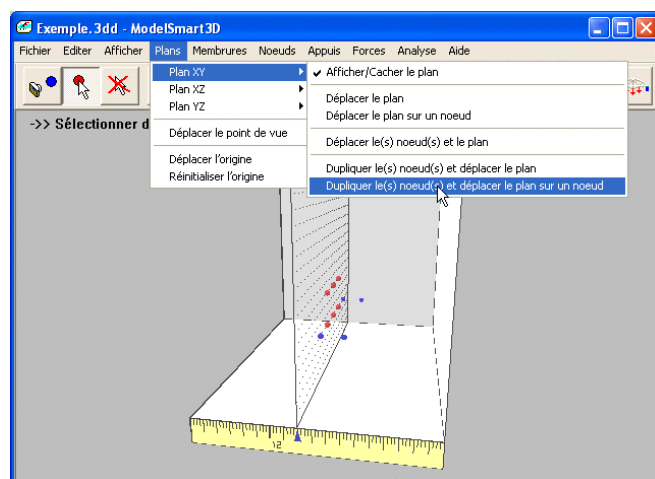
Les 6 nœuds sélectionnés apparaissent maintenant en rouge.



*Si nécessaire annulez la sélection des nœuds à l'aide du menu **Nœuds** | **Annuler la sélection des nœuds** puis recommencer l'opération précédente.*

Sélectionnez le menu **Plans** | **Plan XY** | **Dupliquer le(s) nœud(s) et déplacer le plan sur un nœud**.

Modifiez l'angle de vue à l'aide de flèches du pavé numérique et cliquez sur le nœud dont les coordonnées sont **X=4.0, Y=4.0, Z=8.0** (attendre que le nœud devienne jaune avant de cliquer).
(Sélectionnez le menu **Editer** | **Annuler** si vous vous êtes trompé.)



Annulez la sélection des nœuds en cliquant sur le bouton

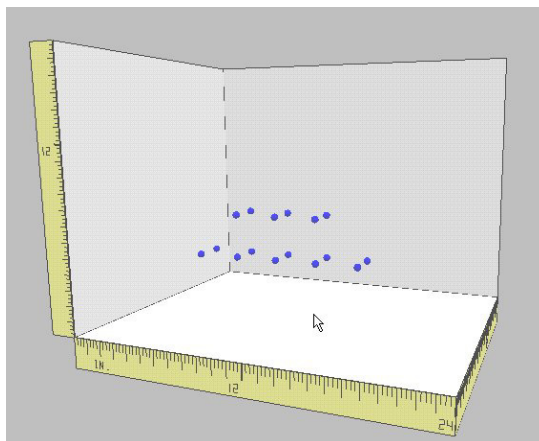


Enregistrez votre travail en à l'aide du menu **Fichier** | **Enregistrer le Modèle**

7 Ajoutez les membrures d'un coté du pont

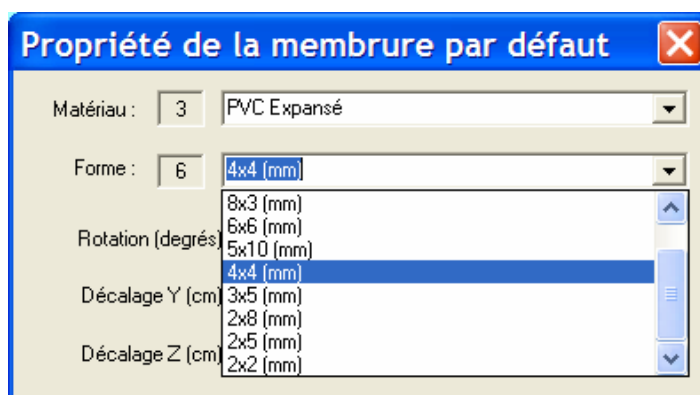
Réorientez la vue (à l'aide des flèches et des signes du pavé numérique ainsi que des touches F1 à F9).

Masquez le plan XY en cliquant sur le bouton



Sélectionnez le matériau et la forme des membrures que vous allez utiliser à l'aide du menu **Membrures | Initialiser le matériau et la forme par défaut...**

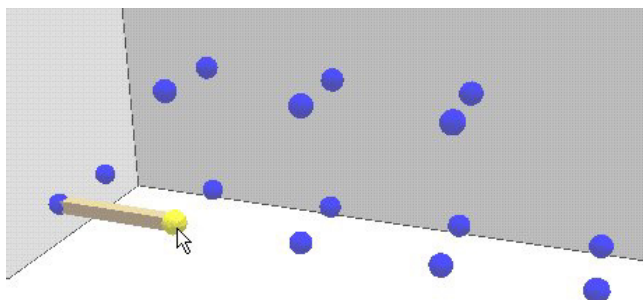
Déroulez la liste des Matériaux et celle des Formes pour sélectionner du **PVC Expansé** dont la forme (section) est **4x4 mm** et cliquez sur OK.



Cliquez sur le bouton « **Ajouter une membrure** »



Placez le curseur sur un nœud, attendez qu'il devienne jaune, puis cliquez et sans relâcher le bouton, déplacez le curseur sur le nœud suivant, attendre qu'il devienne jaune à son tour et relâchez le bouton gauche de la souris. Vous avez réalisé votre première membrure sur votre modèle.

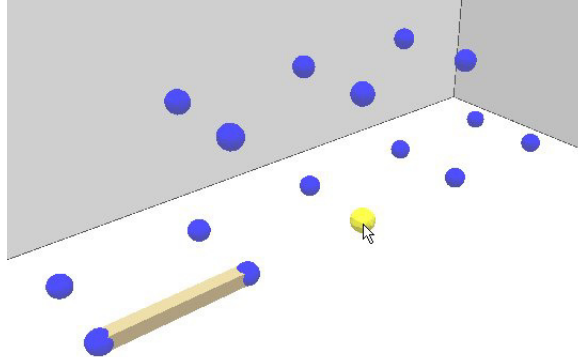


Vous pouvez recentrer la vue sur un nœud.

Pour cela, cliquez sur le bouton « Déplacer le point de vue sur un nœud »



Cliquez ensuite sur le nœud souhaité afin de recentrer la vue.

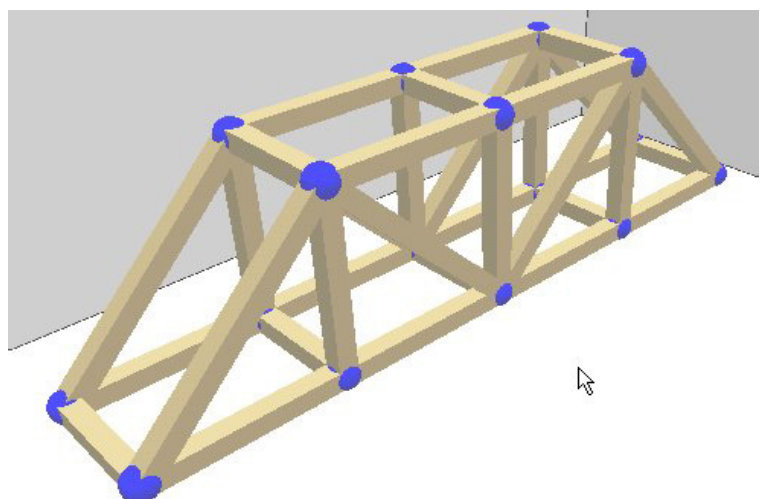
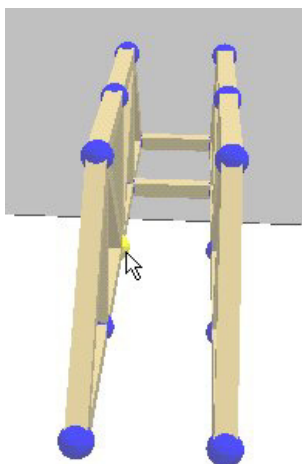
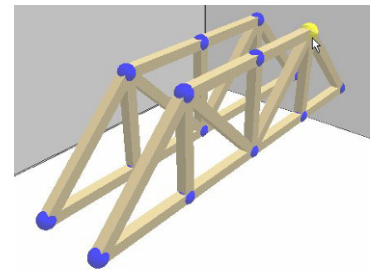
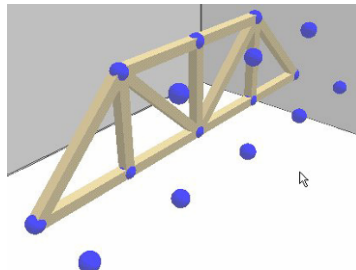
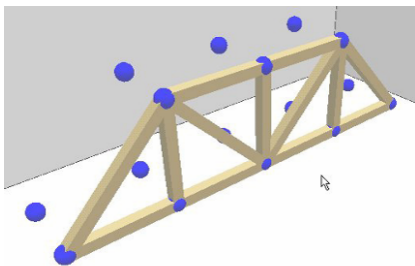


Utilisez les flèches du pavé numérique pour pouvoir observer correctement le modèle créé. Les flèches de droite ou de gauche permettent de faire tourner la figure dans une nouvelle position.

Cliquez sur le bouton « **Ajouter une membrure** »

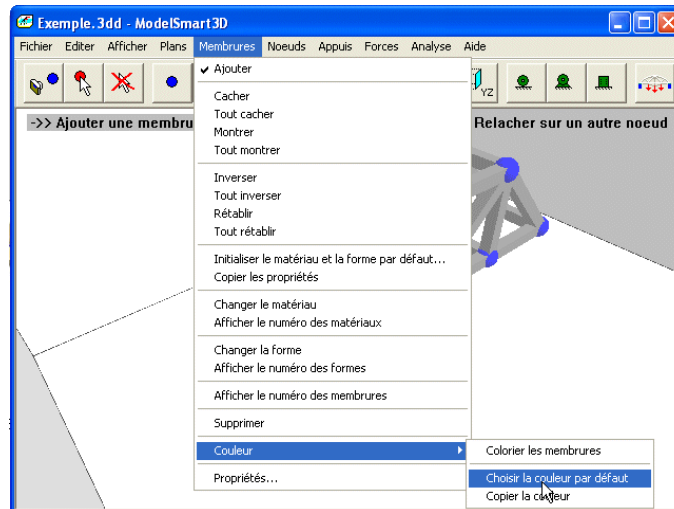


Achevez la mise en place des membrures



8 Modifiez la couleur de quelques membrures.

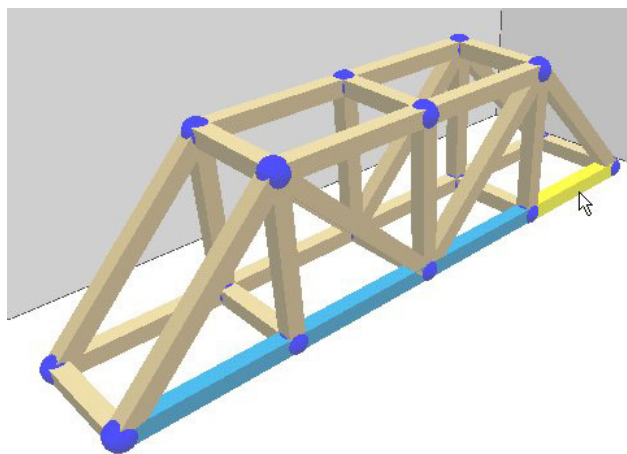
Pour cela, ouvrez le menu **Membrure | Couleur | Choisir la couleur par défaut**



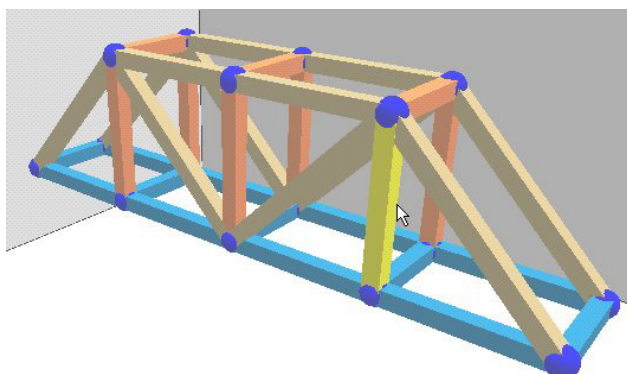
Sélectionnez la couleur dans la palette puis cliquez sur OK.

Note : évitez de choisir les couleurs rouge et bleue foncée qui sont réservées pour l'analyse du modèle.

Activez l'option du menu **Membrure | Couleur | Colorier les membrures** puis cliquez sur les membrures afin d'appliquer la couleur par défaut précédemment sélectionnée.



Répétez l'opération afin d'appliquer des couleurs différentes aux membrures de votre modèle.



9

Ajoutez des appuis

Un appui est un dispositif intercalé entre le tablier et les piles ou les culées qui supportent l'ouvrage. Les appuis permettent le déplacement de la structure (rotation ou translation) en faisant supporter par l'appui les efforts verticaux ou obliques.

Il existe différents appareils d'appui qui permettent de transmettre aux piles et aux culées les charges exercées par le tablier de l'ouvrage.

Par souci de simplification, on emploie dans ModelSmart3D le seul terme « Appui ». Ce terme regroupe l'appui lui-même (partie fixe) et l'appareil d'appui (partie mobile qui donne des degrés de liberté à la structure).

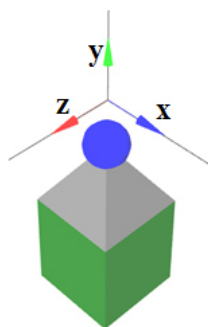
ModelSmart3D offre le choix parmi 8 types d'appuis. Ils sont positionnés au niveau des nœuds du modèle.

Les résultats de l'analyse du modèle sont liés non seulement aux forces appliquées mais aussi aux types d'appuis sur lesquels repose la structure.

Les appuis les plus couramment utilisés sont accessibles directement dans la barre d'outils.



Appui universel

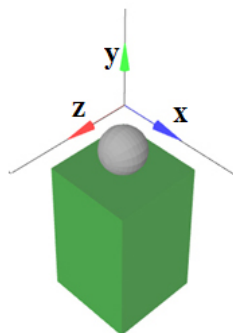


Appui rotule :

La rotation du nœud est permise autour de tous les axes. La translation est interdite dans toutes les directions.



Appui de type XZ

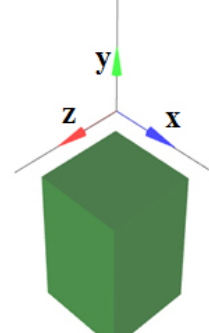


Appui ponctuel :

La translation du nœud est permise dans le plan XZ. La translation est interdite dans la direction de l'axe Y. La rotation du nœud est permise autour de tous les axes. Cet appui simule une structure qui repose sur une surface plate. Il permet à la structure de glisser sur son appui (la structure n'est pas collée à l'appui).



Appui fixe



Encastrement :

La rotation et la translation sont interdites.

La combinaison Appui universel + Appui ponctuel (type XZ) est le choix le plus commun pour visualiser les déformations de votre modèle sous l'effet des forces appliquées.

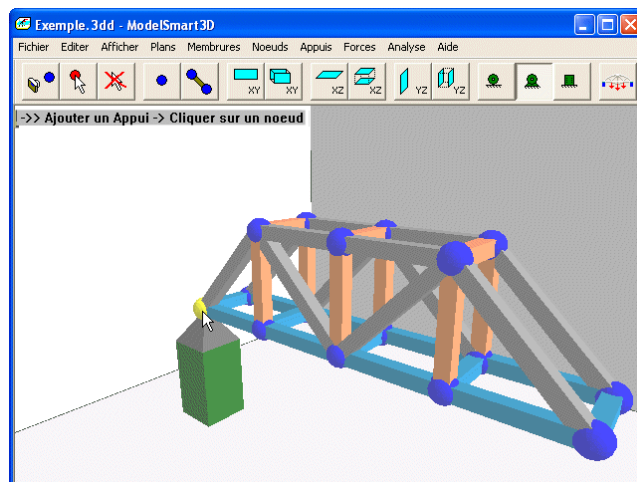
Ces appuis permettront à la structure de se déformer et de fléchir.

Cliquez sur le bouton « **Ajouter un Appui universel** »



Cliquez sur les nœuds de coordonnées **X=4, Y=4, Z=10** puis sur le nœud **X= 4, Y=4, Z=8**

Cet appui autorise la rotation du nœud autour de tous les axes et interdit les translations dans toutes les directions.

