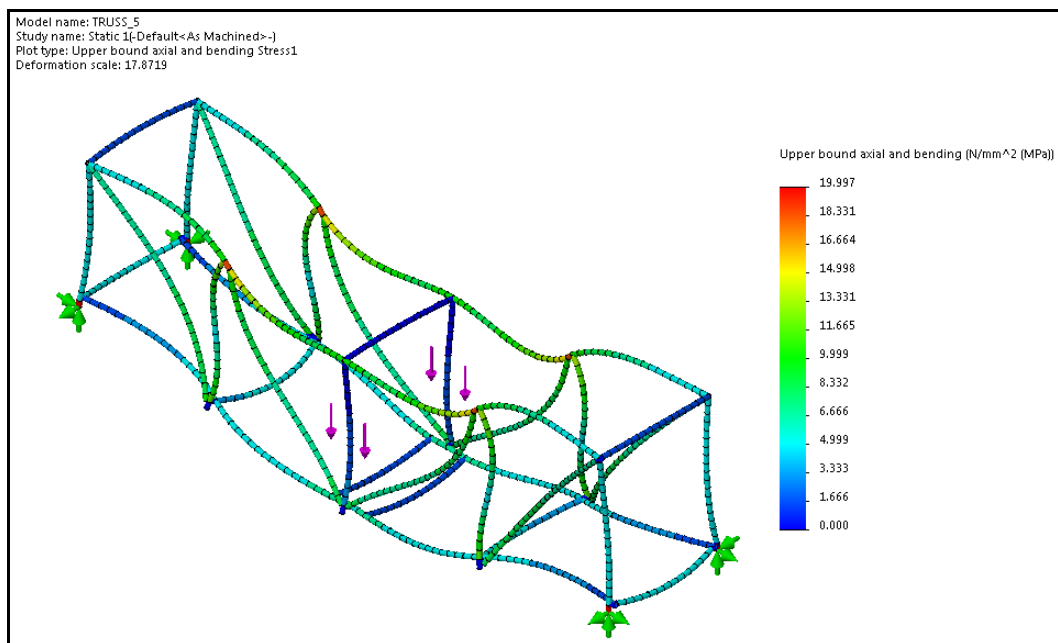


Projet de conception de pont



Maison mère

Dassault Systèmes SolidWorks Corp.
175 Wyman Street
Waltham, MA 02451 EU
Téléphone: +1-781-810-5011
Email: info@solidworks.com

Bureau français

10 rue Marcel Dassault
78140 Vélizy-Villacoublay, France
Téléphone: +33 (0)1-61-62-73-61
Email : infofrance@solidworks.com

© 1995-2013, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, une société de Dassault Systèmes S.A., 175 Wyman Street, Waltham, Mass. 02451, États-Unis. Tous droits réservés.

Les informations et le logiciel dont il est question dans ce document sont sujets à des modifications sans avis préalable et ne constituent pas un engagement de la part de Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks).

Aucun matériel ne peut être reproduit ou transmis, quels que soient la manière, les moyens utilisés, électroniques ou mécaniques, ou le but, sans l'autorisation écrite formelle de DS SolidWorks.

Le logiciel constituant l'objet de ce document est fourni sous licence et ne peut être utilisé ou reproduit que conformément aux termes de la licence. Toutes les garanties données par DS SolidWorks concernant le logiciel et la documentation qui l'accompagne sont énoncées dans le Contrat de licence et aucun des termes explicites ou implicites de ce document ou de son contenu ne peut être considéré comme une modification ou un amendement des termes de ce contrat de licence, y compris ses garanties.

Avis de brevets

Le logiciel de CAO mécanique 3D SOLIDWORKS® est protégé par les brevets américains 5,815,154 ; 6,219,049 ; 6,219,055 ; 6,611,725 ; 6,844,877 ; 6,898,560 ; 6,906,712 ; 7,079,990 ; 7,477,262 ; 7,558,705 ; 7,571,079 ; 7,590,497 ; 7,643,027 ; 7,672,822 ; 7,688,318 ; 7,694,238 ; 7,853,940 ; 8,305,376, et par des brevets non américains (par exemple EP 1,116,190 B1 et JP 3,517,643).

Le logiciel eDrawings® est protégé par les brevets américains 7,184,044 et 7,502,027 ainsi que par le brevet canadien 2,318,706.

Brevets américains et non américains en instance.

Marques de commerce et noms de produits pour les produits et services SOLIDWORKS

SOLIDWORKS, 3D ContentCentral, 3D PartStream.NET, eDrawings, et le logo eDrawings sont des marques déposées de DS SolidWorks et FeatureManager est une marque déposée codétenue par DS SolidWorks.

CircuitWorks, FloXpress, PhotoView 360 et TolAnalyst sont des marques de DS SolidWorks.

FeatureWorks est une marque déposée de Geometric Ltd.

SOLIDWORKS 2014, SOLIDWORKS PDM Professional, SOLIDWORKS Workgroup PDM, SOLIDWORKS Simulation, SOLIDWORKS Flow Simulation, eDrawings, eDrawings Professional, SOLIDWORKS Sustainability, SOLIDWORKS Plastics, SOLIDWORKS Electrical, et SOLIDWORKS Composer sont des noms de produit de DS SolidWorks.

Les autres noms de marques ou noms de produits sont les marques ou les marques déposées de leurs titulaires respectifs.

LOGICIEL INFORMATIQUE COMMERCIAL – BREVET

Le Logiciel constitue un « élément commercial » (commercial item), au sens défini à l'article 48 du C.F.R. (Code of Federal Rule) 2.101 (octobre 1995). Il se compose d'un « logiciel informatique commercial » (commercial computer software) et « d'une documentation du logiciel informatique » (commercial software documentation), au sens défini à l'article 48 du C.F.R. (Code of Federal Rule) Partie 12.212 (SEPT. 1995). Ces éléments sont fournis au Gouvernement des États-Unis afin de faire l'objet (a) d'une acquisition de la part ou pour le compte de tout organisme civil, conformément aux dispositions visées à l'article 48 du C.F.R. (Code of Federal Regulations), 12.212 ; ou (b) d'une acquisition de la part ou pour le compte de toute unité du Département américain de la défense, conformément aux dispositions visées à l'article 48 du C.F.R. (Code of Federal Rule) Parties 227.7202-1 (JUIN 1995) et 227.7202-4 (JUIN 1995).

Si vous recevez une demande d'un organisme du Gouvernement des États-Unis pour fournir le Logiciel avec des droits allant au-delà de ceux énoncés ci-dessus, vous vous engagez à informer DS SolidWorks de l'étendue de la demande et DS SolidWorks disposera de cinq (5) jours ouvrables pour accepter ou rejeter une telle demande, à sa seule discrétion. Contractant/Fabricant : Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 175 Wyman Street, Waltham, Massachusetts 02451, États-Unis.

Notifications de droits d'auteur pour les produits SOLIDWORKS Standard, Premium, Professional et Enseignement

Certaines parties de ce logiciel © 1986-2013 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Tous droits réservés.

Cet ouvrage contient les logiciels suivants, propriété de Siemens Industry Software Limited :

D-Cubed™ 2D DCM © 2013. Siemens Industry Software Limited. Tous droits réservés.

D-Cubed™ 3D DCM © 2013. Siemens Industry Software Limited. Tous droits réservés.

D-Cubed™ PGM © 2013. Siemens Industry Software Limited. Tous droits réservés.

D-Cubed™ CDM © 2013. Siemens Industry Software Limited. Tous droits réservés.

D-Cubed™ AEM © 2013. Siemens Industry Software Limited. Tous droits réservés.

Certaines parties de ce logiciel © 1998-2013 Geometric Ltd.

Certaines parties de ce logiciel incorporent PhysX™ de NVIDIA 2006-2010.

Certaines parties de ce logiciel © 2001-2013 Luxology, LLC. Tous droits réservés, brevets en instance.

Certaines parties de ce logiciel © 2007-2013 DriveWorks Ltd.

Copyright 1984-2010 Adobe Systems Inc. et ses concédants. Tous droits réservés. Protégé par les brevets américains 5,929,866 ; 5,943,063 ; 6,289,364 ; 6,563,502 ; 6,639,593 ; 6,754,382 ; brevets en instance.

Adobe, le logo Adobe, Acrobat, le logo Adobe PDF, Distiller et Reader sont des marques déposées ou des marques commerciales d'Adobe Systems Inc. aux États-Unis et dans d'autres pays.

Pour plus d'informations sur les droits d'auteur de DS SolidWorks, voir Aide > À propos de SOLIDWORKS.

Notifications de droits d'auteur pour les produits SOLIDWORKS Simulation

Certaines parties de ce logiciel © 2008 Solversoft Corporation.

PCGLSS © 1992-2013 Computational Applications and System Integration, Inc. Tous droits réservés.

Notifications de droits d'auteur pour le produit SOLIDWORKS PDM Professional

Outside In® Viewer Technology, © 1992-2012 Oracle © 2011, Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

Notifications de droits d'auteur pour les produits eDrawings

Certaines parties de ce logiciel © 2000-2013 Tech Soft 3D.

Certaines parties de ce logiciel © 1995-1998 Jean-Loup Gailly et Mark Adler.

Certaines parties de ce logiciel © 1998-2001 3Dconnexion.

Certaines parties de ce logiciel © 1998-2013 Open Design Alliance. Tous droits réservés.

Certaines parties de ce logiciel © 1995-2012 Spatial Corporation.