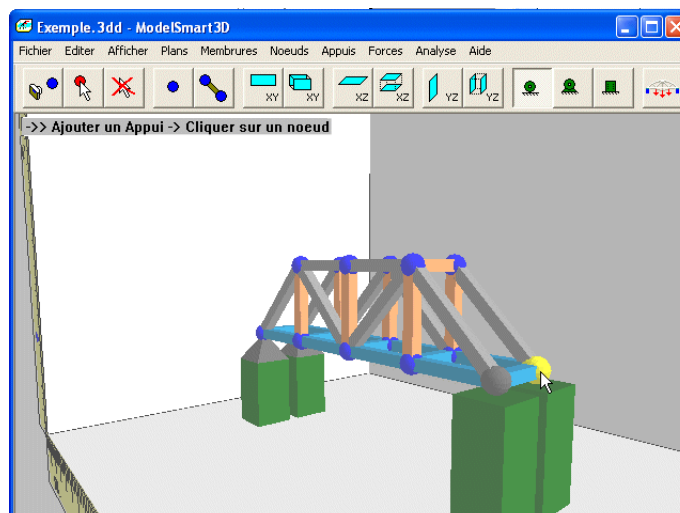


Cliquez sur le bouton « **Ajouter un Appui de type XZ** »



Cliquez sur les nœuds de coordonnées **X=16, Y=4, Z=10** puis sur le nœud **X=16, Y=4, Z=8**

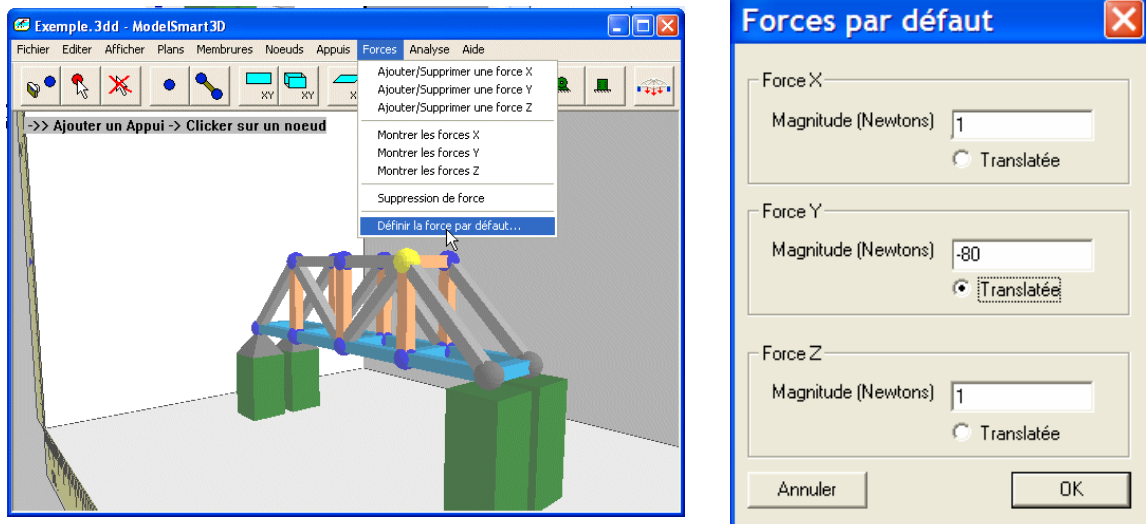
Cet appui autorise la translation du nœud dans le plan XZ et la rotation autour de tous les axes. La translation est interdite dans la direction de l'axe Y.



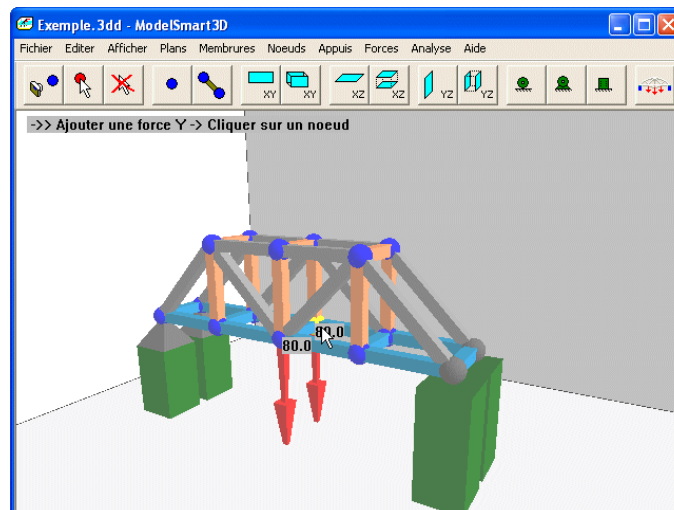
8 Appliquez des forces sur la structure

C'est la dernière étape avant de lancer l'analyse du modèle.
Vous allez à présent fixer la valeur des forces et leur direction.

Sélectionnez le menu "**Forces | Définir la force par défaut**".
Saisissez "-80" dans le champ "Force Y", cochez le bouton radio "**Translatée**" puis cliquez sur "**OK**".



Sélectionnez le menu "**Forces | Ajouter/Modifier une force en Y**".
Appliquez à présent deux forces : déplacez le curseur sur le nœud du milieu à la base de la structure treillis. Attendez que le nœud soit jaune puis cliquez avec le bouton gauche de la souris. Répétez cette opération sur la deuxième poutre treillis en cliquant sur le nœud opposé.



Enregistrez votre travail : "**Fichier | Enregistrer le Modèle**"

9 Lancez l'analyse de votre modèle

Il existe deux modes principaux pour analyser un modèle :

1^{er} mode (mode par défaut) : le logiciel analyse le modèle en tenant compte des valeurs et de l'orientation des forces appliquées.

2^{ème} mode : le logiciel analyse le modèle en calculant la valeur des forces résultantes à partir desquelles le modèle va céder. Le calcul tient compte de l'orientation des forces que vous avez appliquées sur la structure et détermine la valeur de rupture qu'il affiche alors en haut à gauche de l'écran.

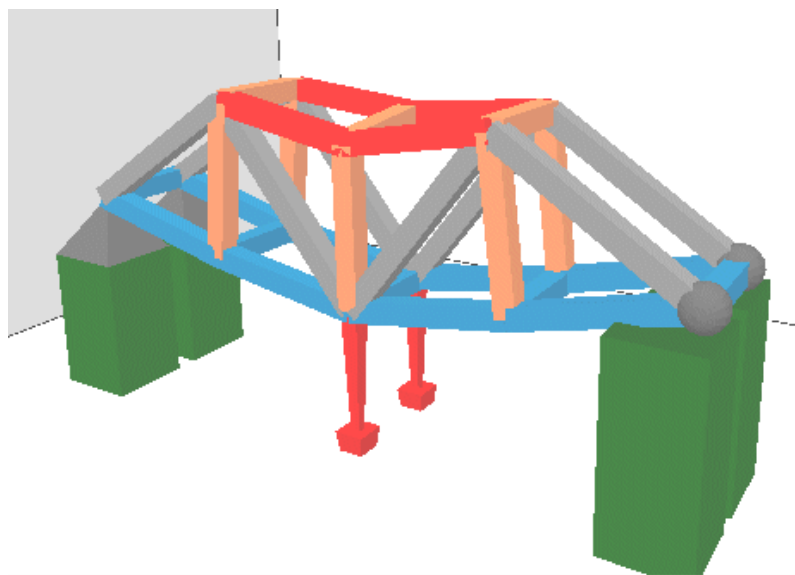
Parmi ces deux modes, vous pouvez activer différentes options qui permettent de :

- modifier l'animation en visualisant la rupture ou la déformation de la structure,
- modifier la couleur des membrures à l'issue de la simulation pour repérer les points faibles de la structure,
- tenir compte ou non de certains paramètres mécaniques qui caractérisent la structure.

Note : les différentes options de l'analyse sont expliquées dans le chapitre qui décrit le menu Analyse.

Pour lancer l'analyse du modèle, sélectionnez le menu **"Analyse | Lancer l'Analyse!"**

ou bien cliquez sur le bouton



Oh Non !

Que se passe-t-il ?

Les membrures en rouge dans la partie supérieure du pont n'ont pas résistées aux forces de 80 Newtons appliquées sur les deux nœuds au centre de la structure.

Vous pouvez alors décider de renforcer la structure...

Modifiez la structure afin de la renforcer

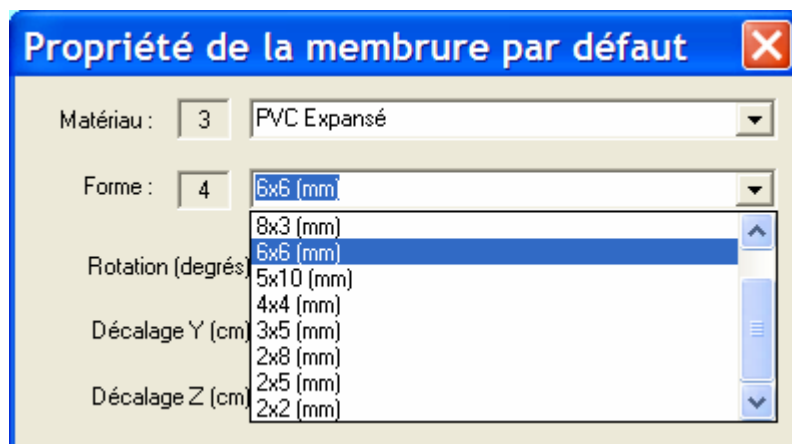
Vous avez trois possibilités pour renforcer votre structure :

- ⇒ Changer le matériau,
- ⇒ Changer la forme des membrures,
- ⇒ Ajouter des membrures.

Le modèle sur lequel vous travaillez est constitué exclusivement de membrure en PVC Expandé dont la section est 4x4 (mm).

Nous allons renforcer la structure en augmentant la section des membrures supérieures.

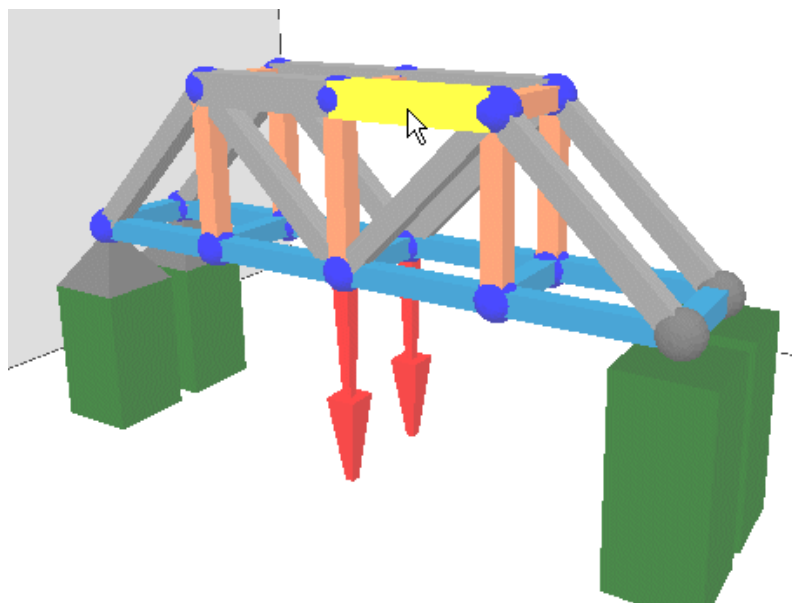
Dans le menu **"Membrures | Initialiser le matériau et la forme par défaut..."**, sélectionnez la forme No 4 : "6x6 (mm)" puis cliquez sur « OK ».



Activez ensuite le mode permettant de modifier la forme des membrures en sélectionnant le menu **"Membrures | Changer la forme"**.

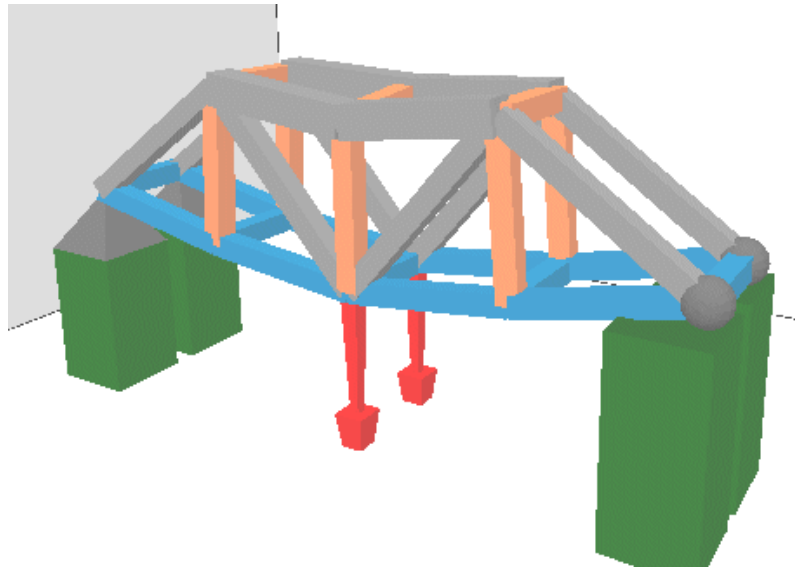
Rafraîchissez l'écran avec la touche Ctrl+R ou à l'aide du menu **Afficher | Rafraîchir l'écran** afin de réinitialiser le modèle dans son état d'origine.

Cliquez sur les quatre membrures supérieures pour modifier leur forme.



Relancez l'analyse avec le menu **"Analyse | Lancer l'analyse!"**

ou bien en cliquant sur le bouton



Ca marche !

Les modifications apportées permettent au modèle de résister à l'application des deux forces de -80 Newtons.

Exemples d'exercices élèves

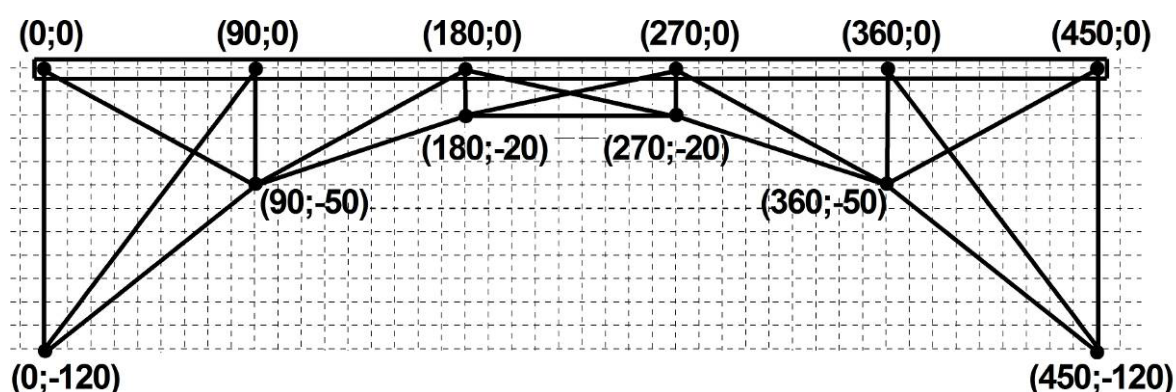
On peut demander à l'élève d'utiliser ModelSmart 3D pour mener des tests de résistance sur un modèle existant ou bien sur un modèle de sa conception.

Note : les fichiers qui correspondent aux exemples suivants sont disponibles dans le dossier Bibliothèque \ Modèles A4 situé dans le répertoire d'installation (fichiers Ex1xx et Ex2xx).

Exemple n°1 :

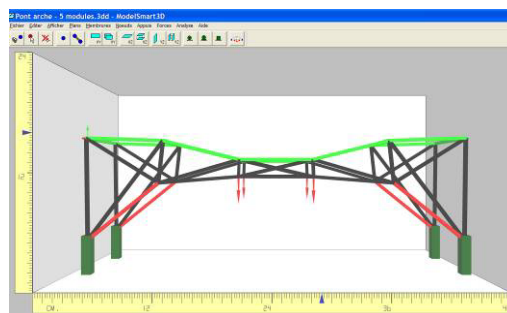
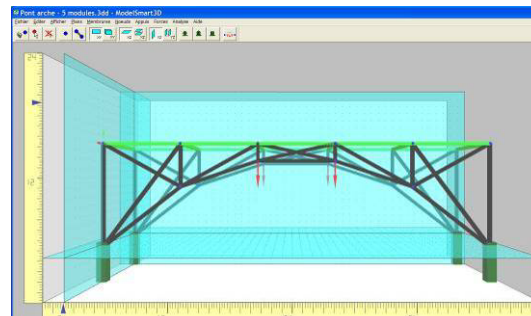
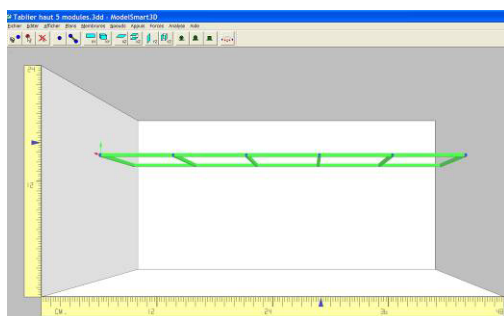
L'élève conçoit et dessine son pont sur une feuille quadrillée.

On peut imposer à l'élève un tablier de longueur donnée avec des nœuds pré positionnés.



L'élève relève les coordonnées des nœuds, les positionne dans le logiciel, modélise son pont et teste sa résistance en appliquant des forces.

On peut fournir à l'élève un modèle préconstruit avec un tablier déjà modélisé.



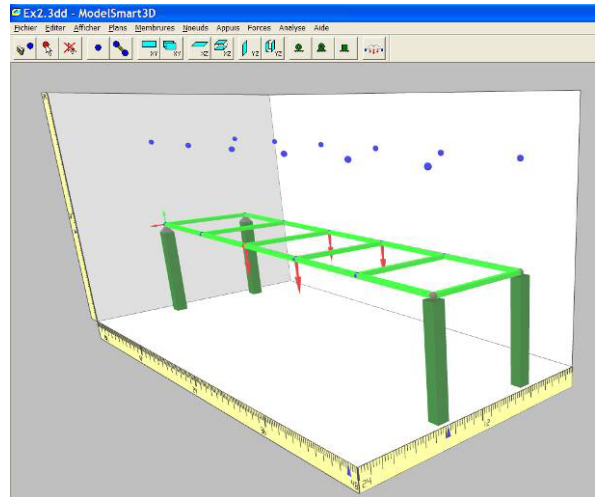
Exemple n°2 :

L'élève ouvre un modèle partiellement construit. Tous les noeuds et les appuis sont déjà positionnés. Des forces sont déjà positionnées sur le modèle.