Le logiciel eDrawings® pour Windows® est fondé en partie sur le travail d'Independent JPEG Group.

Certaines parties d'eDrawings® pour iPad® copyright © 1996-1999 Silicon Graphics Systems, Inc.

Certaines parties d'eDrawings® pour iPad® copyright © 2003-2005 Apple Computer Inc.

Numéro du document : PME0524-FRA

Contenu

Introduction	ix
Objectifs de cette leçon	ix
Utilisation de ce manuel	ix
Qu'est-ce que le logiciel SOLIDWORKS ?	ix
Prérequis	ix
Conventions utilisées	x
Avant de commencer	x
Analyse d'une structure à l'aide de SOLIDWORKS et de SOLIDWORKS Simulation	xiii
 Leçon 1 : Conception de structure	 1
Objectifs de cette leçon	1
Qu'est-ce qu'une structure ?	2
Conceptions de structure	3
Poutres triangulées	3
Poutres	4
Résistance	5
Forme de la section transversale	5
Déplacement	5
Moment d'inertie de zone	6
Matériau	7
Parois avec poutres triangulées	8
Triangles	8

Leçon 2 : Utilisation du formulaire de flexion	11
Objectifs de cette leçon	11
Utilisation des formules de flexion	11
Ordre de grandeur	12
Démarrage de SOLIDWORKS et ouverture d'une pièce.	12
Ajout de SOLIDWORKS Simulation	12
Géométrie du modèle	13
Simplification de l'analyse	14
La poutre en appui simple	14
Déplacements imposés	14
Chargements externes	14
Modèle théorique.	15
Pourquoi les poutres en appui simple sont-elles importantes ?	15
Données requises pour le calcul de poutre	16
Collecter les données.	17
Affecter un matériau	17
Propriétés de la section	19
Utilisation de l'outil Mesurer	21
Formulaire de flexion.	21
 Leçon 3 : Analyse de la structure.	 23
Objectifs de cette leçon	23
Analyse de la structure.	23
Qu'est-ce que SOLIDWORKS Simulation ?	23
Analyse structurelle.	24
Phases de l'analyse structurelle	25
Cycle de conception	26
Modifications du modèle.	26
Créer une étude	27
Arbre de Création FeatureManager et Arbre d'Études Simulation	28
Environnement	28
Définition des unités	30
Prétraitement	31
Matériau	31
Déplacements imposés	32
Forces externes	33
Maillage du modèle.	35
Analyse.	36
Attentes	36
Éléments de terminologie.	37
Flexion et déplacement	37

Tension et compression	38
Contraintes	38
Limite d'élasticité	38
Coefficient de sécurité	38
Post-traitement	39
Interprétation des résultats	40
Création d'un nouveau tracé	41
Itération des modifications	42
Détermination de la charge	42
Modification des données de simulation	42
Conclusion	43
Leçon 4 : Modification des conceptions	45
Objectifs de cette leçon	45
Ajout à la conception	45
Ouverture du modèle	45
Étude existante	46
Modification de la charge	46
Entretroisement croisé	47
Ouverture du modèle	47
Étude existante	47
Qu'a apporté l'entretroisement croisé ?	48
Utiliser les tracés	48
Facteur de tracé des déformations	48
Superposition du modèle	49
Le maillon le plus faible	50
Utilisation d'une sonde	51
Modification du format des nombres	52
Solution	53
Achèvement de l'entretroisement	54
Comparaison des contraintes	54
Poutres supérieures	55
Rapport résistance sur poids	57
Comparaison d'efficacité	58
Pour en savoir plus	59
Lecture du tracé	60
Leçon 5 : Utilisation d'un assemblage	61
Objectifs de la leçon	61
Tester un assemblage	61
Essai à l'aide du bloc de test	61
Modification du modèle	62
Détection de collision	63
Mise à jour de l'analyse	64

Leçon 6 : Création de mises en plan de la structure	67
Objectifs de cette leçon	67
Mises en plan	67
Création d'une mise en plan et de vues	67
Qu'est-ce qu'une table des pièces soudées ?	69
Pourquoi les deux éléments sont-ils de la même longueur ?	70
Bulles	71
Leçon 7: Rapports et SOLIDWORKS eDrawings	73
Objectifs de cette leçon	73
Rapports et SOLIDWORKS eDrawings	73
Création d'un rapport	73
SOLIDWORKS eDrawings pour le partage des informations	77
Avantages des eDrawings	77
Affichage des eDrawings	77
Création d'un fichier SOLIDWORKS eDrawings	78
Interface utilisateur d'eDrawings	79
Fonctionnalités des eDrawings	79
Lecture d'une animation eDrawings	79
Enregistrement des eDrawings	80
Enregistrement de l'eDrawing	80
Pour en savoir plus	81
Leçon 8: Construction et essai de la structure	83
Objectifs de cette leçon	83
Construction de la structure	83
Découpe à longueur	83
Essai de la structure	92
Création de la travée	92
Détails	92
Application de la charge	93
Utilisation d'objets courants de poids connus	93
Leçon 9: Profils de construction soudée et d'éléments mécano-soudés	95
Objectifs de cette leçon	95
Création de profils de construction soudée et d'éléments mécano-soudés	95
Qu'est-ce qu'une construction soudée ?	96
Création d'un profil de construction soudée	97
Dossier des profils de construction soudée	98
Modification du Système d'unités	99
Création d'une esquisse	100
Esquisse d'un rectangle	101

Cotation	101
Enregistrer l'esquisse en tant que fonction de bibliothèque	103
Création d'un profil de construction soudée similaire	104
Informations supplémentaires sur les profils de construction soudée.	105
Création d'une esquisse de construction soudée	105
Esquisser une ligne	106
Entités symétriques	108
Ajout d'éléments mécano-soudés	110
Élément mécano-soudé	110
Corps multiples	114
Glossaire.	117

Introduction

Objectifs de cette leçon

- ❑ Décrire la relation entre les pièces, les assemblages et les mises en plan ;
- ❑ Identifier les principaux composants de l'interface utilisateur de SOLIDWORKS ;
- ❑ Télécharger et extraire les fichiers d'accompagnement requis.

Utilisation de ce manuel

Le *Projet de conception de pont* vous aide à comprendre les principes de l'analyse structurelle à l'aide de SOLIDWORKS et SOLIDWORKS Simulation, dans le cadre d'un processus de conception créatif et itératif.

Dans ce projet, vous apprendrez par la pratique en réalisant une analyse structurelle.

Qu'est-ce que le logiciel SOLIDWORKS ?

SOLIDWORKS est un logiciel d'automatisation des conceptions. Grâce à SOLIDWORKS, vous pouvez esquisser vos idées et essayer différentes conceptions pour créer des modèles 3D à l'aide de l'interface utilisateur graphique intuitive Windows®. SOLIDWORKS est utilisé par des étudiants, des concepteurs, ingénieurs et autres professionnels pour produire des pièces, assemblages et mises en plan simples ou complexes.

Prérequis

Avant de commencer le *Projet de conception de pont*, vous devez suivre les tutoriels suivants, intégrés au logiciel SOLIDWORKS :

- ❑ Leçon 1 - Pièces
- ❑ Leçon 2 - Assemblages
- ❑ Leçon 3 - Mises en plan

Vous pouvez accéder aux tutoriels en cliquant sur **Aide, Tutoriels SOLIDWORKS, Pour commencer**. Le tutoriel redimensionne la fenêtre de SOLIDWORKS pour s'exécuter en parallèle.

Introduction

Alternativement, vous pouvez suivre les leçons répertoriées ci-dessous dans le *Guide CAO de l'étudiant* :

- ❑ Leçon 1 : Utilisation de l'interface
- ❑ Leçon 2 : Fonctionnalité de base
- ❑ Leçon 3 : Débuter en 40 minutes
- ❑ Leçon 4 : Fonctions de base de l'assemblage
- ❑ Leçon 6 : Fonctions de base de la mise en plan

Conventions utilisées

Ce guide utilise les conventions typographiques suivantes :

Convention	Signification
Arial Bold	Ce style est utilisé pour les commandes et les options de SOLIDWORKS. Par exemple, Insérer, Bossage signifie choisissez l'option Bossage à partir du menu Insérer .
Courier New	Ce style est utilisé pour les noms de fonctions et de fichiers. Exemple, <i>Sketch1</i> (Esquisse1).
17 Étape à accomplir.	Les étapes de ces leçons sont numérotées en caractères Arial Bold.

Avant de commencer

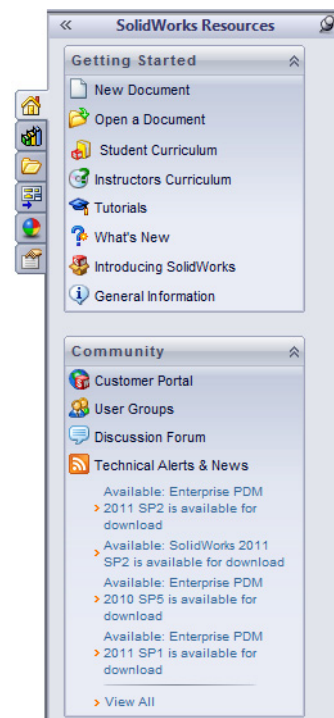
Si vous ne l'avez pas déjà fait, copiez les fichiers d'accompagnement des leçons sur votre ordinateur avant d'entamer ce projet.

1 Démarrer SOLIDWORKS.

Dans le menu **Démarrer**, lancez l'application **SOLIDWORKS**.

2 Ressources SOLIDWORKS.

Cliquez sur l'onglet **Ressources SOLIDWORKS**  puis sur **Student Curriculum**.



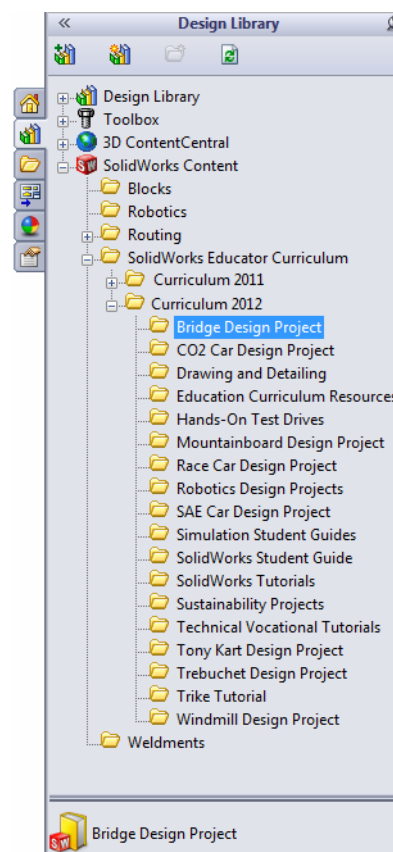
3 Contenu de SOLIDWORKS.

Développez le dossier *SOLIDWORKS Educator Curriculum*.

Développez le dossier *Curriculum <année>* approprié.

Cliquez sur le dossier *Bridge Design Project*.

Le volet inférieur affiche une icône représentant un fichier Zip contenant les fichiers d'accompagnement de ce projet.



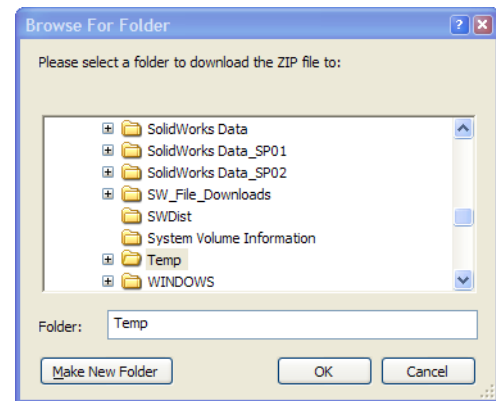
4 Télécharger le fichier Zip.

Appuyez sur **Ctrl** et cliquez sur l'icône *Bridge Design Project - English* (Projet de conception de pont - anglais).

Vous êtes invité à taper un nom de dossier pour l'enregistrement du fichier Zip.

Demandez à votre instructeur où vous devez enregistrer le fichier Zip. Le plus souvent le dossier *C:\Temp* convient.

Cliquez sur **OK**.

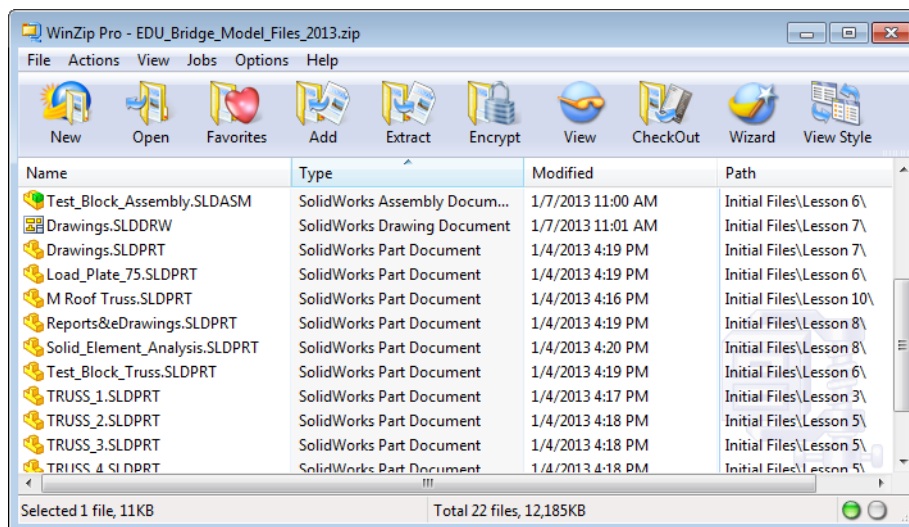


Conseil : Mémorisez l'emplacement de sauvegarde.

5 Ouvrir le fichier Zip.

Parcourez les dossiers jusqu'à celui où vous avez enregistré le fichier Zip à l'étape 4.

Double-cliquez sur le fichier *Bridge Design Project.zip*.



6 Cliquez sur Extraire.

Cliquez sur **Extraire** et parcourez les dossiers jusqu'à l'emplacement où vous souhaitez enregistrer les fichiers. Le système crée automatiquement un dossier appelé *Bridge_Design_Project_ENG* à l'emplacement indiqué. Par exemple, vous pouvez l'enregistrer dans *Mes documents*. Demandez à votre formateur où vous devez enregistrer les fichiers.

Vous avez maintenant un dossier appelé *Bridge Design Project* sur votre disque. Les données de ce dossier seront utilisées dans les exercices.

Conseil : Mémorisez l'emplacement de sauvegarde.

Analyse d'une structure à l'aide de SOLIDWORKS et de SOLIDWORKS Simulation

Pendant cette session, vous allez apprendre à analyser une structure à l'aide de SOLIDWORKS et SOLIDWORKS Simulation. Vous pouvez aussi construire la structure en bois de balsa (voir Construction de la structure à la page 83).

Quand vous aurez eu l'occasion de voir à quel point il est facile d'utiliser le logiciel de modélisation volumique SOLIDWORKS, vous utiliserez un assemblage pour vérifier si les composants s'adaptent correctement.

Vous ferez ensuite une mise en plan d'un de ces composants, incluant une liste de pièces soudées. Si vous disposez d'une imprimante, vous pourrez imprimer un exemplaire de votre mise en plan.

Leçon 1 : Conception de structure

Objectifs de cette leçon

- ☐ Définir une structure ;
- ☐ Décrire différents types de poutres triangulées ;
- ☐ Comprendre ce que sont les poutres ;
- ☐ Comprendre les facteurs qui assurent la résistance d'une poutre ;
- ☐ Calculer un moment d'inertie ;
- ☐ Comprendre l'importance de la triangulation d'une structure.

Qu'est-ce qu'une structure ?

Les structures sont des cadres couramment utilisés pour les ponts de chemin de fer, le trafic automobile ou piétonnier. Des exemples de ces structures sont visibles dans votre pays comme dans le monde entier.



Conceptions de structure

Les conceptions de structure visent à créer des structures simples et efficaces, c'est-à-dire faciles à construire et atteignant leurs objectifs avec le minimum de matériau. Il existe de nombreuses conceptions de structure différentes : les différences viennent de la charge que la structure doit supporter et de la travée qu'elle doit couvrir. La conception de structure peut se répéter sur plusieurs travées dans un même pont.

Poutres triangulées

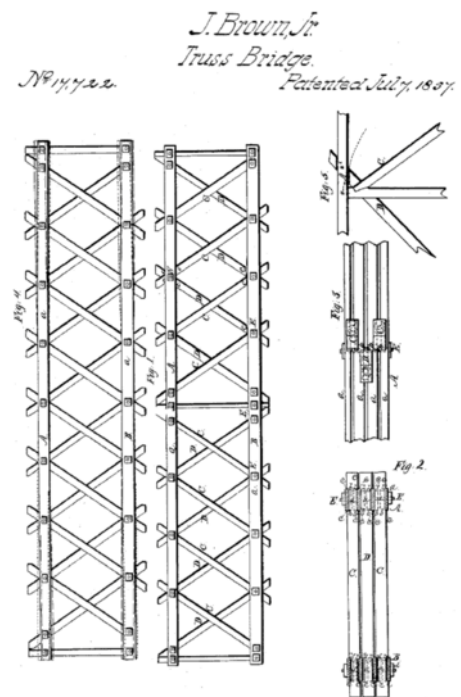
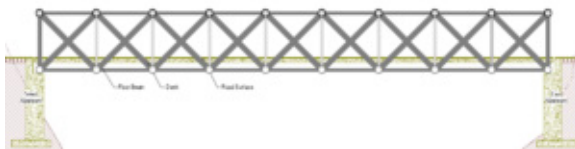
Les poutres triangulées sont des types de structures spécifiques couramment utilisées sur les ponts de chemin de fer. Elles sont le plus souvent constituées d'une surface de route ou de rail (tablier), de deux parois et parfois d'entretoises supérieures. Vous allez analyser une conception de poutre triangulée.



Recherchez **poutre triangulée** pour plus d'informations.

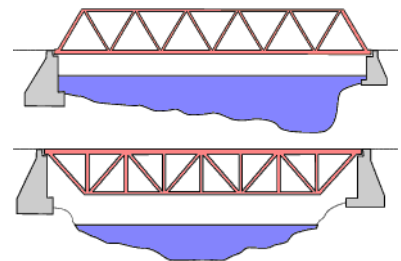
Poutre triangulée de type Brown

La **Poutre triangulée Brown** (brevet montré ici) a été utilisée pour la construction de ponts couverts. C'est une poutre triangulée en « boîte » (à cause de sa forme rectangulaire), si efficace qu'elle pourrait être construite avec seulement des poutres entretoises (diagonales) pour la soutenir.