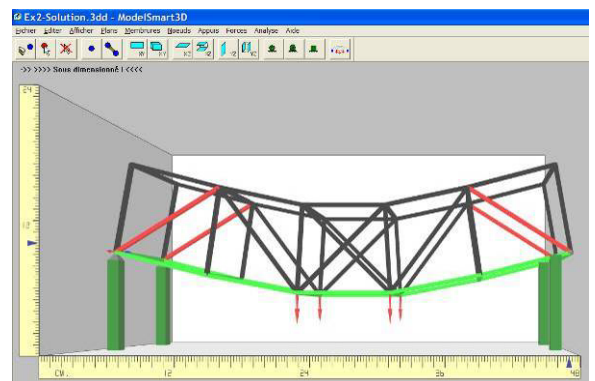
L'élève achève la conception du modèle en ajoutant les membrures nécessaires à son maintien.

L'élève lance l'analyse de son modèle et modifie sa conception jusqu'à ce que le modèle résiste aux forces appliquées.

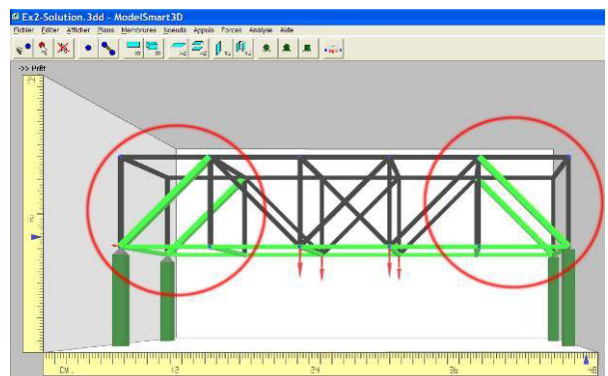
L'élève ouvre le modèle Ex2 et achève la construction.



L'élève lance la simulation. Dans le cas où le modèle ne résiste pas, l'élève repère les zones à renforcer et corrige son modèle.



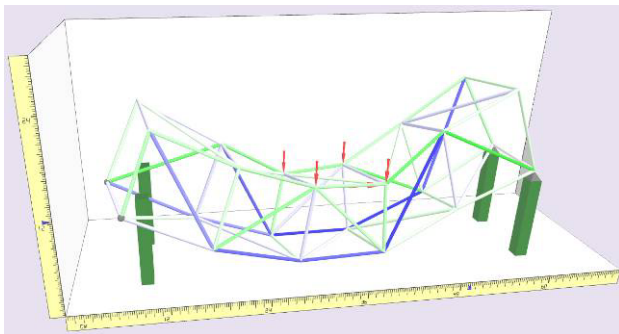
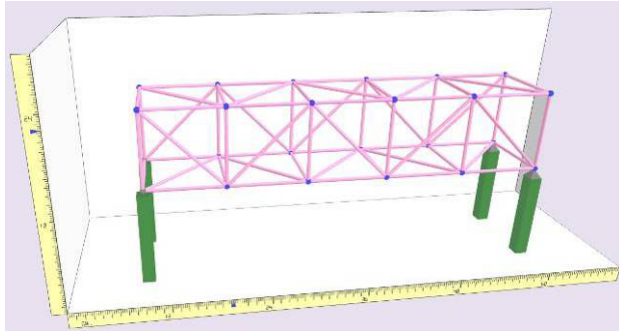
Solution possible : augmenter la section de certaines membrures



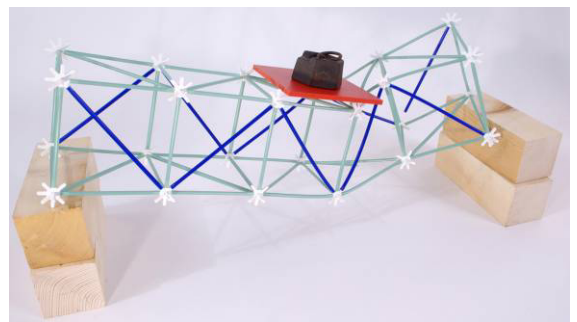
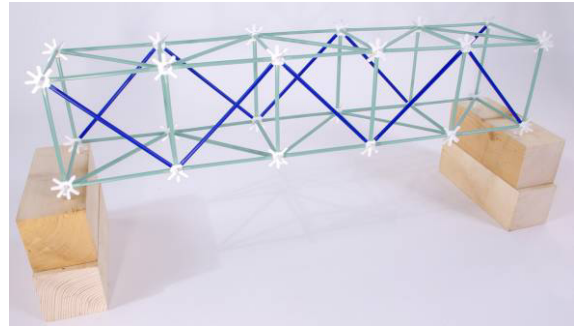
Exemples de réalisations :

Pont réalisé avec des tubes emboîtés

Modèle virtuel

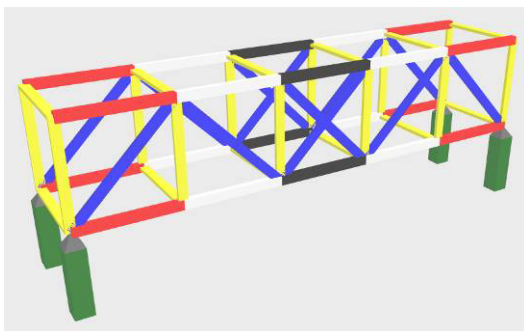


Modèle réel

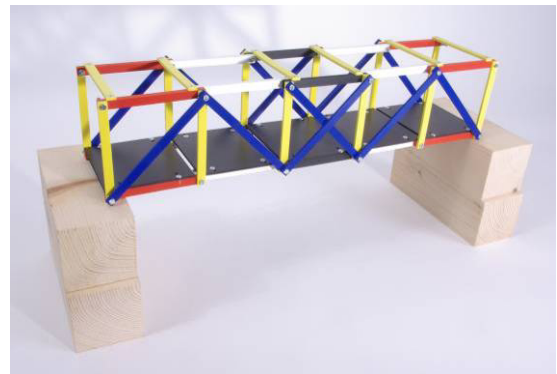


Pont réalisé avec des baguettes de PVC expansé

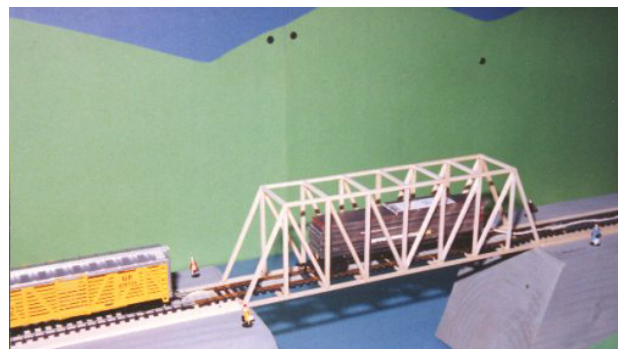
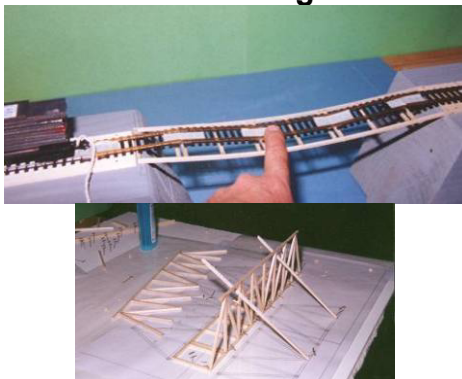
Modèle virtuel



Modèle réel



Pont réalisé avec des baguettes de balsa



La barre d'outils ModelSmart3D



Déplacer le point de vue sur un nœud - Permet de centrer l'écran sur un nœud.



Sélectionner un nœud - Permet de sélectionner un nœud en vue de le dupliquer ou de le déplacer.



Annuler la sélection des noeuds



Ajouter un nœud - Cliquer sur ce bouton pour être en mode d'ajout de nœud puis cliquer sur le plan souhaité pour ajouter un nœud.

Note : positionner les noeuds en premier pour pouvoir ensuite tracer les membrures.



Ajouter une membrure - Cliquer sur ce bouton pour être en mode d'ajout de membrure. Cliquer sur le nœud de départ de la membrure et relâcher le bouton de la souris sur le nœud d'arrivée de la membrure.

Note : on ne peut ajouter une membrure qu'entre des nœuds existants.



Afficher le plan XY - Cliquer sur ce bouton pour afficher ou masquer le plan guide XY.

Note : le logiciel fonctionne plus rapidement lorsque le plan est masqué.



Déplacer le plan XY - Cliquer sur ce bouton pour être en mode déplacement de plan puis cliquer sur le plan, faire glisser la souris jusqu'à l'endroit souhaité puis relâcher le bouton de la souris.

Note : la position du plan est indiquée dans la zone d'informations en haut à gauche de l'écran.



Afficher le plan XZ - Cliquer sur ce bouton pour afficher ou masquer le plan guide XZ.

Note : le logiciel fonctionne plus rapidement lorsque le plan est masqué.



Déplacer le plan XZ - Cliquer sur ce bouton pour être en mode déplacement de plan puis cliquer sur le plan, faire glisser la souris jusqu'à l'endroit souhaité puis relâcher le bouton de la souris.

Note : la position du plan est indiquée dans la zone d'informations en haut à gauche de l'écran.



Afficher le plan YZ - Cliquer sur ce bouton pour afficher ou masquer le plan guide YZ.

Note : le logiciel fonctionne plus rapidement lorsque le plan est masqué.



Déplacer le plan YZ - Cliquer sur ce bouton pour être en mode déplacement de plan puis cliquer sur le plan, faire glisser la souris jusqu'à l'endroit souhaité puis relâcher le bouton de la souris.

Note : la position du plan est indiquée dans la zone d'informations en haut à gauche de l'écran.



Ajouter un appui de type XZ - Cliquer sur ce bouton puis cliquer sur le nœud souhaité pour ajouter cet appui (attendre que le nœud soit en surbrillance pour ajouter l'appui).
Note : cet appui de type rouleau autorise les translations du nœud auquel il est lié sur le plan XZ dans la direction de l'axe X. Pour plus de précisions, voir le menu « Appuis ».



Ajouter un appui universel - Cliquer sur ce bouton puis cliquer sur le nœud souhaité pour ajouter cet appui (attendre que le nœud soit en surbrillance pour ajouter l'appui).
Note : cet appui de type rotule autorise les rotations du nœud auquel il est lié dans toutes les directions.
Deux appuis universels d'un côté et deux appuis rouleaux de type X constituent une combinaison classique pour un pont. Celui-ci n'est pas « collé » sur les appuis. Lorsqu'une force est appliquée, le pont peut glisser dans la direction X alors qu'aucune translation n'est permise dans la direction Y au niveau du point de contact avec les appuis.
Pour plus de précisions, voir le menu « Appuis ».



Ajouter un appui fixe - Cliquer sur ce bouton puis cliquer sur le nœud souhaité pour ajouter cet appui (attendre que le nœud soit en surbrillance pour ajouter l'appui).
Note : cet appui s'apparente à un scellement de la membrure à laquelle il est lié.
Pour plus de précisions, voir le menu « Appuis ».



Lancer l'analyse - Cliquer sur ce bouton pour lancer l'analyse selon les options sélectionnées dans le menu Options d'analyse.

Les touches de raccourcis ModelSmart3D

F1	Vue de face rapprochée
F2	Vue de côté
F3	Vue de dessus
F4	Vue de dessous
F5	Vue en perspective (plongée)
F7	Vue arrière
F8	Vue de face éloignée
F9	Vue en perspective (contre plongée)
F10	Activation de la barre de menus
F11	Tout afficher
F12	Tout cacher
↑	Zoom avant
↓	Zoom arrière
←	Rotation sens anti horaire
→	Rotation sens horaire
+	Eloignement par le haut
-	Eloignement par le bas

1	Rotation vers le haut
2	Translation vers le haut
3	Rotation vers le bas
4	Translation vers la droite
6	Translation vers la gauche
7	Rotation horizontale, sens horaire
8	Translation vers le bas
9	Rotation horizontale, sens antihoraire
/	Zoom avant
*	Zoom arrière

Clic droit

à droite de l'espace de travail	Rotation +
à gauche de l'espace de travail	Rotation -
Au dessus de l'espace de travail	Zoom +
En dessous de l'espace de travail	Zoom -

Menu Fichier

Nouveau	Supprime le modèle en cours et configure l'application pour créer un nouveau modèle utilisant les unités du système métrique.
Ouvrir un modèle...	Ouvre un modèle préalablement enregistré.
Enregistrer le modèle	Enregistre un modèle en conservant le nom courant du modèle en cours qui a été préalablement enregistré avec l'option « Enregistrer le Modèle sous... »
Enregistrer le Modèle sous...	Choix du nom et du lieu d'enregistrement d'un modèle.
Orientation des treillis	Choix de l'orientation d'impression du modèle en cours selon le mode Portrait ou Paysage.
Plan des treillis XY / XZ / YZ Montrer les treillis	Visualisation de la zone d'impression des treillis du plan XY, XZ ou YZ. (utilisé après avoir choisi l'orientation des treillis en mode Portrait ou Paysage)
Plan des treillis XY / XZ / YZ Déplacer les treillis	Ajuste la position de la zone d'impression des treillis. Affichez le plan guide souhaité (par exemple le plan XY), puis cliquez à l'endroit souhaité afin de positionner le coin bas gauche de la zone d'impression. 
Imprimer les treillis XY / XZ / YZ	Lance l'impression d'une projection de la structure sur le plan XY, XZ ou YZ.
Exporter un fichier VRML 2.0...	Création d'un fichier 3D au format VRML. Le fichier est généré avec l'extension « .wrl » et peut être visualisé avec une visionneuse VRML 2.0.
Sauver fichier de config.	Enregistre les données de configuration du modèle en cours dans un fichier texte (extension « .txt »). Le modèle doit contenir au minimum une membrure afin de pouvoir enregistrer son fichier de configuration. Il est ensuite possible de consulter ce fichier à l'aide d'un éditeur de texte. Ce fichier contient entre autres les coordonnées de nœuds, les matériaux et formes utilisées, les forces appliquées sur le modèle...
Données fichier de config.	Permet de sélectionner les données qui figureront dans le fichier de configuration du modèle en cours (Cf. Ci-dessus)
Quitter ModelSmart3D	Quitte l'application.

Menu Editer

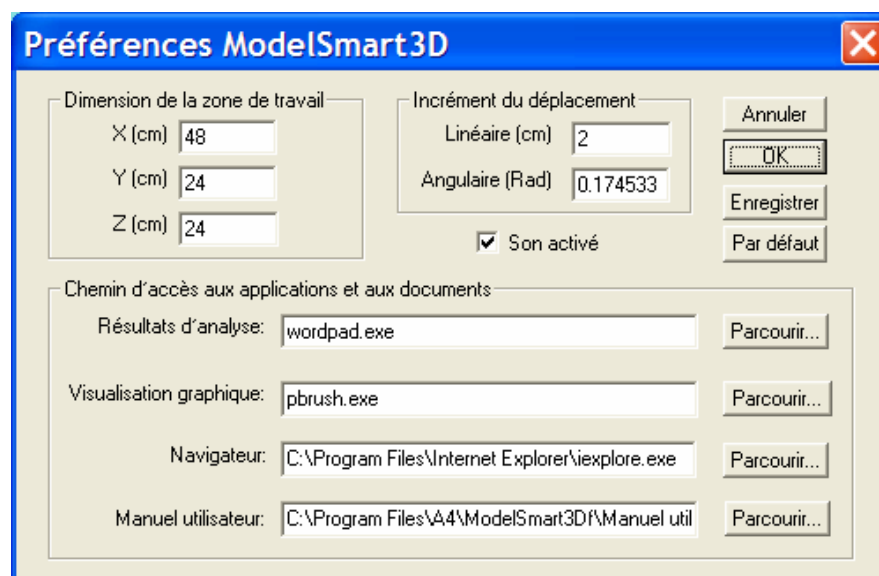
Annuler

Annule la dernière action

Copier dans le presse papier

Fait une copie de l'écran en cours dans le presse papier. Il est alors possible de « coller » l'image de l'écran en cours dans un document quelconque.

Préférences...



Dimensions de la zone de travail :

Définit les dimensions de la zone de travail.

Valeur exprimée en cm. Doit être comprise entre 12 et 150 cm.

Conseil : plus la zone de travail est grande plus le logiciel est ralenti. Choisir une dimension un peu plus grande que celle du modèle sur lequel vous travaillez afin d'optimiser les performances d'affichage.

Incrément du déplacement :

Pas de déplacement de la zone de travail lors de l'utilisation de flèches du pavé numérique.

Linéaire (cm) correspond au pas de déplacement avec la flèche Haute et Basse.