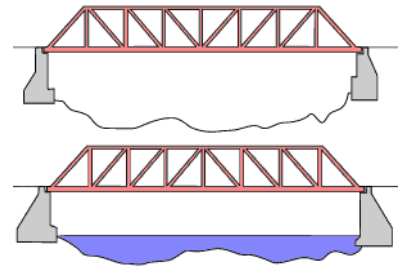
Poutre triangulée Warren

La **Poutre triangulée Warren** est un autre produit de conception simple et économique. Elle peut être inversée et utilisée avec ou sans les entretoises verticales selon la charge qu'elle doit porter.



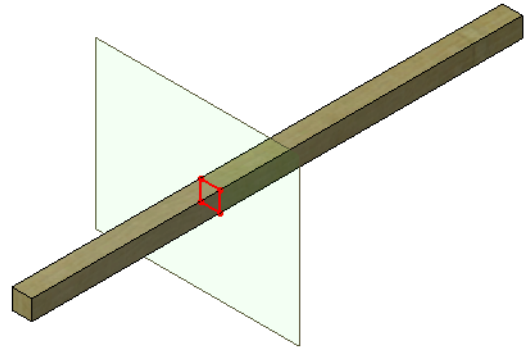
Poutres triangulées Pratt et Howe

Les poutres triangulées Pratt et Howe sont très similaires. Tout comme la poutre triangulée Warren inversée présentée ci-dessus, ces deux types de poutre ont des entretoises verticales et transversales. La différence réside dans la direction des entretoises transversales.



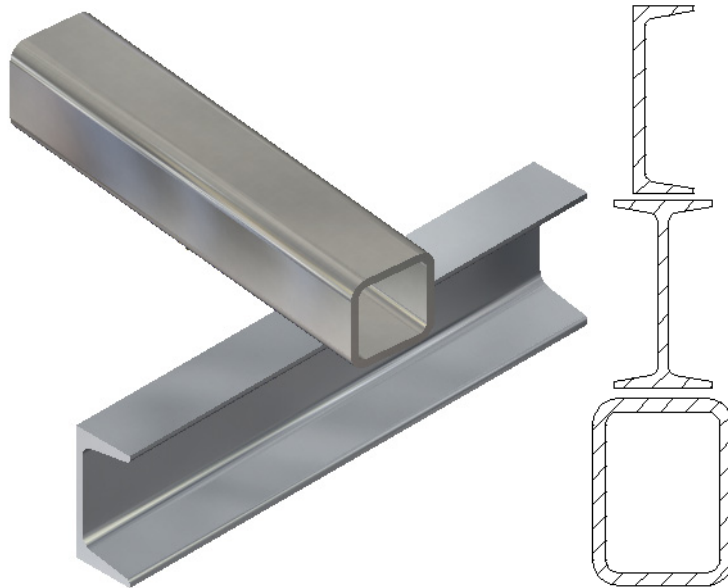
Poutres

Une **Poutre** est un objet dont la section transversale est constante sur toute sa longueur. Dans le cas présent, la section transversale est carrée. Les structures telles que les poutres triangulées sont composées de poutres.



Poutres d'acier

Les poutres d'acier ont des formes standard en U, en I ou en tube.

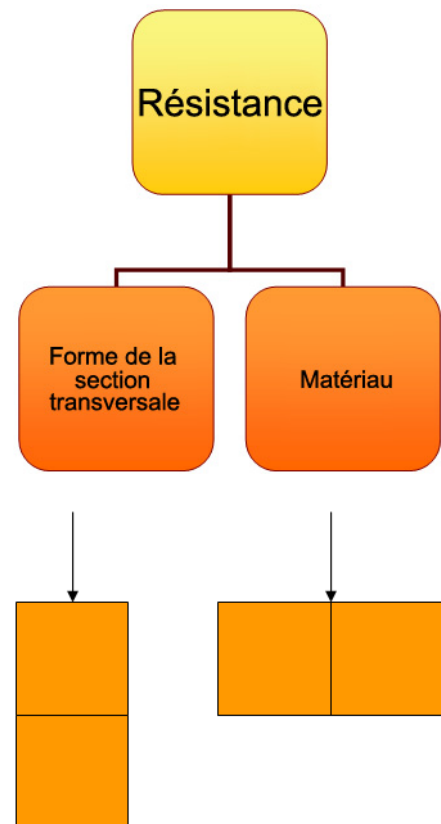


Résistance

La résistance d'une poutre dépend de deux facteurs, la **Forme de la section transversale** et le **Matériau**.

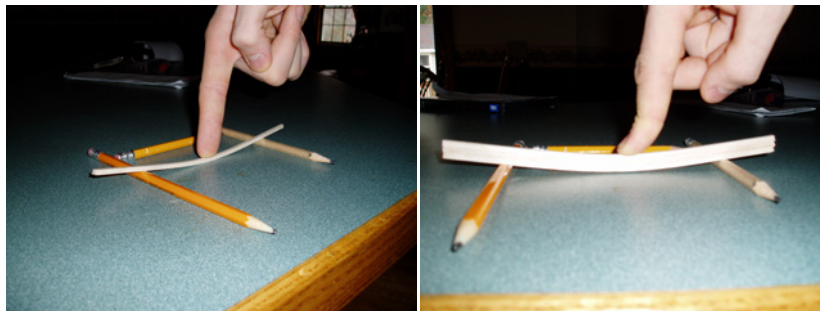
Forme de la section transversale

L'empilement de deux poutres carrées crée une section plus « profonde ». Plus la section est profonde (à gauche), plus la poutre est résistante. Les sections plus larges (à droite) sont un peu plus résistantes, mais pas tellement.



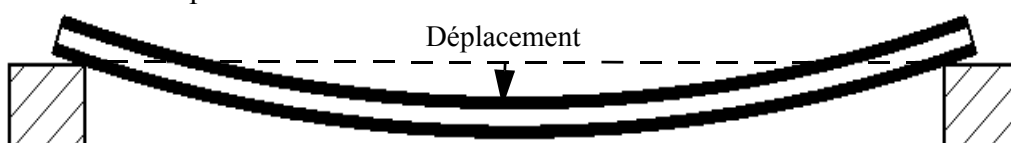
Essayez !

Remarquez la différence de résistance entre 1 poutre en balsa et 3 poutres empilées quand vous tentez d'appuyer dessus. Utilisez des crayons comme support et pour créer l'écartement.



Déplacement

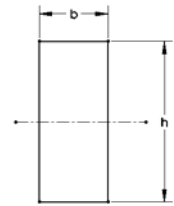
Un des résultats que nous rechercherons dans l'analyse structurelle est le **Déplacement** le plus important. Il s'agit de la distance sur laquelle la poutre s'est déplacée depuis son point de départ quand une *force externe* lui a été appliquée. Le déplacement nous aidera à déterminer la capacité de la structure.



Moment d'inertie de zone

La résistance des poutres plus profondes tient au **Moment d'inertie de zone**. C'est une formule calculée à partir de la largeur (b) et de la hauteur (h) de la section transversale. C'est une mesure de la résistance de la section transversale et non pas du matériau.

Le moment d'inertie de zone s'utilise dans les calculs de résistance d'une poutre à la flexion. Plus la valeur est importante, plus la résistance à la flexion est élevée.







Calcul du moment d'inertie de zone

La formule ci-dessous permet de calculer cette valeur pour diverses dispositions de sections transversales rectangulaires.

$$AreaMomentofInertia = \frac{b \times h^3}{12}$$

Essayer quelques calculs

Essayez quelques calculs avec la formule ci-dessus et la valeur indiquée dans le tableau ci-dessous. Les valeurs se basent sur la section transversale d'une poutre en balsa de **3,175 mm** (1/8") carrés.

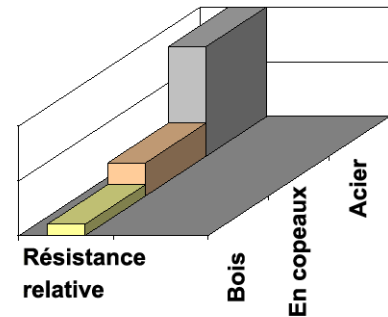
Nombre de sections transversales	Disposition des sections transversales	b	h	Moment d'inertie de zone
1		3,175 mm	3,175 mm	_____
2 empilées		3,175 mm	2 X 3,175 mm	_____
2 côte à côte		2 X 3,175 mm	3,175 mm	_____
3 empilées		3,175 mm	3 X 3,175 mm	_____

Questions

- 1 Quelle disposition donne la valeur la plus importante ? _____
- 2 La disposition 2 côte à côte est-elle aussi résistante que la disposition 2 empilées ? _____
- 3 Quelle disposition est la plus faible ? _____

Matériau

Le matériau de la poutre est un autre facteur essentiel permettant d'évaluer la résistance de la poutre. Prenez par exemple ces trois matériaux : le bois, le cuivre et l'acier. La résistance relative de chacun est indiquée sur le tableau à droite. En général, l'acier est plus résistant que le cuivre qui est lui-même plus résistant que le bois. N'oubliez pas qu'il existe un large éventail de valeurs pour chaque type de matériau ainsi que différents types de *propriétés du matériau*, par exemple, le *module de Young* et le *coefficient de Poisson* qui permettent de définir un matériau.



Remarque : les métaux sont des produits manufacturés et leur méthode de fabrication conduit à des résistances équivalentes dans chaque direction. Ce type de matériau est appelé *isotrope*.



Recherchez **propriétés du matériau** pour plus d'informations.

Le matériau bois

Le bois est un matériau particulièrement difficile à prévoir parce qu'il a un fil. Le fil entraîne une résistance différente dans chaque direction, ce n'est donc pas un matériau isotrope. La porosité du balsa le rend très sensible à l'humidité, qui peut entraîner des variations importantes dans les valeurs de propriétés.

Les valeurs que nous utilisons sont des estimations. Si vous choisissez de construire et d'essayer une structure, vos résultats seront relatifs, mais ces valeurs peuvent varier.

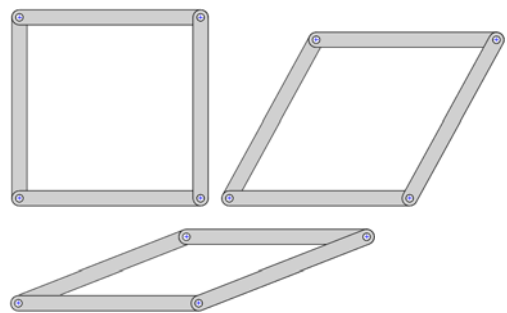
Parois avec poutres triangulées

Les parois latérales de poutres triangulées sont bien plus qu'une protection pour éviter la chute des objets. Ces parois contiennent le plus souvent des entretoises dans les directions verticale et diagonale. Quand une poutre triangulée contient à la fois des entretoises verticales et diagonales, elle est généralement plus stable.

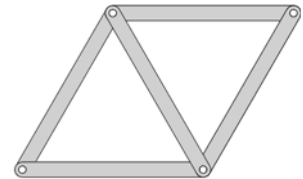
Triangles

Beaucoup de structures, en particulier les motifs de poutre triangulée, contiennent des triangles. Pourquoi ces triangles sont-ils si importants ? Une des raisons est la stabilité qui s'obtient en utilisant des entretoises pour former des triangles. Les formes triangulaires ajoutent de la stabilité à la structure.

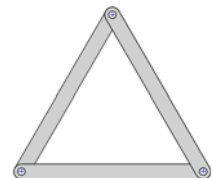
Imaginez par exemple un ensemble d'éléments reliés en forme de carré par des vis ou des tiges. En maintenant le bas immobile, appuyez sur le haut ou le côté. L'ensemble peut former un carré mais peut aussi se déformer facilement en parallélogramme aplati.



L'ajout d'un 5ème élément en diagonale crée une différence considérable. La forme est maintenant verrouillée dans cette position. Cet ajout a divisé le parallélogramme en deux triangles.

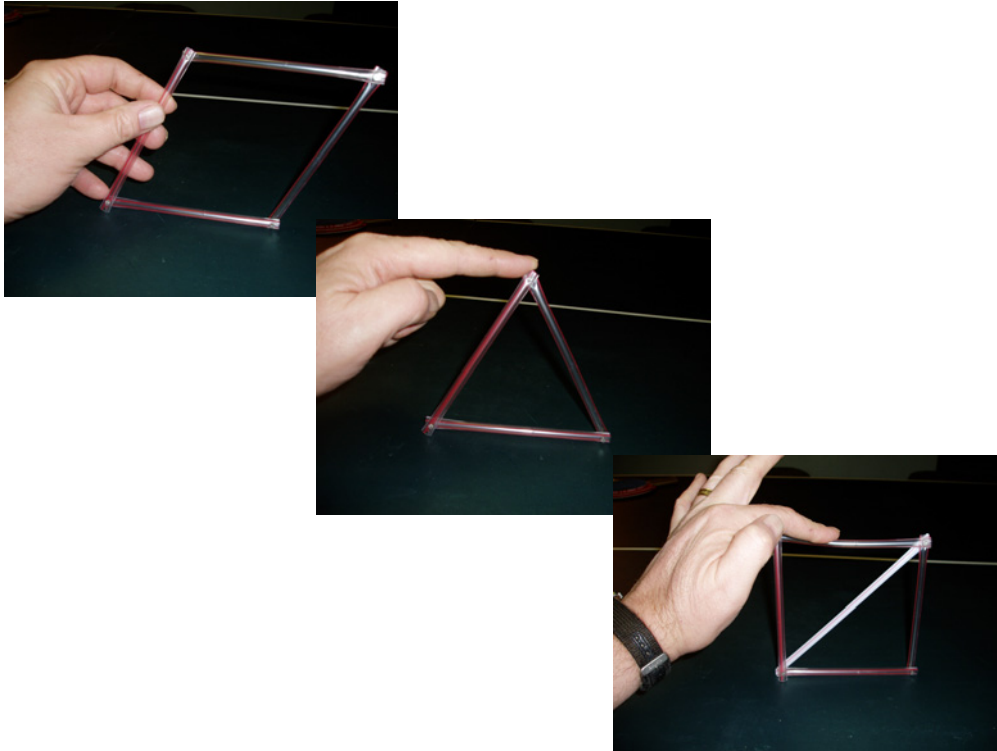


Avec les mêmes éléments et fixations, créez un triangle. Cette fois il y a moins d'éléments mais la stabilité est assurée.



Essayez !

Vous pouvez simuler cette procédure avec quelque chose de très souple, par exemple une paille à boire. Utilisez de petites tiges pour les relier.



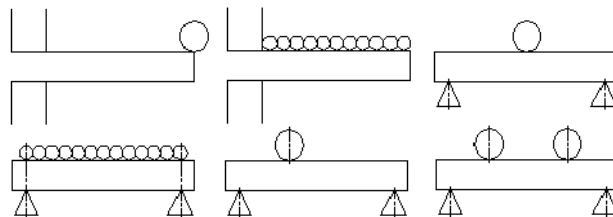
Leçon 2 : Utilisation du formulaire de flexion

Objectifs de cette leçon

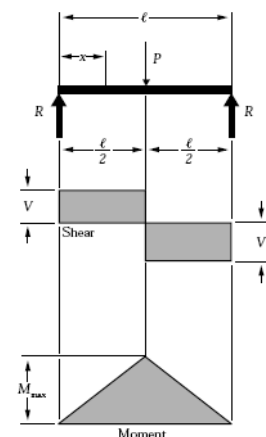
- ☐ Démarrer SOLIDWORKS ;
- ☐ Charger le logiciel SOLIDWORKS Simulation ;
- ☐ Ouvrir une pièce SOLIDWORKS existante ;
- ☐ Comprendre une poutre en appui simple ;
- ☐ Affecter un matériau ;
- ☐ Calculer les propriétés de section ;
- ☐ Utiliser l'outil de mesure ;
- ☐ Utiliser le formulaire de flexion pour calculer un déplacement.

Utilisation des formules de flexion

Avant d'effectuer une analyse, il est utile d'envisager quels résultats attendre. Vous ne saurez pas quel poids la structure peut supporter, mais vous pouvez utiliser votre expérience pour deviner certains des résultats que vous allez obtenir. Dans ce but, vous pouvez utiliser les formules de flexion (des formules simples pour les poutres). Vous trouverez ci-dessous quelques-unes des formules disponibles.



Remarque : les calculs de flexion de type manuel incluent généralement des formules et ont l'apparence suivante :



Ordre de grandeur

Le déplacement (voir Déplacement à la page 5) sera-t-il proche de 1 mm ? 10 mm ? La différence est **10** fois supérieure à la différence précédente et augmente selon l'**Ordre de grandeur**. Un calcul initial peut vous donner une idée de l'ordre de grandeur des résultats. Vous pouvez ainsi déterminer plus facilement si l'analyse a été faite correctement.

Questions


- 1 Quelle est la valeur qui suit 1 mm et 10 mm si nous utilisons un ordre de grandeur croissant ? _____
- 2 Quelles sont les valeurs manquantes ci-dessous ? 5 mm, _____, 500 mm

Démarrage de SOLIDWORKS et ouverture d'une pièce

1 Démarrer l'application SOLIDWORKS.

Dans le menu **Démarrer**, cliquez sur **Programmes**, **SOLIDWORKS**, **SOLIDWORKS**.

Ajout de SOLIDWORKS Simulation


Le logiciel SOLIDWORKS Simulation est inclus dans le produit **SOLIDWORKS Education Edition**. Pour l'utiliser, vous devez l'activer à l'aide de la commande **Outils, Compléments**. Cochez les cases **Compléments actifs** et **Démarrage** pour SOLIDWORKS Simulation, la bibliothèque SOLIDWORKS Toolbox et SOLIDWORKS Toolbox Utilities et cliquez sur .

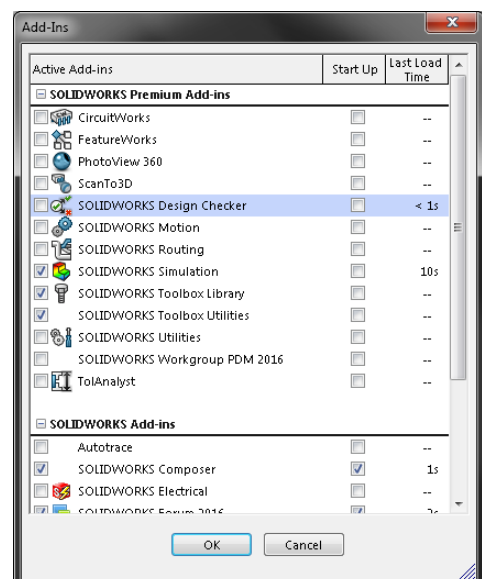
Comment y accéder

- Barre de menu : **Options, Compléments** 
- Menu : **Outils, Compléments**

2 Sélection des compléments.

Cliquez sur **Outils, Compléments** et vérifiez que les cases **Compléments actifs** et **Démarrage** sont cochées pour **SOLIDWORKS Simulation**, la bibliothèque **SOLIDWORKS Toolbox** et **SOLIDWORKS Toolbox Utilities**.