Angulaire (Rad) correspond au pas de déplacement avec la flèche Gauche et Droite.

Son activé :

Active les effets sonores lorsque l'on lance l'analyse



Menu Editer (suite)**Préférences...****Chemins d'accès aux applications et aux documents :**

Permet de paramétrer l'accès direct à des applications complémentaires à partir de ModelSmart3D.

L'accès aux applications complémentaires est initialisé automatiquement à l'issue de l'installation. Il est possible de redéfinir ces paramétrages à l'aide des boutons « Parcourir ».

Résultat d'analyse : Word pad est l'éditeur de texte par défaut

Lancement direct possible à partir du menu Analyse | Lancer l'éditeur de fichier.

Visualisation graphique : Paint est l'éditeur d'images par défaut.

Lancement direct possible à partir du menu Analyse | Lancer l'éditeur graphique.

Navigateur : Internet Explorer est le navigateur internet par défaut.

Lancement direct possible à partir du menu Aide.

Conseil : l'accès au manuel utilisateur par le menu Aide se fait au travers du navigateur internet qui est configuré ici. Modifiez éventuellement le chemin d'accès au navigateur internet utilisé sur votre PC afin d'assurer la visualisation du manuel utilisateur directement à partir du menu aide.

Manuel utilisateur : chemin d'accès au manuel utilisateur. Le chemin par défaut est :

C:\Program Files\A4\ModelSmart3D\ManuelUtilisateur\Manuel utilisateur MS3Df.pdf

Consultation directe possible à partir du menu Aide

Note : Adobe Acrobat Reader doit être installé sur votre ordinateur.

Menu Afficher

Barre d'outils	Affiche ou cache la barre d'outils
Rafraîchir l'écran	Permet de réactualiser l'affichage de la vue en cours. <i>Astuce : vous pouvez aussi utiliser la combinaison de touches Ctrl+R</i>
Nœuds	Affiche ou cache les nœuds du modèle en cours
Forces	Affiche ou cache les forces appliquées sur le modèle en cours
Appuis	Affiche ou cache les appuis qui supportent le modèle en cours
Plan XY de base	Affiche ou cache le plan de base XY de l'espace de travail
Plan XZ de base	Affiche ou cache de base XZ de l'espace de travail
Plan YZ de base	Affiche ou cache de base YZ de l'espace de travail
Règles	Affiche ou cache les règles des axes X, Y et Z
Tout afficher	Affiche tous les éléments cités ci-dessus
Tout cacher	Cache tous les éléments cités ci-dessus
Afficher l'origine	Affiche ou cache l'origine de l'espace de travail. L'origine est matérialisée par 3 flèches dans les directions X, Y et Z  <i>Note : l'origine est positionnée par défaut à l'intersection des axes X, Y et Z</i> <i>Astuce : il est possible de déplacer sa position à l'aide du menu « Plans Déplacer l'origine » afin de la faire coïncider avec un nœud du modèle sur lequel vous travaillez. Ceci permet de faire un changement de repère et peut faciliter la lecture des coordonnées des nœuds.</i>
Afficher le point de vue	Affiche ou cache le point de vue sur le modèle en cours. Le point de vue est matérialisé par une sphère qui est positionnée par défaut au centre de l'écran . Les flèches du pavé numérique ou le bouton droit de la souris permettent de zoomer en direction du point de vue ou de faire tourner l'espace de travail autour du point de vue. <i>Astuce : il est possible de déplacer sa position à l'aide du menu « Plans Déplacer le point de vue » afin de modifier l'angle de vue sur le modèle en cours.</i>
Afficher la masse du modèle	Affiche la masse du modèle en cours en haut à gauche de l'écran. <i>Note : l'outil « Ajouter une membrure »  doit être activé.</i>
Couleur du fond...	Permet de choisir la couleur de l'arrière plan de l'espace de travail.
Niveau de lumière ambiante	Permet de modifier l'intensité de lumière ambiante de l'espace de travail.
Niveau de lumière directe	Permet de modifier l'intensité de lumière directe sur le modèle en cours.
Restaurer l'affichage par défaut	Restaure les valeurs par défaut d'intensité de lumière.
Visualisation >	Donne accès aux différentes vues possibles du modèle en cours. <i>Astuce : les flèches du pavé numérique ou le bouton droit de la souris permettent d'affiner le positionnement du modèle en cours à l'écran.</i>

Menu Plans

SpaceGuide™ est l'environnement graphique ModelSmart3D. Il offre un espace de travail 3D constitué de trois plans XY, XZ et YZ qui servent à positionner les nœuds. Les nœuds « s'accrochent » automatiquement sur le plan visible le plus proche. Il est possible de déplacer chaque plan à l'endroit souhaité dans l'espace de travail afin de bâtir son modèle. Les fonctions décrites ci-après permettent de faciliter la conception d'un modèle, notamment en fournissant des outils de duplication.

Afficher/Cacher le plan



Permet d'afficher le plan sur lequel on souhaite travailler.

Note : le logiciel fonctionne plus rapidement lorsque le plan est masqué. Lorsque l'on conçoit un modèle, il est préférable d'afficher uniquement le plan sur lequel on travaille.

Déplacer le plan



Permet de positionner un plan à l'endroit souhaité.

Cliquer sur le plan, faire glisser la souris jusqu'à l'endroit souhaité puis relâcher le bouton de la souris.

Note : la position du plan est indiquée dans la zone d'informations en haut à gauche de l'écran.

Plan XY >
Plan XZ >
Plan YZ >

Déplacer le plan sur un nœud

Positionne un plan sur un nœud. Sélectionner le nœud souhaité, lorsque celui-ci est jaune, cliquer afin d'amener ce plan sur ce nœud.

Déplacer le(s) nœud(s) et le plan

Permet de déplacer des nœuds qui appartiennent au plan.

Le(s) nœud(s) du plan doivent être préalablement sélectionnés.

Sélectionner le plan, faire glisser la souris jusqu'à l'endroit souhaité et relâcher le bouton de la souris.

Note : la position du plan est indiquée dans la zone d'informations en haut à gauche de l'écran.

Astuce : vous pouvez sélectionner les nœuds souhaités avec l'outil



Menu Plans (suite)

Dupliquer le(s) nœud(s) et déplacer le plan

Permet de dupliquer des nœuds qui appartiennent au plan.
Les nœuds du plan doivent être préalablement sélectionnés.
Sélectionner le plan, faire glisser la souris jusqu'à l'endroit souhaité et relâcher le bouton de la souris.

Note : la position du plan est indiquée dans la zone d'informations en haut à gauche de l'écran.

Astuce : vous pouvez sélectionner les nœuds souhaités avec l'outil

Plan XY >
Plan XZ >
Plan YZ >



(voir menu Nœuds | Sélectionner un nœud)

Dupliquer le(s) nœud(s) et déplacer le plan sur un nœud

Permet de dupliquer des nœuds qui appartiennent au plan et de déplacer l'ensemble au niveau d'un autre nœud.
Les nœuds du plan doivent être préalablement sélectionnés.
Sélectionner le plan, faire glisser la souris jusqu'au nœud souhaité, lorsque celui-ci est jaune, cliquer afin d'amener le plan et ses nœuds à cet endroit.

Astuce : vous pouvez sélectionner les nœuds souhaités avec l'outil



(voir menu Nœuds | Sélectionner un nœud)

Déplacer le point de vue

Déplace le point de vue sur un nœud afin de centrer l'écran sur un nœud donné.
Sélectionner le nœud souhaité et cliquer lorsque celui-ci devient jaune.
Le déplacement de la zone de travail à l'aide des flèches du pavé numérique ou du bouton droit de la souris est alors fait autour de ce nœud.

Astuce : vous pouvez déplacer le point de vue avec l'outil



Vous pouvez matérialiser le point de vue à l'aide du menu Fichier | Afficher le point de vue.

Déplacer l'origine

Déplace l'origine de l'espace de travail.
L'origine est matérialisée par 3 flèches dans les directions X, Y et Z Elle

est positionnée par défaut à l'intersection des axes X, Y et Z
Placer la souris à l'endroit souhaité et cliquer.

**Réinitialiser l'origine**

Replace l'origine de l'espace de travail à sa position par défaut à l'intersection des axes X, Y et Z

Menu Membrures

	Activation du mode permettant d'ajouter des membrures entre deux nœuds 1 - Positionner le curseur de la souris sur le nœud de départ (attendre que celui-ci devienne jaune) 2 - Cliquer et maintenir le bouton gauche de la souris 3 - Positionner le curseur de la souris sur le nœud d'arrivée (attendre que celui-ci devienne jaune) 4 - Relâcher le bouton de la souris. <u>Astuce</u> : vous pouvez activer le mode « Ajouter une membrure » avec l'outil 
Ajouter	
Cacher	Matérialise une membrure par un fil. Cliquer sur la membrure souhaitée ; celle-ci est alors remplacée par un fil. <u>Note</u> : cette action n'a aucun effet sur l'analyse. Elle cache une membrure et empêche sa sélection.
Tout cacher	Matérialise toutes les membrures par des fils. <u>Note</u> : cette action n'a aucun effet sur l'analyse. Elle cache les membrures et empêche leur sélection.
Montrer	Inverse l'effet « Cacher » décrit ci-dessus. Cliquer sur la membrure filaire que vous souhaitez de nouveau montrer.
Tout montrer	Inverse l'effet « Tout cacher » décrit ci-dessus
Exclure en analyse	Empêche la prise en compte d'une membrure dans l'analyse. Cliquer sur la membrure à exclure de l'analyse du modèle
Tout exclure en analyse	Empêche la prise en compte de toutes les membrures dans l'analyse. <u>Note</u> : n'essayez pas de lancer l'analyse sur un modèle dont toutes les membrures sont exclues de l'analyse !
Rétablir	Inverse l'effet « Exclure en analyse » décrit ci-dessus. Cliquer sur la membrure filaire que vous souhaitez de nouveau inclure dans l'analyse.
Tout rétablir	Inverse l'effet « Tout exclure en analyse » décrit ci-dessus.

Menu Membrures (suite)

Permet de sélectionner et d'activer le matériau et la forme qui seront utilisés lors de l'ajout de membrures.

The dialog box titled 'Propriété de la membrure par défaut' has a blue header bar with a close button (X). It contains several input fields: 'Matériau' with a dropdown showing '1' and 'Tube PE emboîté'; 'Forme' with a dropdown showing '1' and 'Tube 3.8x4 (mm)'; 'Rotation (degrés)' with a text box showing '0'; 'Décalage Y (cm)' with a text box showing '0'; and 'Décalage Z (cm)' with a text box showing '0'. At the bottom right are 'Annuler' and 'OK' buttons.

Initialiser le matériau et la forme par défaut...

Matériau : liste déroulante permettant de choisir le matériau actif des membrures que l'on va ajouter.

Note : veuillez consulter la description des matériaux à la fin du chapitre « Menu Membrures ».

Forme : liste déroulante permettant de choisir la forme (section) active des membrures que l'on va ajouter.

Rotation (Radian) : permet de modifier l'angle par défaut de la membrure.

Note : $\pi/2$ radians = 90 Degrés.

Décalage Y (cm) : permet de décaler fictivement suivant l'axe Y une membrure de ses noeuds d'attaches. Le décalage n'est pas pris en compte en analyse.

Décalage Z (cm) : permet de décaler fictivement suivant l'axe Z une membrure de ses noeuds d'attaches. Le décalage n'est pas pris en compte en analyse.

Copier les propriétés

Permet de réinitialiser le matériau et la forme par défaut selon les caractéristiques d'une membrure présente à l'écran sur les modèles en cours.

Sélectionner ce mode puis cliquer sur une membrure du modèle en cours ; les propriétés de la membrure par défaut prennent alors les caractéristiques de la membrure sélectionnée.

Changer le matériau

Permet de modifier le matériau d'une membrure selon celui qui est actif dans le menu Membrures | Initialiser le matériau et la forme par défaut...

Cliquez sur une membrure, son matériau est alors modifié selon celui initialisé par défaut.

Note : seul le matériau est modifié, sa forme reste inchangée.

Afficher le numéro des matériaux

Affiche les numéros correspondants aux matériaux des membrures. Utilisez le menu Afficher | Rafraîchir l'écran ou la combinaison de touches Ctrl+R pour faire disparaître de l'écran les numéros des matériaux.

Astuce : déplacez l'angle de vue du modèle ou zoomez afin d'éviter le chevauchement de numéros à l'écran.

Menu Membrures (suite)

Changer la forme

Permet de modifier la forme (section) d'une membrure selon celle qui est active dans le menu Membrures | Initialiser le matériau et la forme par défaut...

Cliquez sur une membrure, sa forme est alors modifiée selon celle initialisée par défaut.

Note : seule la forme est modifiée, son matériau reste inchangé.

Afficher le numéro des membrures

Affiche les numéros correspondants aux formes des membrures. Utilisez le menu Afficher | Rafraîchir l'écran ou la combinaison de touches Ctrl+R pour faire disparaître de l'écran les numéros des formes.

Astuce : déplacez l'angle de vue du modèle ou zoomez afin d'éviter le chevauchement de numéros à l'écran.

Supprimer

Permet de passer en mode « Suppression de membrure » Sélectionnez ce mode puis cliquez sur les membrures que vous souhaitez supprimer.

Note : il peut être nécessaire de rafraichir l'écran afin de visualiser la disparition des membrures (touches Ctrl+R)

Couleur

Colorier les membrures :

Permet de modifier la couleur des membrures. Sélectionnez ce mode puis cliquez sur les membrures que vous souhaitez modifier.

Choisir la couleur par défaut :

Permet de choisir la couleur active qui est utilisée dans le mode Colorier les membrures décrit ci-dessus.

Copier la couleur :

Permet d'initialiser la couleur par défaut à partir de celle d'une membrure du modèle. Sélectionnez ce mode puis cliquez sur une membrure afin d'initialiser la couleur par défaut.

Conseil : évitez d'utiliser les couleurs Rouges, Bleues et Vertes qui sont réservées au mode Analyse pour mettre en évidence les contraintes sur les membrures.

Activation du mode « Propriétés des membrures ».

Sélectionnez ce mode puis cliquez sur une membrure pour afficher ses propriétés.

Propriétés...

Propriétés des membrures

<< Précédent Suivant >> Appliquer Annuler OK

No membrure: 1 ☐ Cacher ☐ Ignorer en analyse

Noeud de départ: 1 ☒ Myy ☒ Mzz ☒ Utiliser la torsion

Noeud de d'arrivée: 2 ☒ Myy ☒ Mzz

Forme: 8x6 (mm)

Matériau: PVC Expansé

Longueur physique (cm): 10

Longueur effective zz (cm): 10 ☐ UD Décalage z (cm): 0

Longueur effective yy (cm): 10 ☐ UD Décalage y (cm): 0

Rotation longitudinale: 0 Radian

Menu Membrures (suite)

Précédent, Suivant : permet de passer à la membrure précédente ou suivante sur le modèle en cours. La membrure concernée passe en jaune sur le modèle.

Appliquer : applique les modifications éventuelles apportées sur la membrure en cours.

No membrure : indique le numéro de la membrure sélectionnée
Rappel : il est possible d'afficher le numéro des membrures sur le modèle en cours à l'aide du menu Membrures | Afficher le numéro des membrures.

Cacher : matérialise une membrure par un fil, celle-ci est alors remplacée par un fil.

Note : cette action n'a aucun effet sur l'analyse. Elle cache une membrure et empêche sa sélection.

Ignorer en analyse : empêche la prise en compte d'une membrure dans l'analyse.

Nœud de départ, Nœud d'arrivée : numéro des nœuds de départ et d'arrivée de la membrure en cours.

Myy : autorise (case cochée) ou empêche (case décochée) la flexion de la membrure selon l'axe Y au niveau du nœud concerné.

Mzz : autorise (case cochée) ou empêche (case décochée) la flexion de la membrure selon l'axe Z au niveau du nœud concerné.

Note : si les options Myy et Mzz sont décochées sur toutes les membrures, le modèle devient instable et l'analyse est alors interrompue.

Utiliser la torsion : autorise ou empêche la transmission des forces de torsion subies par le nœud sur la membrure.

Forme : forme (section) de la membrure en cours. Liste déroulante permettant de modifier la forme (section) active.

Matériau : matériau de la membrure en cours. Liste déroulante permettant de modifier le matériau actif.

Pour plus de détails consulter le chapitre « Description des matériaux ».

Longueur physique : distance entre le nœud de départ et le nœud d'arrivée de la membrure.

Longueur effective zz (cm) et yy (cm) : longueur prise en compte par ModelSmart3D pour les calculs concernant le flambage de la membrure selon les axes zz et yy.

Note : cette fonction avancée est décrite dans le chapitre « Pour aller plus loin ».

Décalage z (cm), Décalage y (cm) : permet d'ajuster la position du point d'attache de la membrure en le décalant selon les axes z ou y sur une des faces de la membrure. Un point d'attache ainsi excentré a pour effet d'accroître les effets de flexion sur la membrure.

Propriétés...

Menu Membrures (suite)

UD : l'utilisateur peut modifier les caractéristiques qui concernent le flambage d'une membrure en modifiant ses longueurs effectives. Cette case à cocher valide cette modification qui est alors prise en compte dans l'analyse du modèle.

Propriétés...

Note : cette fonction avancée est décrite dans le chapitre « Pour aller plus loin ».

Rotation longitudinale : Valeur exprimée en radians. Permet de réorienter une membrure par une rotation autour de son axe longitudinal.

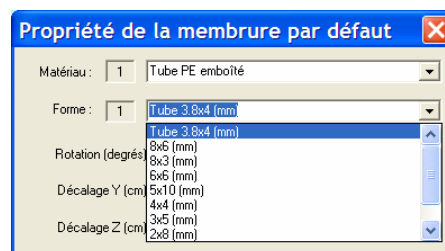
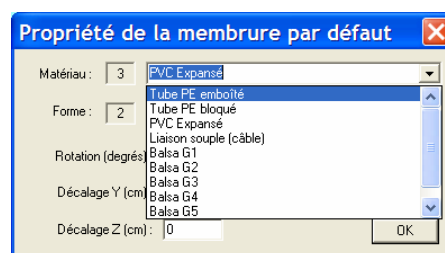
Rappel : π radians = 180 degrés

La bibliothèque des matériaux :

La bibliothèque de Modelsmart3D est accessible avec le menu **Membrures | Initialiser le matériau et la forme par défaut**.

Elle permet de choisir le(s) matériau(x) qui constitue(nt) le modèle ainsi que leurs formes. Chaque matériau de la bibliothèque est caractérisé dans le logiciel afin de reproduire de manière aussi réaliste que possible le comportement qu'aurait un modèle réel.

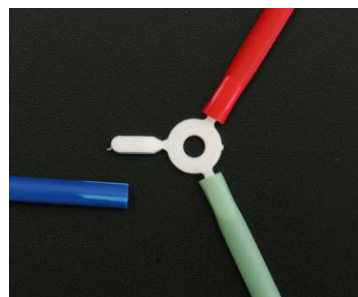
Il est possible de réaliser à l'écran des tests de résistance sur des modèles d'aspects identiques mais constitués de membrures dont les matériaux ou bien les formes varient. Cela permet d'optimiser la conception de son modèle virtuel avant de passer à la réalisation d'un modèle réel.



Tube PE emboîté :

Il s'agit de tubes en polyéthylène. La liaison de ce type de membrures est réalisée par emboîtement sur des connecteurs. Cette liaison est serrée mais n'empêche pas les membrures de se désolidariser de leurs connecteurs sous l'effet des forces appliquées sur le modèle.

On notera que la forme correspondante à ce matériau est appelée « Tube 3.8x4 (mm) ».



Tube PE bloqué :

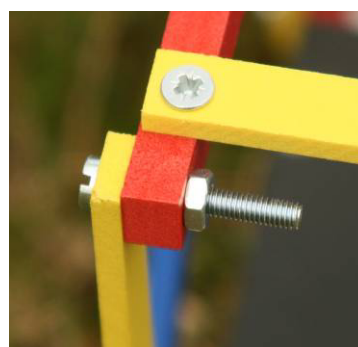
Il s'agit de tubes en polyéthylène. La liaison de ce type de membrures est réalisée par emboîtement sur des connecteurs. Cette liaison est bloquée afin d'empêcher les membrures de se désolidariser de leurs connecteurs sous l'effet des forces appliquées sur le modèle. Le blocage peut être réalisé avec des agrafes.

On notera que la forme correspondante à ce matériau est appelée « Tube 3.8x4 (mm) ».



PVC expansé :

Il s'agit de baguettes en PVC expansé. La liaison de ce type de membrures peut être réalisée par des vis et écrous. Les membrures sont solidaires de leur point d'attache.

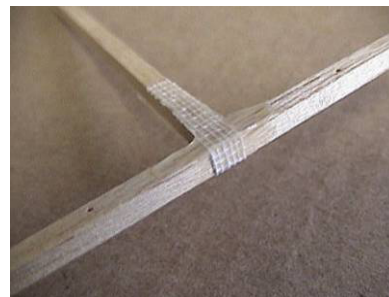


Balsa G1 à G6 :

Il s'agit de baguettes en balsa. La liaison de ce type de membrures peut être réalisée par collage. On pourra ajouter une bande de tissu afin de renforcer la liaison entre deux membrures en balsa.

Les membrures sont solidaires de leur point d'attache.

Les lettres G1 à G6 correspondent au grade du balsa (voir page suivante)



Comment déterminer le grade du balsa :

Le balsa est un matériau « vivant » dont les caractéristiques mécaniques peuvent varier dans des proportions importantes. Les baguettes de balsa sont classifiées selon six Grades dans la bibliothèque de matériaux de ModelSmart3D. La possibilité de choisir le grade des baguettes de balsa utilisées dans les modèles a pour but d'ajuster les calculs exécutés lors de l'analyse afin de se rapprocher autant que possible des résultats que l'on pourrait observer sur une maquette réelle.

Le Grade du balsa peut être déterminé selon deux méthodes :

- par mesure de déflexion
- par calcul de la densité

Test de déflexion :

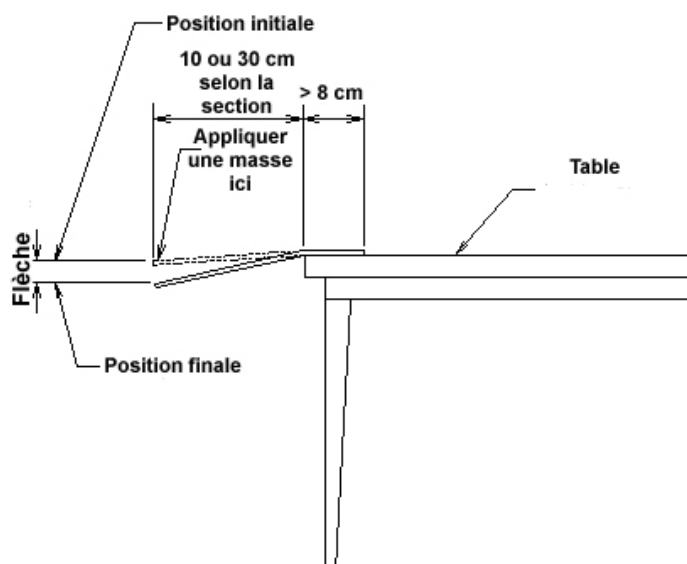
Placez la baguette en porte à faux sur une surface horizontale. La longueur du porte à faux doit être de 10 cm ou 30 cm selon la section de la baguette testée (Cf. tableau ci-après).

Maintenez la baguette sur une longueur de 8 cm au minimum (ou plus long).

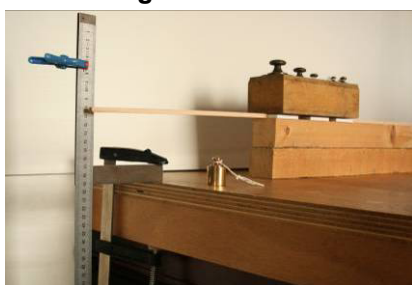
Suspendez une masse à l'extrémité de la baguette et mesurez sa déflexion par rapport à sa position d'origine.

Localisez une valeur approchante de la déflexion mesurée dans le tableau de correspondance ci-après et repérez le grade correspondant à la baguette testée.

Note : il est important de réaliser le test avec une baguette rectiligne sans imperfection majeure (nœuds, trous).



Exemple de montage



Le tableau ci-dessous indique la longueur du porte à faux et la charge à appliquer en fonction de la section de la baguette testée. Repérez dans la valeur de déflexion mesurée afin de déterminer le grade correspondant à la baguette testée.

Grade du matériau	Section (mm ²)	Porte à faux (cm)	Charge de test (g)	Flèche (mm)	Densité
Balsa G1	2 x 2	10	30	28	0.192
Balsa G2	2 x 2	10	30	25	0.224
Balsa G3	2 x 2	10	30	23	0.256
Balsa G4	2 x 2	10	30	21	0.288
Balsa G5	2 x 2	10	30	18	0.321
Balsa G6	2 x 2	10	30	16	0.353
Balsa G1	4 x 4	30	50	31	0.192
Balsa G2	4 x 4	30	50	28	0.224
Balsa G3	4 x 4	30	50	26	0.256
Balsa G4	4 x 4	30	50	23	0.288
Balsa G5	4 x 4	30	50	20	0.321
Balsa G6	4 x 4	30	50	18	0.353
Balsa G1	6 x 6	30	100	12	0.192
Balsa G2	6 x 6	30	100	11	0.224
Balsa G3	6 x 6	30	100	10	0.256
Balsa G4	6 x 6	30	100	9	0.288
Balsa G5	6 x 6	30	100	8	0.321
Balsa G6	6 x 6	30	100	7	0.353

Vous pouvez aussi déterminer le grade de la baguette testée en mesurant sa densité :

La densité est le rapport entre la masse d'un matériau et la masse d'un même volume d'eau.

Exemple avec une baguette de balsa de section 6 mm x 6 mm et de longueur 1m

Calculez le volume de la baguette : $0.006 \times 0.006 \times 1 = 0.000036 \text{ m}^3$

Mesurez la masse de la baguette : ex. Masse = 7.2 g

Calculez la masse d'un même volume d'eau : $1\,000\,000 \times 0.000036 = 36 \text{ g}$

La densité moyenne de la baguette est alors de $7.2 / 36 = 0.200$

Selon le tableau ci-dessus, le grade correspondant à la baguette de balsa de section 6 x 6 mm² est compris entre « Balsa G1 » et « Balsa G2 ».

Menu Noeuds

Activation du mode permettant d'ajouter des nœuds.

1 - Positionner le curseur de la souris à l'endroit souhaité sur un des plans XY, XZ ou YZ. Attendre que la sphère bleue symbolisant le nœud soit visible.

2 – Suivre les coordonnées du nœud que vous souhaitez positionner à l'aide des informations affichées en haut à gauche de l'écran.

3 - Cliquer sur le bouton gauche de la souris et relâchez.

Ajouter

Pour inclure un nœud dans une membrure existante, cliquer sur la membrure.

Pour choisir la position précise d'un nœud que l'on souhaite inclure dans une membrure, utiliser le mode « Création d'un nœud dans une membrure » (description de ce mode ci-dessous).

Astuce : vous pouvez activer le mode « Ajouter un nœud » avec l'outil



Sélectionner un nœud

Mode permettant de sélectionner un nœud. Utilisé en relation avec les fonctionnalités du menu Plans. Le nœud sélectionné devient rouge.

Sélectionner tous les nœuds

Sélectionne tous les nœuds. Utilisé en relation avec les fonctionnalités du menu Plans. Les nœuds sélectionnés deviennent rouges.

Annuler la sélection des nœuds

Annule la sélection de tous les nœuds. Tous les nœuds préalablement sélectionnés (rouges) sont désélectionnés (bleus).

Utiliser l'assistant « Création d'un nœud dans une membrure »

Active le mode permettant d'inclure avec précision un nœud dans une membrure. Lorsque ce mode est activé, cliquer sur la membrure souhaitée. Une fenêtre s'ouvre et permet de saisir la position exacte du nœud dans la membrure. La valeur entrée correspond à la distance en % de la dimension totale de la membrure par rapport à la position du nœud le plus proche du coin bas gauche de l'écran.

Supprimer

Active le mode de suppression de nœuds. Positionner le curseur de la souris sur le nœud souhaité, attendre que celui-ci devienne jaune puis cliquer sur le bouton gauche de la souris.

Trouver les doublons !

Permet de trouver les nœuds superposés.

Dimensions

Modifie la dimension des nœuds du modèle en cours. La dimension des nœuds n'a aucun effet sur l'analyse du modèle. Il y a trois dimensions possibles : petite, moyenne et grande.

Astuce : selon la forme (section) des matériaux, les nœuds sont parfois noyés dans les membrures. Utiliser l'option grande dimension afin de les visualiser. Au contraire, utilisez l'option petite dimension pour épurer votre modèle en faisant disparaître les nœuds.

Menu Nœuds (suite)

Activation du mode « Propriétés des nœuds ».

Sélectionnez ce mode puis cliquez sur un nœud pour afficher ses propriétés.

***Note :** utilisez ce mode pour positionner avec précision les nœuds en saisissant leurs coordonnées exactes ou pour modifier les caractéristiques des appuis et des forces liées aux nœuds.*

Précédent, Suivant : permet de passer au nœud précédent ou suivant sur le modèle en cours. Le nœud concerné passe en jaune sur le modèle.

Ajouter : permet de définir les caractéristiques d'un nouveau nœud

***Note :** cliquez sur « Appliquer » pour mémoriser l'ajout.*

Appliquer : applique les modifications éventuelles apportées sur le nœud en cours.

No nœud : indique le numéro du nœud sélectionné.

Propriétés...

Sélectionné : permet de sélectionner un nœud. Utilisé en relation avec les fonctionnalités du menu Plans. Le nœud sélectionné devient rouge.

Coordonnées X, Y et Z : définit les coordonnées d'un nœud dans le repère (X,Y,Z). Les coordonnées des nœuds sont données par rapport à la position de l'origine du repère (voir menu Plans | Déplacer l'origine).

Forces X, Y, Z : définit la valeur et l'orientation de la (des) force(s) appliquée(s) sur le nœud. La valeur est exprimée en Newtons, les signes « + » ou « - » déterminent son orientation.

***Note :** pour plus de précisions, voir le menu « Forces »*

Translatée : case à cocher permettant de translater la flèche symbolisant la force (vecteur) appliquée sur le nœud.

***Note :** pour plus de précisions, voir le menu « Forces »*

Menu Appuis

Activation du mode permettant d'ajouter des appuis.

- 1 - Sélectionner le type d'appui souhaité.
- 2 - Positionner le curseur de la souris sur le nœud souhaité. Attendre le nœud devienne jaune.
- 3 - Cliquer sur le bouton gauche de la souris et relâchez.

Note : les appuis les plus couramment utilisés sont accessibles directement sur la barre d'outils.



Appui de type XZ

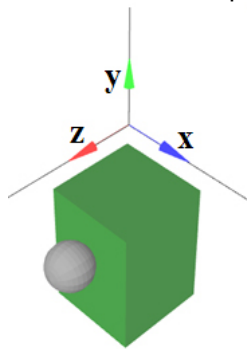


Appui universel



Appui fixe

Appui de type XY



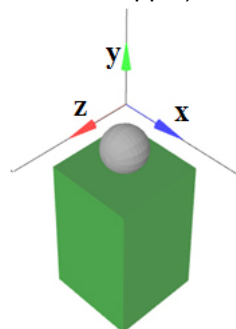
Appui ponctuel :

Translation autorisée dans le plan XY

Translation interdite dans la direction de l'axe Z

Rotation du nœud permise autour de tous les axes.

Appui de type XZ



Appui ponctuel :

Translation permise dans le plan XZ

Translation interdite dans la direction de l'axe Y

Rotation du nœud permise autour de tous les axes.

Cet appui simule une structure qui repose sur une surface plate.

Il permet à la structure de glisser sur son appui (la structure n'est pas collée à l'appui).

Astuce : vous pouvez sélectionner ce type d'appui directement avec l'outil



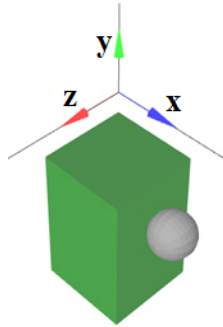
Menu Appuis (suite)**Appui ponctuel :**

Translation permise dans le plan YZ

Translation interdite dans la direction de l'axe X

Rotation du nœud permise autour de tous les axes.

Appui de type YZ (à droite)

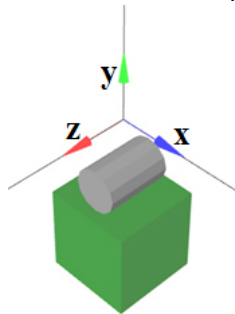
**Appui rouleau :**

Translation permise dans la direction de l'axe X

Translation interdite dans les directions des axes Y et Z

Rotation du nœud permise autour de l'axe Z

Appui de type X

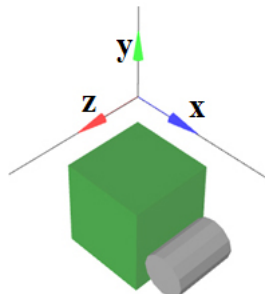
**Appui rouleau :**

Translation permise dans la direction de l'axe Y

Translation interdite dans les directions des axes X et Z

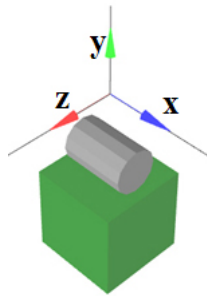
Rotation du nœud permise autour de l'axe Z

Appui de type Y (à droite)

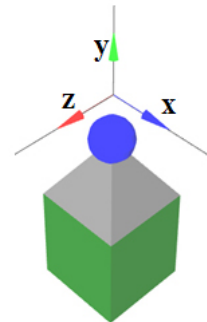


Menu Appuis (suite)**Appui rouleau :**

Translation permise dans la direction de l'axe Z
 Translation interdite dans les directions des axes X et Y
 Rotation du nœud permise autour de l'axes Y

Appui de type Z**Rotule :**

Rotation du nœud permise autour de tous les axes
 Translation interdite dans toutes les directions

**Appui universel**

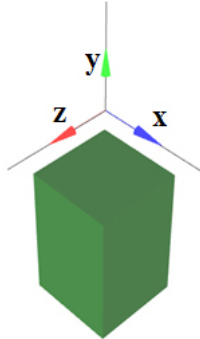
***Note :** cet appui s'apparente à une rotule. Il autorise les rotations du nœud auquel il est lié dans toutes les directions.
 Deux appuis universels d'un côté et deux appuis rouleaux de type X constituent une combinaison classique pour un pont. Celui-ci n'est pas « collé » sur les appuis. Lorsqu'une force est appliquée, le pont peut glisser dans la direction X alors qu'aucune translation n'est permise dans la direction Y au niveau du point de contact avec les appuis.
 Pour plus de précisions, voir le menu « Appuis ».*

***Astuce :** vous pouvez sélectionner ce type d'appui directement avec l'outil*



Menu Appuis (suite)**Encastrement :**

Rotation et translations du nœud interdites.