Cliquez sur .




Avertissement !

Si **SOLIDWORKS Simulation**, la bibliothèque **SOLIDWORKS Toolbox** et **SOLIDWORKS Utilities** ne sont pas ajoutés, vous ne pourrez pas réaliser le projet.


Ouverture d'une pièce

Les fichiers SOLIDWORKS existants peuvent s'ouvrir à l'aide de l'outil **Ouvrir**.

Comment y accéder

- Barre de menu : **Ouvrir** 
- Menu : **Fichier, Ouvrir**
- Raccourci clavier : **Ctrl+O**

3 Ouvrir le fichier pièce.

Cliquez sur **Ouvrir** .

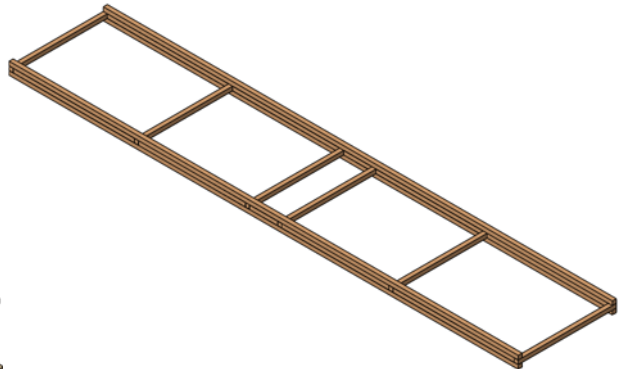
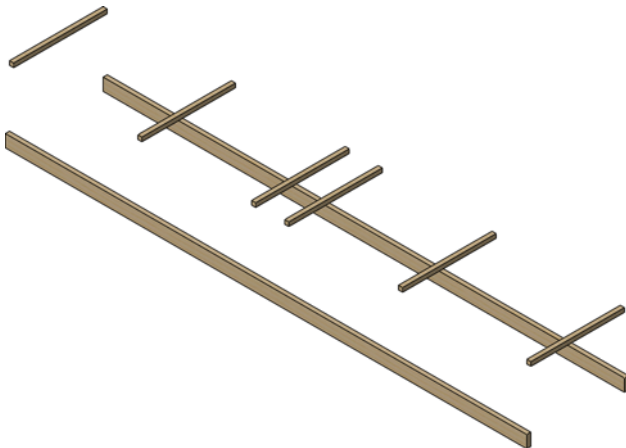
Dans la fenêtre **Ouvrir**, parcourez les répertoires jusqu'au dossier *Bridge Design Project\Student\Lesson 2*.

Sélectionnez *TRUSS_1.sldprt* et cliquez sur **Ouvrir**.



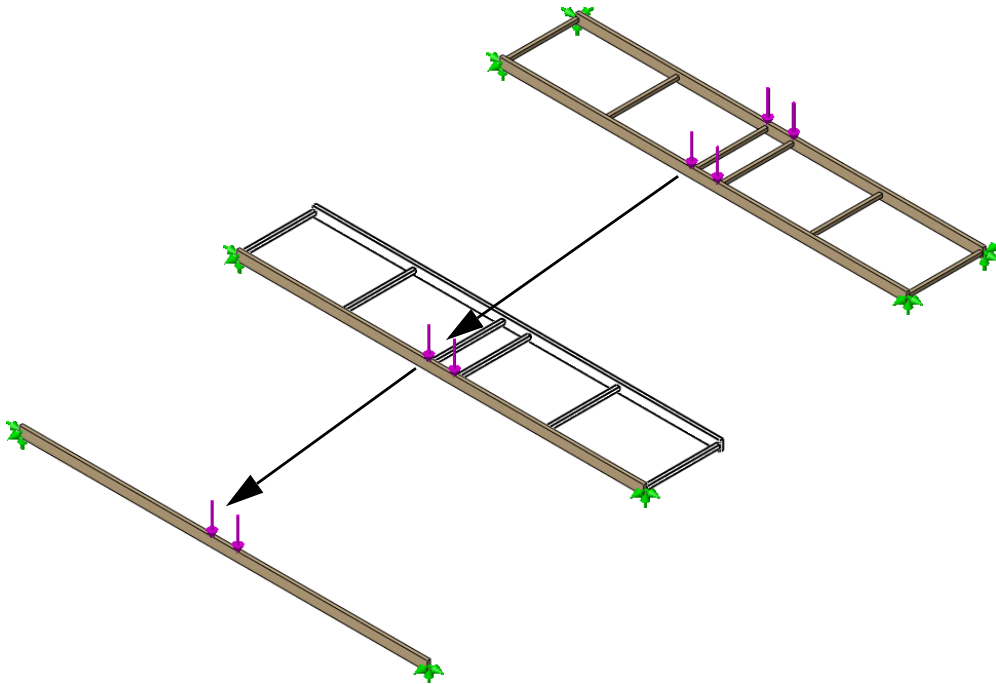
Géométrie du modèle

Ce modèle est constitué d'une série de *poutres* placées les unes contre les autres. Les poutres représentent des baguettes de balsa. Dans votre projet, les poutres sont assemblées par collage. Dans une structure réelle, les poutres pourraient être soudées ou boulonnées.



Simplification de l'analyse

Le modèle présente deux poutres parallèles connectées par des poutres plus petites en plusieurs endroits. Si nous prenons uniquement la moitié du modèle (uniquement la grande poutre) et que nous appliquons la moitié des chargements, nous devrions avoir une idée de ce que seront les valeurs dans l'analyse réelle.



La poutre en appui simple

Ce type de formule de flexion est souvent appelé une « poutre en appui simple » dans laquelle les points de contact ne sont pas complètement fixes et un chargement est appliqué. Il est important pour vous de connaître les deux définitions suivantes : garnitures fixes et chargements externes.

Déplacements imposés

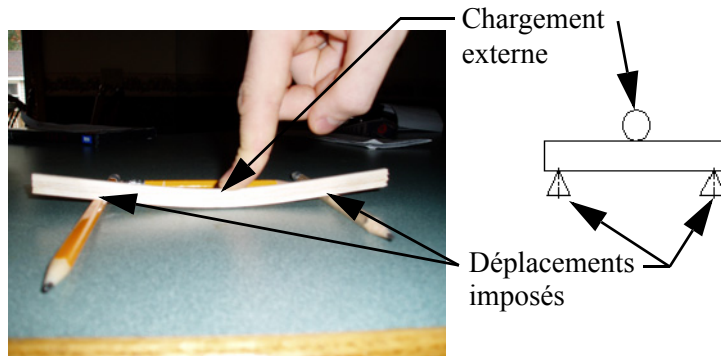
Les déplacements imposés servent à limiter les mouvements de certains points dans le modèle. Il s'agit généralement de points de contact. Ils sont également appelés contraintes.

Chargements externes

Les chargements ou forces externes servent à ajouter des charges de **Force** ou de **Gravité** à la structure. L'ajout d'une force exige un emplacement sur la structure, une valeur (en newtons) et une direction.

Modèle théorique

L'illustration de droite montre le modèle théorique de la poutre supportée par les crayons de la leçon précédente.

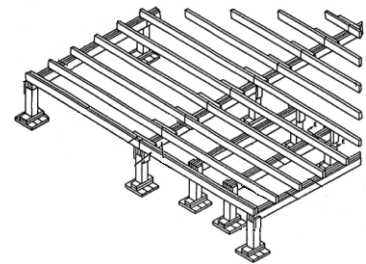


Pourquoi les poutres en appui simple sont-elles importantes ?

Bien que le modèle théorique puisse sembler très simple, il sert d'approximation pratique pour de nombreuses structures réelles. Vous trouverez des exemples de poutres en appui simple dans de nombreux endroits.

Structures

Les portées des charpentes de bois et d'acier des maisons et bâtiments sont conçues à l'aide de poutres en appui simple.



Trébuchet

Le bras du trébuchet pivote sur un axe situé entre les cadres. L'axe est une poutre en appui simple.

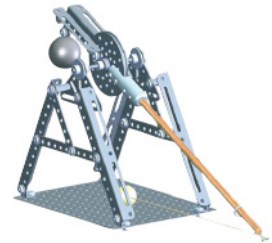


Planche tout-terrain

Si vous vous teniez au centre d'une planche tout-terrain, vous seriez le chargement externe et les roues seraient les déplacements imposés. La structure peut être décrite approximativement comme une poutre en appui simple.

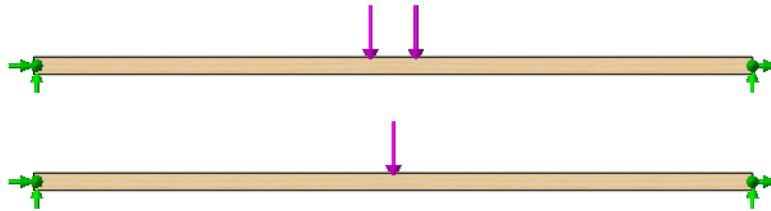


Remarque : cet exemple est une « analyse simplifiée » qui utilise un problème à trois dimensions et le simplifie en problème à deux dimensions. Une analyse de simulation complète serait quand même nécessaire.