Appui fixe

Note : cet appui s'apparente à un scellement. Le nœud auquel il est lié est noyé dans l'appui (le nœud est alors invisible).

Astuce : vous pouvez sélectionner ce type d'appui directement avec l'outil



Supprimer

Activation du mode permettant de supprimer des appuis.

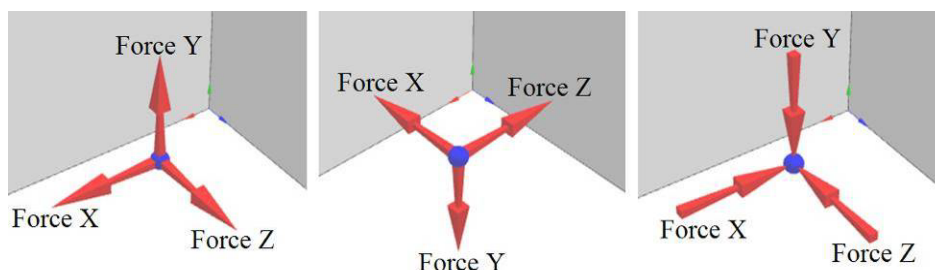
- 1 - Positionnez le curseur de la souris sur le nœud lié à l'appui. Attendre que le nœud devienne jaune (lorsque ce dernier est visible).
- 2 - Cliquer sur le bouton gauche de la souris et relâchez.

Menu Forces

Permet de paramétrer la valeur et la direction des forces que l'on souhaite appliquer sur un ou plusieurs nœuds.

Les forces appliquées sur les nœuds sont matérialisées à l'écran par des flèches (vecteurs) rouges.

Il est possible d'appliquer des forces dans les 3 directions X, Y et Z, de choisir leur sens et de traduire leur point d'application.



Les forces sont exprimées en Newtons.

On peut faire l'approximation que 1 Newton équivaut à 100 grammes.

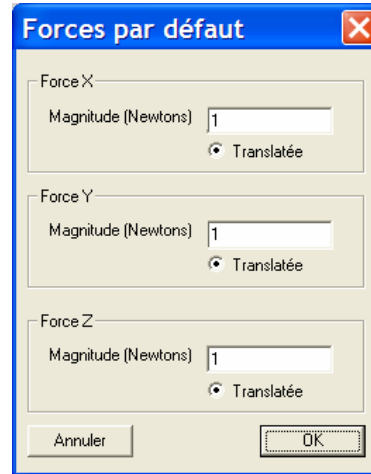
La valeur des forces d'un nouveau modèle est initialisée à 1 Newton selon le sens positif de chacune de direction X, Y et Z.

Note : le paramétrage des forces appliquées sur les nœuds est aussi visible et modifiable dans le menu Nœuds | Propriétés...

Ajouter/ Modifier une force X	Activation du mode permettant d'ajouter des forces selon l'axe X. Sélectionner ce mode puis cliquer sur un nœud afin d'appliquer la force.
Ajouter/Modifier une force Y	Activation du mode permettant d'ajouter des forces selon l'axe Y. Sélectionner ce mode puis cliquer sur un nœud afin d'appliquer la force.
Ajouter/ Modifier une force Z	Activation du mode permettant d'ajouter des forces selon l'axe Z. Sélectionner ce mode puis cliquer sur un nœud afin d'appliquer la force.
Monter les forces X, Y, Z	Affiche la valeur des forces X, Y et Z appliquées sur les nœuds du modèle. Utilisez le menu Afficher Rafraîchir l'écran ou la combinaison de touches Ctrl+R pour faire disparaître de l'écran l'affichage des forces appliquées sur les nœuds. <i>Astuce : déplacez l'angle de vue du modèle ou zoomez afin d'éviter le chevauchement des valeurs à l'écran.</i>
Suppression de force	Mode permettant de supprimer des forces appliquées sur des nœuds. Sélectionnez ce mode puis cliquez sur les nœuds pour lesquels vous souhaitez supprimer les forces appliquées.

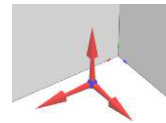
Menu Forces (suite)

Permet de choisir la valeur et l'orientation des forces que l'on souhaite appliquer sur des nœuds.

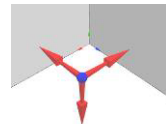
**Définir la force par défaut...**

Magnitude Force X, Y, Z : permet de saisir la valeur des forces qui seront appliquées sur les nœuds selon les directions X, Y, Z. Les valeurs saisies sont exprimées en Newtons (1 Newton équivaut approximativement à 100 grammes).

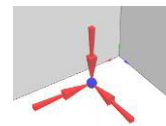
Une valeur positive indique que la force sera orientée dans le sens positif de l'axe concerné.



Une valeur négative indique que la force sera orientée dans le sens négatif de l'axe concerné.



Translatée : bouton radio permettant de déplacer le point de départ ou le point d'arrivée de la flèche symbolisant la force (vecteur) sur le nœud. La translation n'affecte pas l'effet de la force sur le modèle ; elle permet simplement de faciliter la lecture des forces affichées à l'écran.



***Note :** le menus Nœuds | Propriétés... permet aussi de modifier les forces appliquées sur un nœud.*

Menu Analyse

Permet de visualiser le comportement du modèle lorsque celui-ci est sollicité par des forces.

Il existe deux modes principaux d'analyse :

1- on choisit la valeur des forces appliquées sur le modèle (voir menu Forces).

2 - on laisse ModelSmart3D trouver la valeur des forces conduisant à la rupture du modèle.

Au delà de ces deux modes, il est possible d'activer différentes options qui concernent la visualisation du modèle au cours de l'analyse ou encore les caractéristiques prises en compte dans le processus d'analyse.

A l'issue de l'analyse, on dispose d'un résumé des forces appliquées sur le modèle (information affichées en haut à gauche de l'écran) ainsi qu'un rapport détaillé concernant la sollicitation des membrures et des nœuds.

Lancer l'analyse !

Lance le moteur d'analyse du modèle.

Astuce : vous pouvez Lancer l'analyse avec l'outil



Note : au préalable, initialisez les options d'analyse.

Pas d'animation : le programme exécute l'analyse instantanément et affiche le modèle directement dans son état final.

Animer les déplacements : le programme anime le comportement du modèle sous l'effet des forces qui sont appliquées. Le modèle se fige juste avant sa rupture complète si celle-ci doit avoir lieu.

Animer l'écroulement : le programme anime le comportement du modèle sous l'effet des forces qui sont appliquées puis matérialise sa rupture complète si celle-ci doit avoir lieu.

Vitesse d'animation : permet de ralentir ou accélérer l'effet visuel lors de la simulation du modèle.

Agrandissement du déplacement : permet de limiter ou d'exagérer les mouvements du modèle lors de la simulation.

Astuce : réduisez l'amplitude des déplacements pour faciliter l'observation du modèle sous l'effet de forces.

Options d'analyse

Colorier les efforts axiaux : affiche l'intensité relative des efforts axiaux subis par les membrures. Cette option permet de visualiser quelles membrures sont en tension et en compression. Les membrures en tension sont coloriées en bleu. Le bleu foncé indique que l'effort subi est plus important.

Note : ce mode ne peut être utilisé lorsque l'option « Animer l'écroulement » est activée.

Conseil : évitez d'attribuer la couleur bleue aux membrures des modèles que vous créez.

Colorier les efforts de flexion : Cette option permet de visualiser quelles membrures sont soumises à des efforts de flexion importants.

Colorier les membrures rompues : colorie en rouge les membrures qui rompent sous l'effet des forces.

Conseil : évitez d'attribuer la couleur rouge aux membrures des modèles que vous créez.

Tenir compte de : permet d'indiquer à ModelSmart3D la manière de définir la rupture du modèle analysé.

Note : si vous souhaitez que le logiciel calcule uniquement les ruptures liées à la traction et à la compression des membrures, cochez uniquement l'option « Effort Axial » et décochez toutes les autres options.

Menu Analyse (suite)

Options d'analyse

Inclure le poids propre : lorsque cette option est cochée, ModelSmart3D tient compte de la masse de chaque membrure dans l'analyse.

Trouver la (les) force(s) de rupture : lorsque cette option est cochée, ModelSmart3D ajuste la valeur des forces appliquées au maximum admissible par le modèle.

Note : à l'issue de l'analyse, la valeur maximum des forces admissibles par le modèle au moment de sa rupture est affichée en haut à gauche de l'écran.

Astuce : utilisez ce mode pour ensuite ajuster manuellement la valeur des forces (menu Forces | Définir la force par défaut) et relancer l'analyse après avoir désélectionné ce mode.

Affiche les données générales du modèle (nombre de membrures, nombre de nœuds :

Données générales...

Données du modèle

Masse du modèle: 42.28 Gramme [Fermer]

Nombre de nœuds: 34

Nombre de membrures: 94

Déformation maximum:

X	-0.028	cm
Y	-0.146	cm
Z	-0.008	cm

Charge totale:

X	0	N
Y	2.28196	N
Z	0	N

Affiche un compte rendu du résultat d'analyse pour chaque membrure

Résultat des membrures

Résultat des membrures

Membrane No. 1 [Précédent] [Suivant] [Fermer]

Force réelle interne:

Axiale1	0	N
Axiale2	0	N
Cisailt.1 zz	0	N
Cisailt.1 yy	0	N
Cisailt.2 zz	0	N
Cisailt.2 yy	0	N
Torsion1	0	N-cm
Torsion2	0	N-cm
M1zz	0	N-cm
M1yy	0	N-cm
M2zz	0	N-cm
M2yy	0	N-cm

Force de rupture:

Axiale T	7.21	N
Axiale T	1.67	N
Cisailt.	12.03	N
Torsion	6.44	N-cm
Mzz	0.31	N-cm
Myy	0.31	N-cm

Longueurs:

Physique	10	cm
Lzz	10	cm
Lyy	10	cm

Ratio de solidité:

Axiale	0	OK
Cisailt.ZZ	0	OK
Cisailt.YY	0	OK
Torsion	0	OK
MomentZZ	0.022	OK
MomentYY	0.005	OK

Ratio d'interaction:

A-M	0.02	OK
S-T	0	OK

Menu Analyse (suite)

Affiche un compte rendu du résultat d'analyse pour chaque nœud :

Résultats des nœuds

Résultat des nœuds

Noeud No. 1 << Précédent Suivant >> Fermer

Déplacements réels		Limites de déplacements	
Translations		Translations	
X	0 cm	X	5 cm
Y	0 cm	Y	10 cm
Z	0 cm	Z	5 cm
Rotations		Rotations	
XX	0 rad	XX	1.57 rad
YY	0 rad	YY	1.57 rad
ZZ	-0.003 rad	ZZ	1.57 rad

Par défaut OK

Réinitialiser la géométrie

Réinitialise le modèle à son état d'origine.
Vous pouvez aussi utiliser la touche Ctrl+R pour réinitialiser le modèle.

Effacer les résultats

Efface les résultats de l'analyse.

Lancer l'éditeur de fichier

Voir préférences.

Lancer l'éditeur graphique

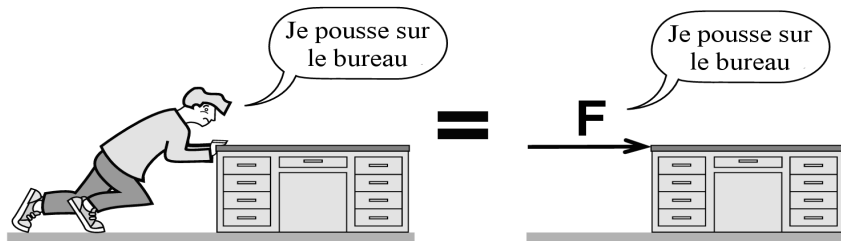
Voir préférences.

Menu Aide

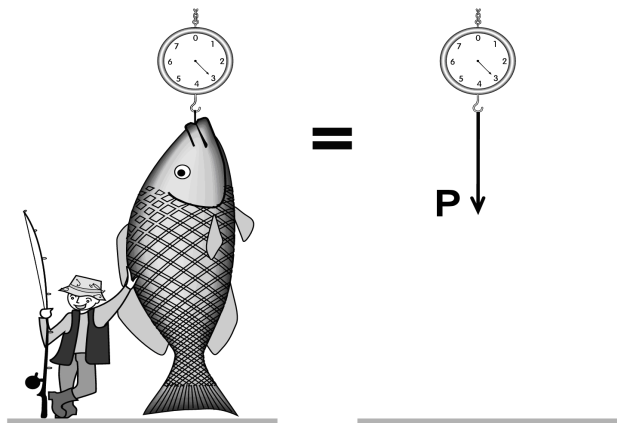
Guide d'utilisation de ModelSmart3D	Accès direct au manuel utilisateur. <i>Note : Adobe Acrobat doit être installé sur votre ordinateur. Le manuel utilisateur (fichier Manuel utilisateur MS3Df.pdf) doit être présent dans le répertoire défini dans le menu Editer Préférences...</i>
Site internet A4	Accès au site www.a4.fr
Site internet PESCE	Accès au site internet www.pre-engineering.com
Afficher le message d'avertissements...	Affiche les mises en garde d'utilisation du logiciel.
Droits d'auteur...	Affiche le n° de version et les informations concernant la protection du logiciel.

Comment les ingénieurs représentent les forces

Les ingénieurs représentent les forces avec des flèches. Ces flèches (vecteur force) F indiquent un point d'application, une direction, un sens et une norme (valeur exprimée en Newton).



Sur Terre, le poids (P) d'un objet correspond à la force d'attraction exercée par la Terre sur cet objet. Cette force est dirigée vers le centre de la Terre. Le poids d'un objet se mesure à l'aide d'un dynamomètre dont l'unité est le Newton (N).



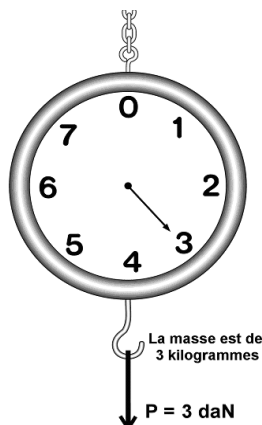
La masse et le poids :

La masse représente la quantité de matière d'un objet. La masse se mesure à l'aide d'une balance dont l'unité est le kilogramme (kg). La masse d'un objet est indépendante du lieu où l'on se trouve (elle est la même sur la Terre, la Lune, Mars...). On constate qu'en un même lieu, le poids d'un objet est proportionnel à sa masse : $P = m \times g$

P correspond au Poids (N), m correspond à la masse (kg), g correspond à l'intensité de la pesanteur (N/kg).

Sur la Terre, l'intensité de la pesanteur (g) est voisine de 10 N/kg (sur la Lune g est voisine de 1,6 N/kg).

Sur Terre, un objet dont la masse est de 3kg a un poids de 3 deca Newtons (noté daN).



Le pont à structure treillis et les forces

Il y a plusieurs types de ponts. Le pont ci-dessous est un pont treillis. Les ponts doivent résister à des forces dues aux voitures, aux camions, etc. Les éléments d'un pont treillis sont :

Culées - appui au bout du pont.

Membrures - éléments qui constituent l'ossature du pont.

Nœuds - ils connectent entre elles les différentes membrures.

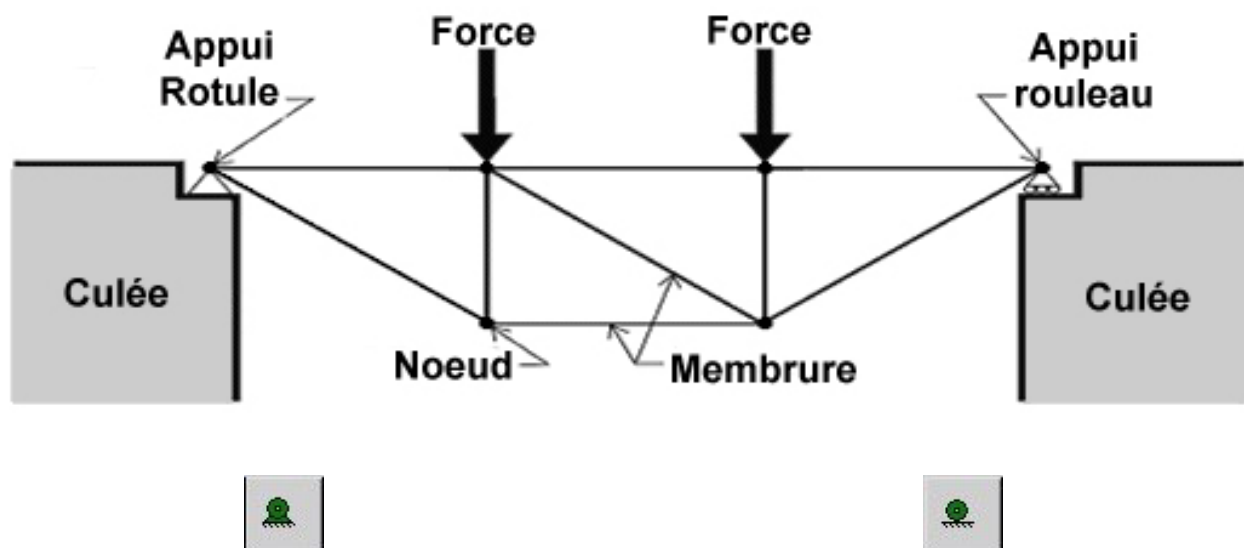
Appuis - les ponts reposent sur des d'appuis. Des appareils d'appuis sont intercalés entre le pont et les appuis.

Par souci de simplification, on emploie dans ModelSmart3D le seul terme « Appui ». Ce terme regroupe l'appui lui-même (partie fixe) et l'appareil d'appui (partie mobile qui donne des degrés de liberté au pont).

D'un coté l'appui universel ou rotule  bloque le nœud en translation,

de l'autre coté, l'appui rouleau ou de type X  va permettre au pont de se dilater et se déplacer (par exemple lorsque la température augmente ou diminue).

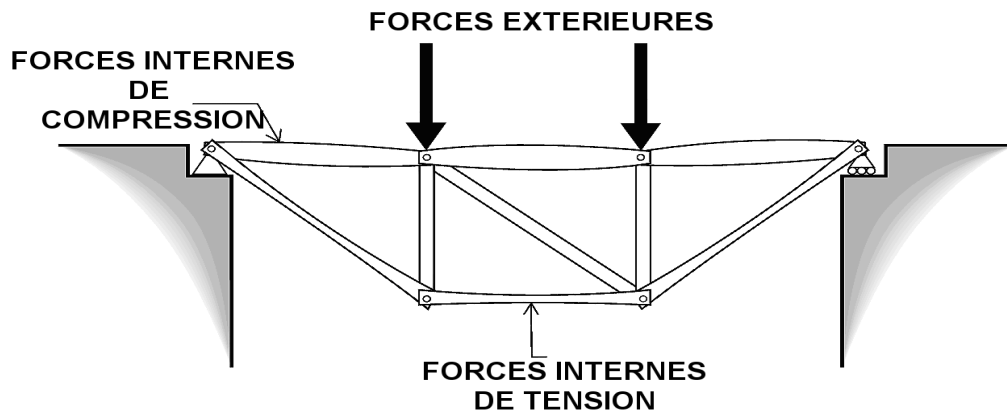
Les appuis utilisés dans ModelSmart3D sont caractérisés afin de se rapprocher de cette réalité.



Les forces en présence

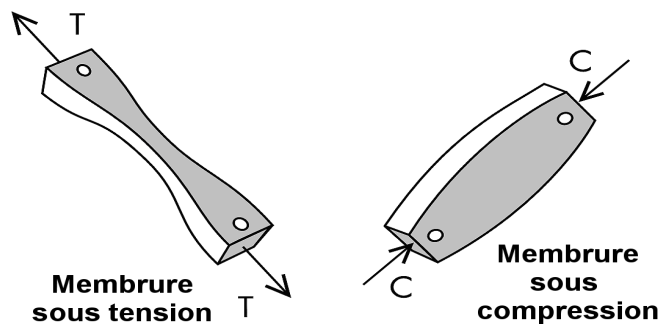
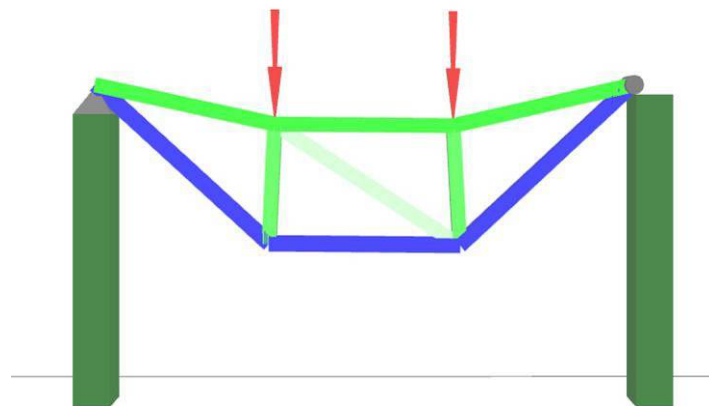
Les forces extérieures qui agissent sur la structure créent deux types d'actions internes :

- la tension
- la compression.



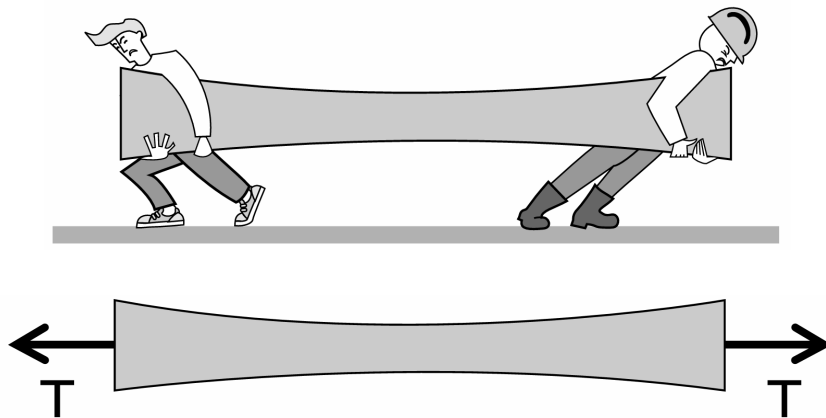
ModelSmart3D permet d'identifier les types d'actions internes exercées sur les membrures.

Les membrures en tension sont représentées en bleu, les membrures en compression sont représentées en vert (voir les options du menu Analyse).



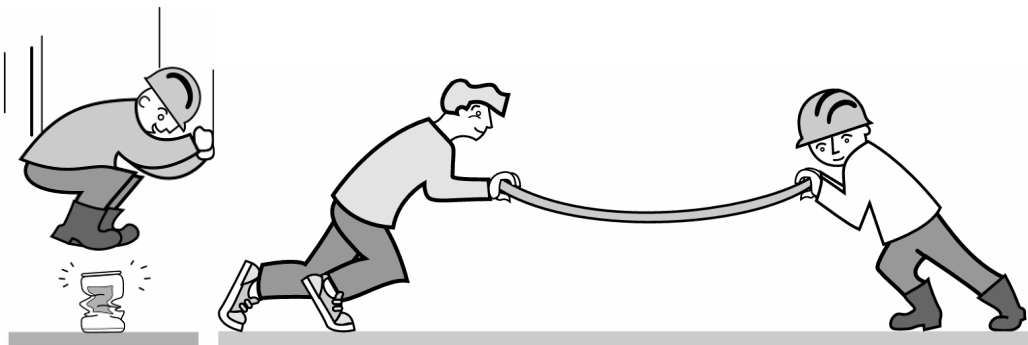
Forces de tension ou de traction

Les forces de tension tirent de chaque côté de la membrure à l'endroit des nœuds.



Forces de Compression

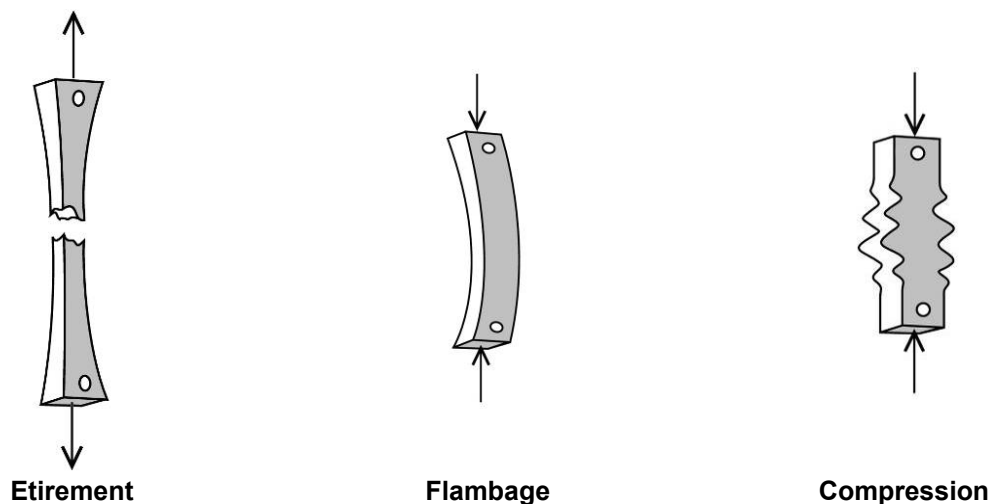
La force de compression compriment ou écrasent la membrure ; celle-ci peut flamber sous l'effet de cette force.



Les défailances possibles des membrures

Si une membrure de pont treillis est soumise à une surcharge d'étirement, de compression ou de flambage, le pont s'effondre. La rupture se produit généralement dans la membrure la plus faible (la plus petite en section ou en résistance des matériaux).

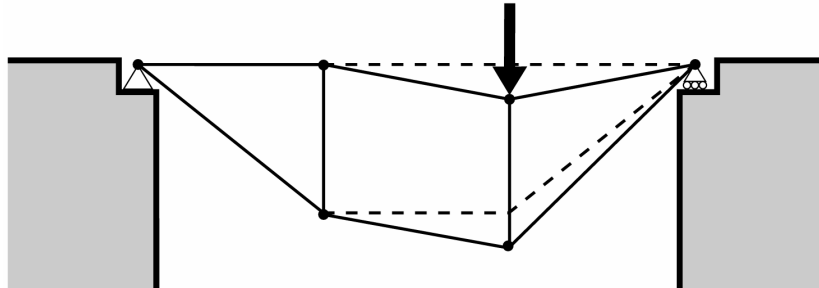
La rupture d'une membrure surchargée n'est pas la seule raison de rupture d'un pont. Celui-ci peut aussi s'effondrer s'il est instable.



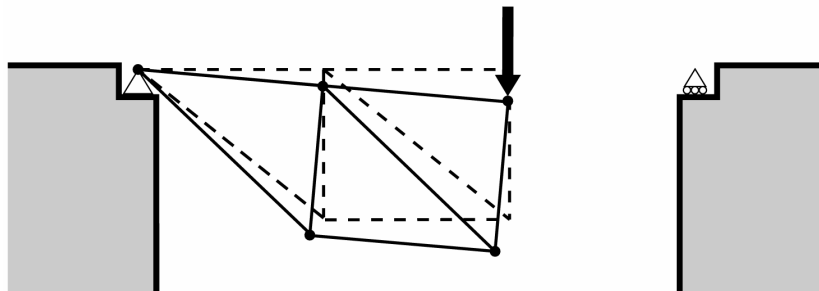
Instabilité d'une structure

Il y a deux types d'instabilité dans un pont treillis :

- le pont peut s'effondrer si la structure n'est pas constituée de triangles. On parle « d'instabilité interne ».

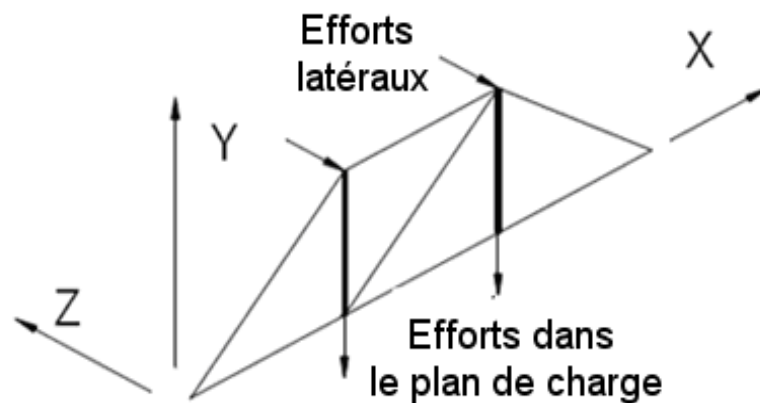


- le pont peut tomber si celui-ci n'est pas correctement en appui sur les culées. On parle « d'instabilité externe »



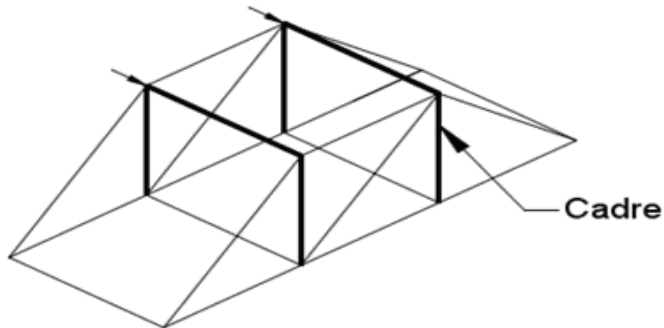
Une structure tridimensionnelle (tours ou ponts), doit apporter également une rigidité latérale. Voir le chapitre suivant sur un exemple d'effort latéral sur un pont à structure treillis.

Lors de la conception d'une structure 3D, vous devez garder à l'esprit que les structures devront résister aux efforts sur les trois axes et notamment résister à des efforts latéraux (axe des Z). Par exemple, dans le cas ci-dessus, les efforts latéraux sur la structure supérieure peuvent faire rompre le pont même si les efforts dans le plan de charge ne sont pas trop importants.

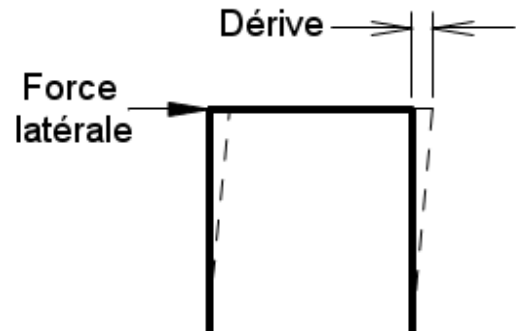


Les cadres pour rigidifier une structure

Cette section du pont aura besoin d'un calage pour éviter une dérive quand elle est soumise à une la force latérale.

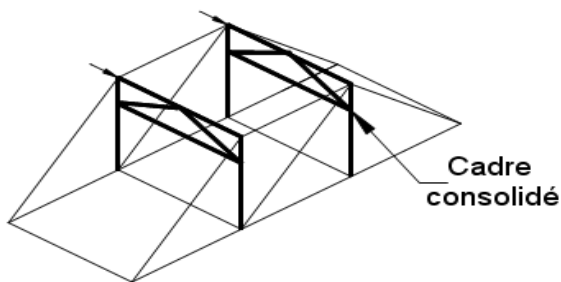


Pont isométrique

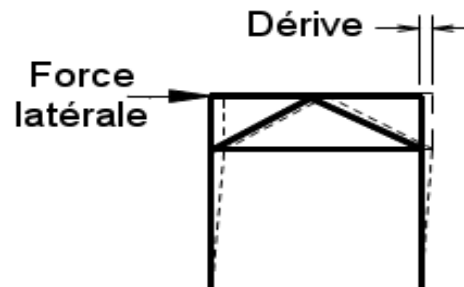


Structure cadre sans calage latéral

Le cadre ci-dessous est renforcé avec des entretoises pour limiter la dérive latérale. Cette déformation dans toute la structure supérieure va se répercuter et agir sur la partie inférieure du pont, il faut donc la limiter le plus possible.



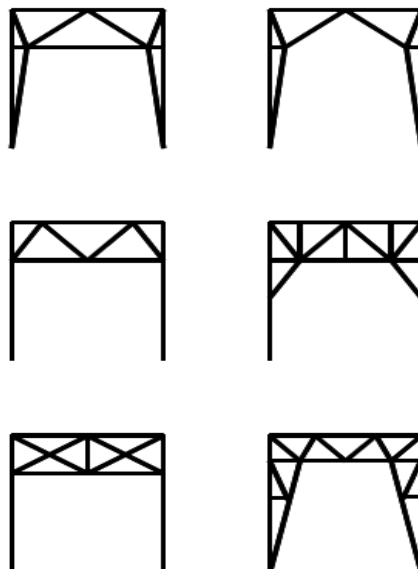
Pont isométrique



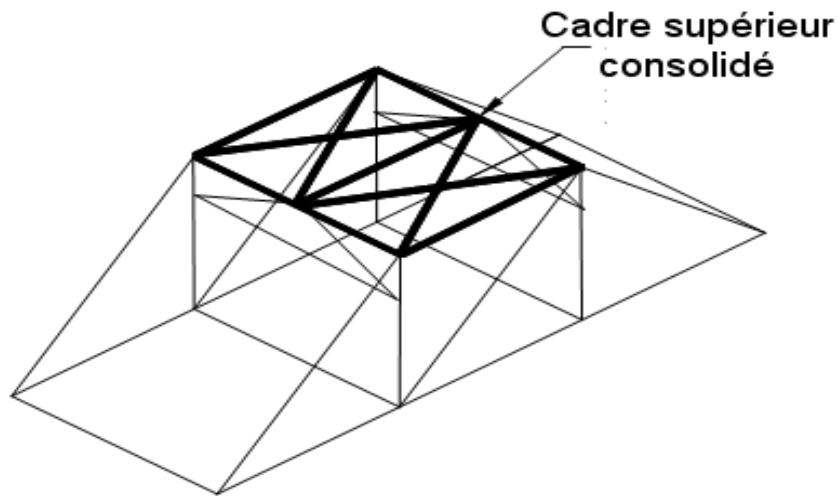
Structure cadre avec entretoise

Ci-dessous quelques exemples typiques de cadres renforcés. Utilisez ModelSmart3D pour expérimenter les différents types de cadres en appliquant une force latérale en haut du cadre.