Hypothèses prudentes

Les ingénieurs utilisent souvent des « hypothèses prudentes » pour rendre l'analyse plus défavorable que la réalité de la structure. Ainsi, un niveau supplémentaire de sécurité est ajouté à la conception et la rend plus robuste qu'elle n'en a besoin. Voici quelques-unes des hypothèses que nous allons faire :

- 1 Il est préférable d'utiliser les points de contacts réels plutôt que les extrémités de la structure en tant que garniture fixe.
- 2 Utiliser un seul chargement externe au centre est pire que deux chargements externes près du centre.



Données requises pour le calcul de poutre

Plusieurs données sont requises pour utiliser cette formule de flexion, en particulier :

Données	Où les trouver ?	Qu'est-ce que c'est ?
Module d'élasticité	Propriétés de matériau	Raideur de matériau
Moment d'inertie	Propriétés de la section	Résistance à la flexion
Longueur	Géométrie	Longueur de portée à enjamber
Charge	(donnée)	Chargement externe

Unités communes

Des unités métriques usuelles sont utilisées dans ce projet. Voici quelques-unes des unités couramment utilisées dans les systèmes SI et IPS (pouce, livre, seconde) :

Données	Unités SI	Unités IPS
Module d'élasticité	Pa, MPa,	psi
Moment d'inertie	mm ⁴ , cm ⁴ , m ⁴	in ⁴
Longueur	mm, cm, m	po, pi
Charge	N, kN	lb

Remarque : dans cette analyse, nous utiliserons le système d'unités **SI**. Le système d'unités SI est aussi appelé Système international d'unités. Il utilise des unités métriques, par exemple le mètre, le millimètre et le newton.



Recherchez **système international d'unités** pour plus d'informations.

Collecter les données

Les données requises seront collectées en utilisant différents outils dans les étapes à venir. Vous calculerez les valeurs manquantes dans le tableau ci-dessous.

Remarque : pour commencer, nous supposons que la charge de poids totale sur la structure entière est de **40 N**. Nous en utiliserons la moitié, soit $40 \text{ N} / 2 = 20 \text{ N}$, pour le calcul de flexion.

Données	Valeur	Unités
Module d'élasticité (pression)	????	Pa (pascals)
Moment d'inertie (longueur ⁴)	????	cm ⁴
Longueur	????	mm
Charge (force)	20	N (newtons)

Affecter un matériau

La première étape consiste à affecter un **Matériau** aux poutres du modèle. Nous voulons créer la structure en bois de balsa.

Comment y accéder

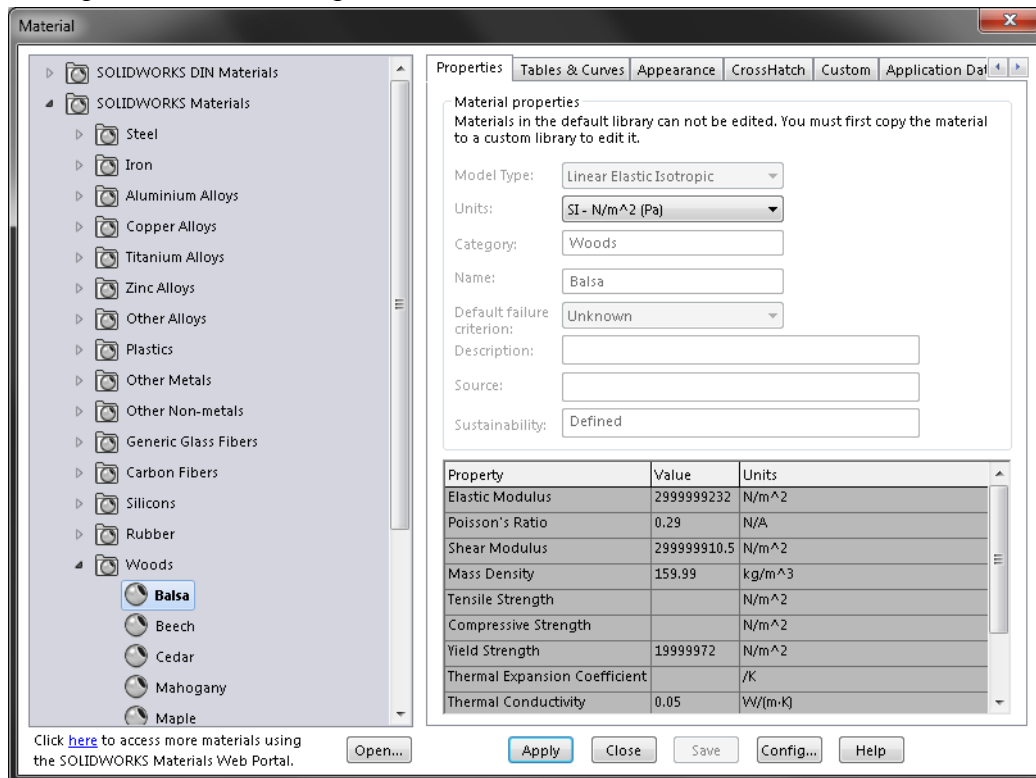
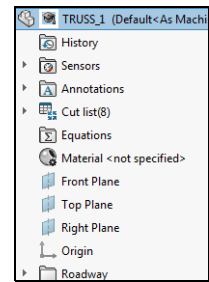
- Menu : **Édition, Apparence, Matériau**
- Menu contextuel : cliquez avec le bouton droit de la souris sur la fonction *Matériau* et sélectionnez **Editer le matériau**.

4 Matériau.

Cliquez avec le bouton droit de la souris sur la fonction *Matériau* et sélectionnez **Editer le matériau**. Développez les dossiers *SOLIDWORKS Materials* et *Woods* à gauche et cliquez sur *Balsa*.

Sous **Unités**, sélectionnez **SI - N/m² (Pa)**.

Cliquez sur **Appliquer** puis sur **Fermer**.



Remarque : le matériau utilisé, *Balsa*, est choisi pour rendre l'analyse utile à ceux qui vont effectivement concevoir, construire et essayer la structure. Le balsa est un matériau courant pour les projets d'étude.

La valeur du **Module élastique** (ou **Module d'élasticité**) = 2999999232 N/m^2 .

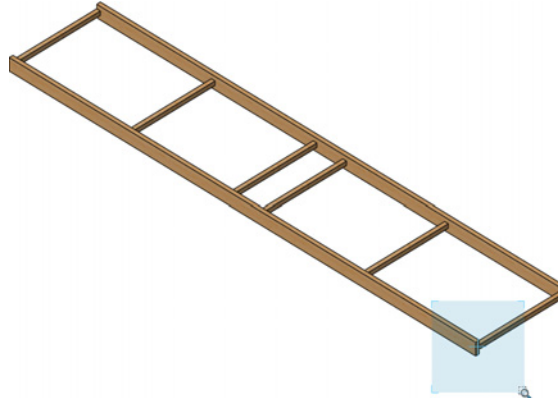
*Vous en apprendrez plus sur les matériaux, la construction et les essais dans des leçons ultérieures.

Propriétés de la section

Les propriétés de la section sont basées sur la section transversale de la poutre.

5 Zoom fenêtre.

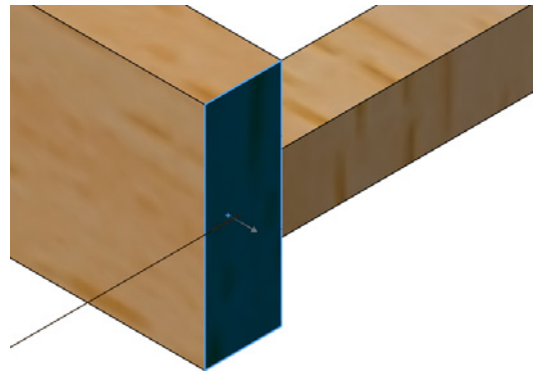
Cliquez sur **Affichage, Modifier, Zoom fenêtre** et faites glisser une fenêtre comme illustré, du haut à gauche vers le bas à droite, au coin de la structure.




Remarque : appuyez sur la touche **Echap** pour désactiver l'outil Zoom.

6 Sélection de face.

Sélectionnez la face comme indiqué.