On considère qu'un cadre de renfort doit supporter une force latérale d'environ 2 à 5% de la force de compression que la structure peut supporter.

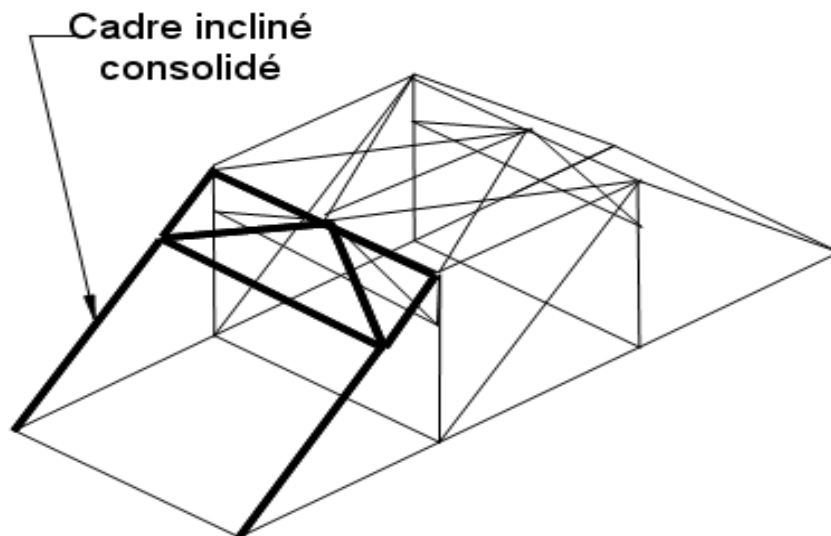


Ne pas oublier même si vous avez renforcé le cadre supérieur de consolider aussi le cadre transversal vu dans l'exemple précédent.



Structure supérieure renforcée

Le croquis ci-dessus montre la dernière partie structurelle d'un pont treillis à consolider.



Structure inclinée renforcée.

Pour aller plus loin

Définition par l'utilisateur de la longueur effective d'une membrure.

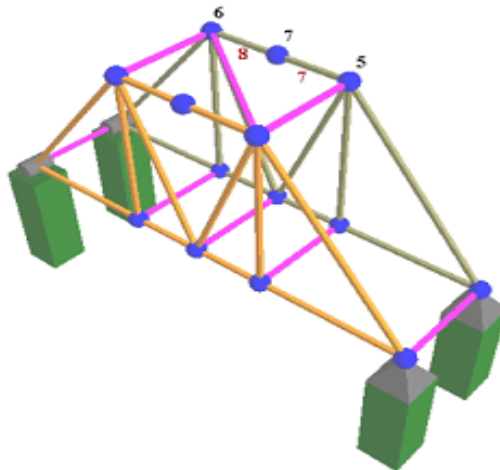
Lors de l'analyse, ModelSmart3D réalise ses calculs en considérant que tous les nœuds sont maintenus simultanément dans le plan de l'écran et dans les plans XY et YZ.

ModelSmart3D considère par ailleurs que la longueur effective d'une membrure soumise à des forces conduisant à la faire flamber est la distance entre les nœuds de départ et d'arrivée de la membrure.

Il est parfois nécessaire de se repiquer sur une membrure existante en insérant un nœud. Le nœud inséré interrompt alors la membrure.

A moins d'utiliser la fonction avancée permettant de définir vous-même la longueur effective d'une membrure, il ne faut pas placer dans une membrure un nœud isolé qui conduirait alors à affaiblir la structure.

Un exemple sur un pont



Considérez les deux membrures horizontales n°7 et n°8 dans la figure ci-dessus.

Le nœud n°7 est isolé ; il n'est pas maintenu simultanément dans le plan de l'écran et dans le plan perpendiculaire à l'écran. Ceci constitue une erreur de modélisation. ModelSmart3D considère que la longueur effective de la membrure n°7 est la distance qui sépare le nœud n°5 du nœud n°7 et que la longueur effective de la membrure n°8 est la distance qui sépare le nœud n°6 du nœud n°7.

Dans l'exemple ci-dessus, le nœud isolé n°7 n'a aucune utilité sinon celle d'affaiblir la structure.

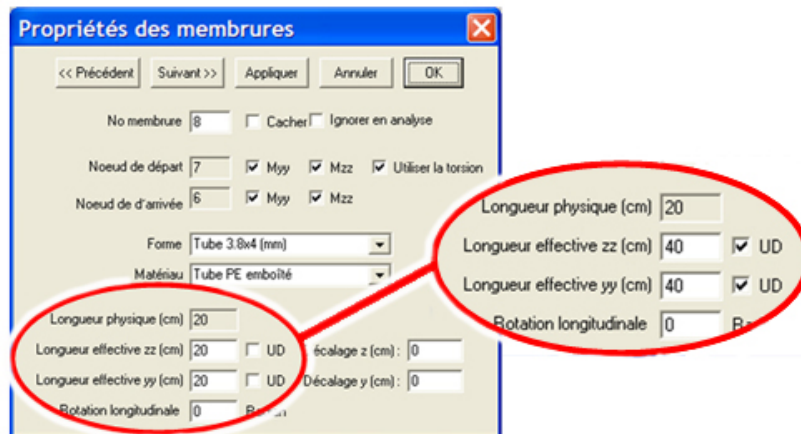
Il existe deux façons pour corriger cette erreur de modélisation :

- remplacer les deux membrures n°7 et n°8 par une seule membrure reliant directement les nœuds n°5 et n°6,
- corriger les longueurs effectives des membrures n°7 et n°8.

Supposons que vous souhaitiez malgré tout conserver le nœud isolé n° 7 dans le modèle.
Supposons que la longueur effective de la membrure n°8 est initialement égale à sa longueur physique, soit 20 cm.

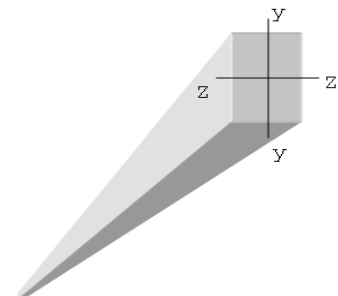
Sélectionnez le menu **Membrures | Propriétés...**

Cliquez sur la membrure n°8, modifiez sa longueur effective zz et sa longueur effective yy avec la valeur **40 cm** et activez les cases « **UD** » afin de prendre en compte ces modifications.
De même, modifiez la longueur effective de la membrure n°7.



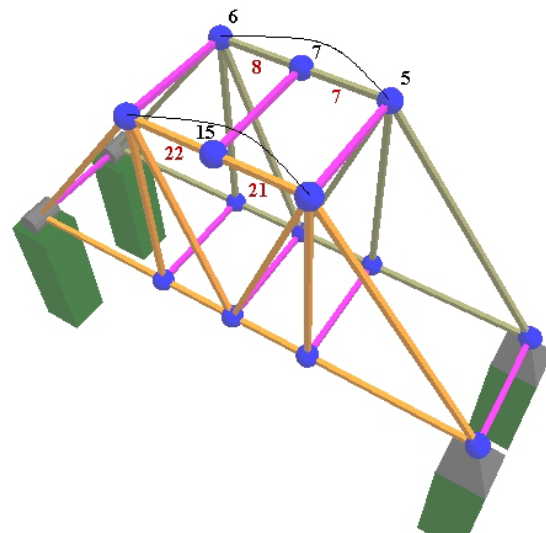
Lors de l'analyse, si la membrure n°8 venait à flamber sous l'effet de forces de compression, elle serait alors considérée par ModelSmart3D comme une seule membrure qui flamberait en même temps que la membrure n°7 (et inversement).

Les membrures n°7 et n°8 étant susceptibles de flamber dans les deux directions zz et yy, il convient de renseigner pour chacune d'elle leur longueur effective selon les axes zz et yy. A noter que l'angle de rotation longitudinale est de 0 radian par défaut. Cela signifie que la membrure flambera dans le plan vertical XY ou bien dans le plan horizontal XZ.



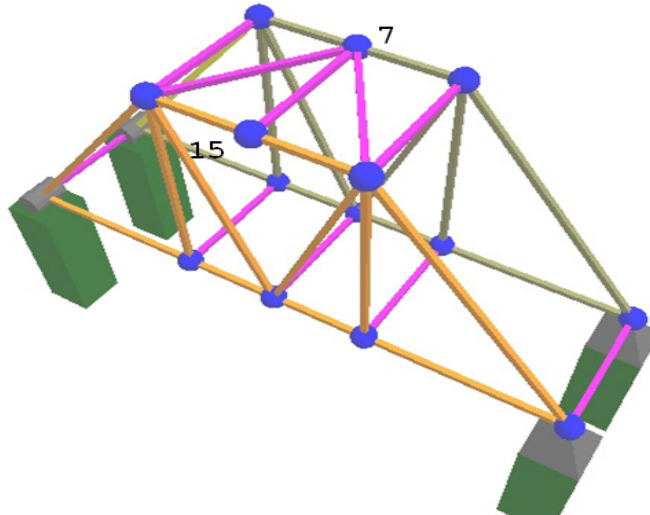
Pensez à modifier la longueur effective des membrures liées à un nœud qui n'est pas maintenu dans deux plans orthogonaux ! Cette modification permet à ModelSmart3D d'affiner ses calculs pour effectuer une simulation plus réaliste.

Supposons à présent que vous souhaitiez renforcer le maintien latéral du nœud n°7 afin de ne pas avoir à modifier les longueurs effectives des membrures n°7 et n°8. (ou bien des membrures n°21 et n°22).
Considérons tout d'abord le renforcement dans le plan XZ. Si vous reliez les nœud n° 7 et n°15 par une membrure horizontale unique, vous êtes alors assuré que les membrures flamberont en même temps sans accroissement de la force.



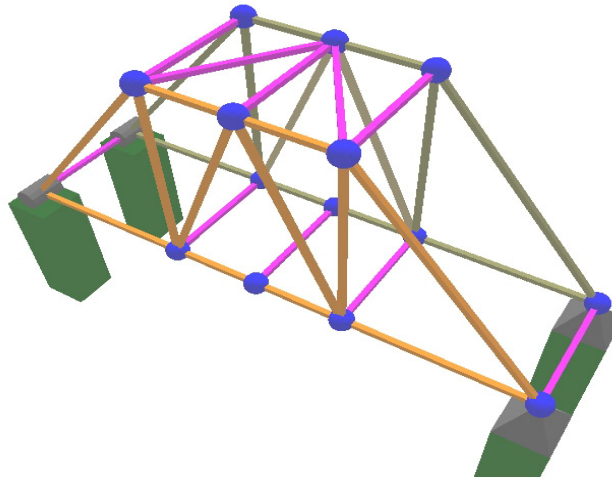
Si vous souhaitez renforcer le maintien des nœuds n°7 et n°15 dans le plan horizontal, il convient alors d'ajouter des renforts dans les diagonales de ce plan (contreventement).

La figure ci-dessous montre une configuration possible pour renforcer le maintien des nœuds 7 et 15 dans le plan horizontal. Les deux membrures diagonales renforcent les nœuds 7 et 15 de telle sorte que vous pouvez conserver la longueur effective par défaut des membrures supérieures de la structure (soit 20 cm dans notre exemple).



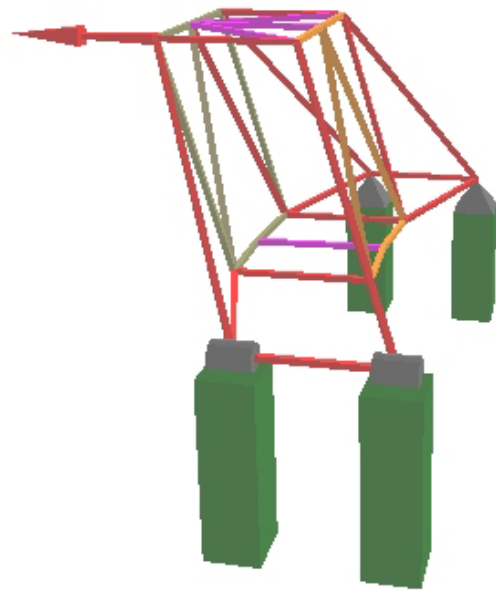
Cependant, les membrures n°7, n°8, n°21 et n°22 peuvent toujours flamber verticalement. Il serait donc nécessaire de modifier leur longueur effective selon l'axe zz (40 cm au lieu de 20 cm).

A moins que... Vous ne renforciez le maintien des nœuds n°7 et n°15 dans le plan vertical. Vous pourriez alors conserver la longueur effective par défaut des membrures supérieures de la structure dans les deux directions zz et yy (soit 20 cm dans notre exemple).



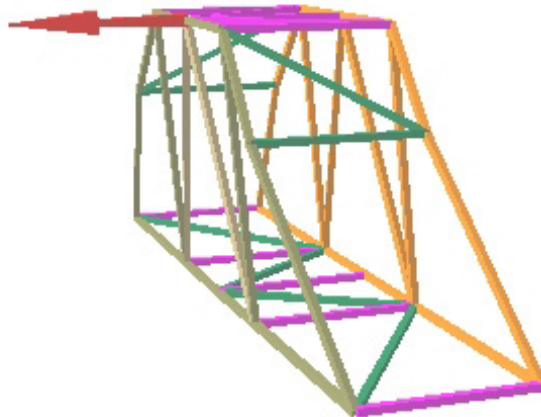
Mais qu'en est-il des membrures du bas de la structure ? Il existe deux nœuds isolés qui mériteraient probablement d'être maintenus dans deux plans orthogonaux. Vrai, cependant, si ce modèle n'est soumis qu'à des charges verticales dirigées de haut en bas le long de la portée de la structure, les membrures de liaison du bas ne subiront jamais de compression ; la prise en compte du flambage de ces membrures serait dans ce cas inutile.

Il subsiste un autre problème de contreventement sur cette structure !
Celle-ci peut se déformer facilement et rompre.



La seule manière d'accroître sa rigidité est d'ajouter deux treillis qui empêcheront les déformations latérales. Pour se faire une idée de la rigidité latérale de cette structure, vous devez appliquer des forces latérales. Sur un modèle réel, ces forces ont peu de raisons d'exister; cependant elles peuvent apparaître indirectement du fait des effets secondaires causés par une charge verticale non équilibrée ou bien en raison d'une conception imparfaite. Pour pallier à cet effet indésirable, on considère qu'une structure doit pouvoir résister à une charge latérale approximative de 2% à 5% de la charge verticale qu'elle est censée supporter sur ses membrures supérieures.

Les diagonales supplémentaires comme indiquées en vert dans la figure ci-dessous accroissent la rigidité latérale de la structure.



Les coordonnées utilisées pour définir votre structure dans ModelSmart3D doivent conduire à la conception d'une structure parfaite.

ModelSmart3D ne vérifiera pas la rigidité latérale des structures si aucune charge n'est.

Même si aucune contrainte particulière de résistance aux charges n'est spécifiée pour la conception d'une structure, vous devrez tester celle-ci en appliquant des forces minimales qui permettront d'alimenter le moteur d'analyse de ModelSmart3D afin de pouvoir tester votre modèle.

Support technique

Pour toutes questions ou suggestions concernant la version française de *ModelSmart3D*, veuillez contacter la Société A4 :

Tél. : 01 64 86 41 00

Fax. : 01 64 46 31 19

E mail : techno@a4.fr

Site internet : www.a4.fr

Pour toute demande d'assistance veuillez préciser les éléments suivants :

- Numéro de licence du logiciel,
- Type d'ordinateur (processeur, capacité RAM, capacité disque dur ...
- Système d'exploitation (Windows xx).

Veuillez consulter les ressources en lignes sur notre site internet www.a4.fr dans la rubrique ModelSmart3D (accès direct à notre site possible à partir du menu Aide de *ModelSmart3D*).

Vous pouvez aussi consulter les ressources disponibles sur le site Américain de l'éditeur : <http://www.pre-engineering.com> (accès direct au site de l'éditeur possible à partir du menu Aide).

© Copyright 1998-2009, Pre-Engineering Software Corporation.
Tous droits réservés.

Pre-Engineering Software Corp., 1266 Kimbro Drive
Baton Rouge, Louisiana 70808 (225) 769-3728 www.pre-engineering.com
USA



Traduction et adaptation (2009)

A4 Technologie
8, rue du Fromenteau
ZA Les Hauts des Vignes
91940 Gometz le Châtel
France
Tél. : 01 64 86 41 00
www.a4.fr