Comment y accéder

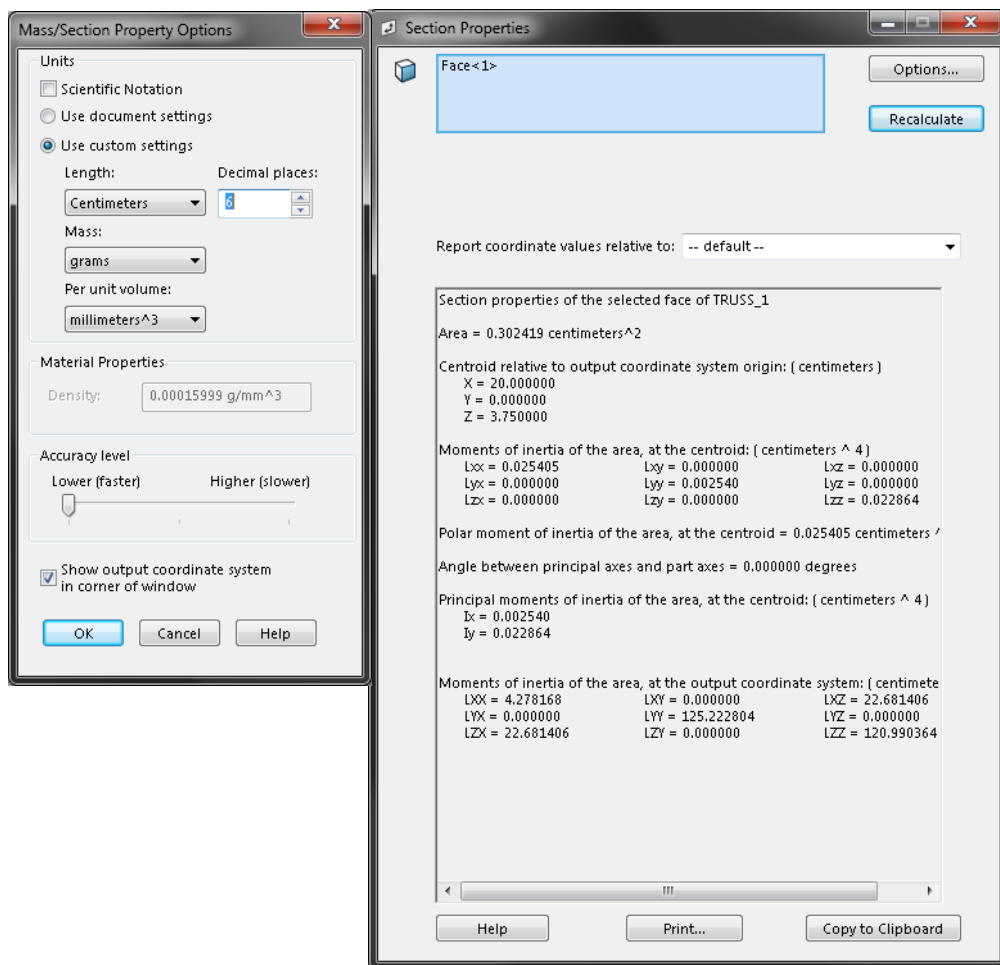
- ❑ Gestionnaire de commandes CommandManager : **Évaluer > Propriétés de la section** 
- ❑ Menu : **Outils, Propriétés de la section**

7 Propriétés de la section.

Cliquez sur **Outils, Propriétés de la section**. Cliquez sur **Options** puis sur **Utiliser des paramètres personnalisés**. Sélectionnez **Centimètres** et **6** décimales, comme indiqué.

Cliquez sur **OK** et sur **Recalculer**.

Moment d'inertie de la zone, au centre de gravité : (centimètres ^ 4) $L_{xx} = 0,025405$. Cliquez sur **Fermer**.




8 Zoom.

Cliquez sur **Affichage, Modifier, Zoom au mieux** ou appuyez sur la touche **f** pour retourner à l'affichage plein écran.

Utilisation de l'outil Mesurer

L'outil Mesurer peut être utilisé pour mesurer les distances ou les angles grâce à la géométrie du modèle.

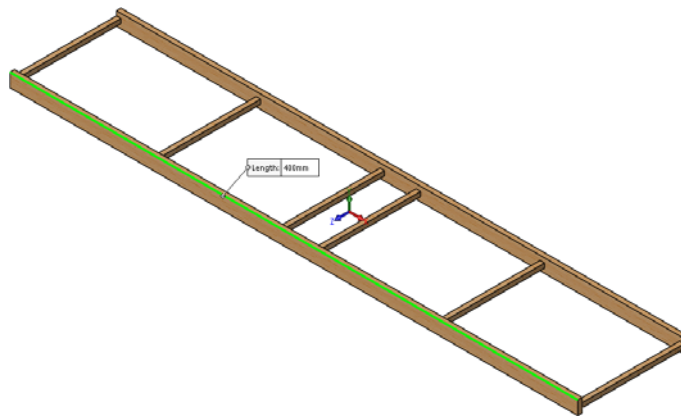
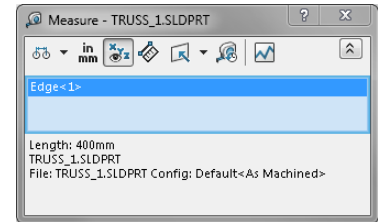
Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Évaluer > Mesurer** 
- Menu : **Outils, Mesurer**

9 Mesurer.

Cliquez sur **Outils, Mesurer**. Sélectionnez une arête de la poutre, comme indiqué. La longueur de la poutre est affichée.

Longueur : 400 mm




10 Fermer.

Cliquez sur le symbole x dans le coin supérieur droit de la boîte de dialogue pour la fermer.

Formulaire de flexion

Le formulaire de flexion utilise les valeurs entrées pour déterminer le plus grand déplacement ou la déflexion la plus importante de la poutre.

Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Produits Office > Formulaire de flexion** 
- Menu : **Toolbox, Formulaire de flexion**

11 Démarrer le formulaire de flexion.

Cliquez sur **Formulaire de flexion**.

12 Paramètres.

Effacez les valeurs du champ **Déflexion** (le bouton **Analyser** ne deviendra disponible que lorsque ce champ sera vide). Servez-vous des barres de défilement pour accéder à l'option **Supporté aux deux extrémités, chargé au milieu**. Cliquez sur **axe local Y**, **Système métrique** et **Déflexion**.

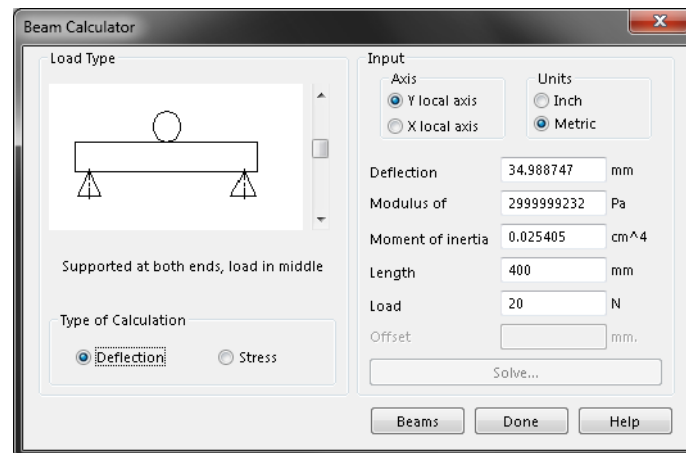
13 Saisir des valeurs.

Tapez ou copiez et collez les valeurs ci-dessous dans la boîte de dialogue :

Données	Valeur	Unités
Module d'élasticité (pression)	2999999232	Pa (pascals)
Moment d'inertie (longueur^4)	0,025405	cm^4
Longueur	400	mm
Charge (force)	20	N (newtons)

14 Analyser.

Cliquez sur **Analyser**. Le déplacement est d'environ **35 mm** à la charge. Cliquez sur **Terminé**.



Questions

- 1 Ce déplacement représente-t-il plus ou moins d'un pouce ? _____
- 2 Convertissez le déplacement en pouces : $35 \text{ mm} / 25,4 =$ _____ pouces

15 Fermer la pièce.

Cliquez sur **Fichier, Fermer** pour fermer la pièce.

Lorsque le message *Enregistrer les changements dans TRUSS_1 ?* s'affiche, cliquez sur **Ne pas enregistrer**.

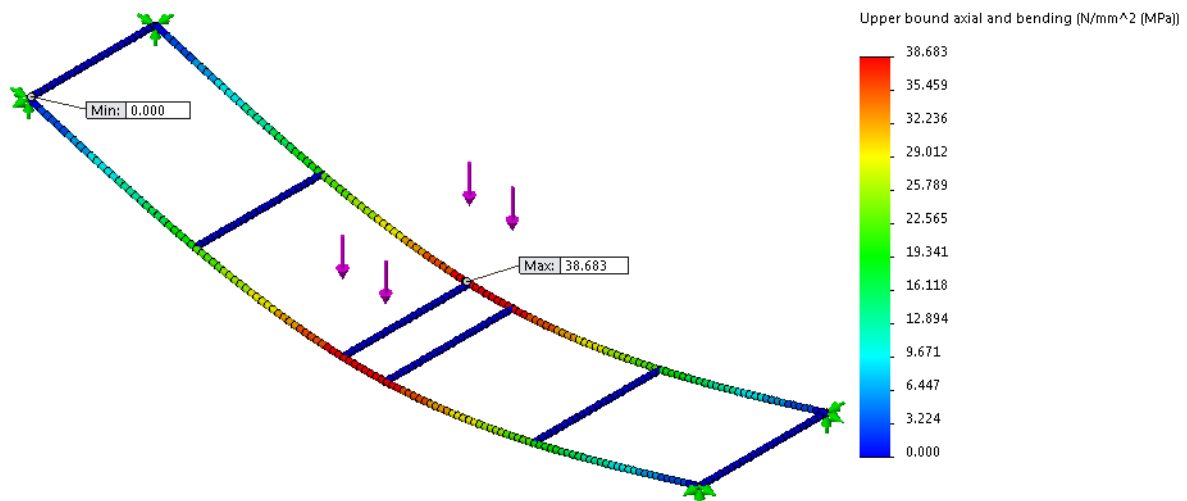
Leçon 3 : Analyse de la structure

Objectifs de cette leçon

- ❑ Comprendre les fonctions de SOLIDWORKS Simulation ;
- ❑ Décrire les étapes de l'analyse structurelle ;
- ❑ Comprendre l'environnement de l'analyse, notamment les déplacements imposés et les charges ;
- ❑ Utiliser SOLIDWORKS Simulation ;
- ❑ Consulter les résultats d'une analyse.

Analyse de la structure

Dans cette leçon, vous allez utiliser SOLIDWORKS Simulation pour analyser la structure de poutres.



Qu'est-ce que SOLIDWORKS Simulation ?

SOLIDWORKS Simulation est un outil d'analyse structurelle pour les concepteurs intégré à SOLIDWORKS. Ce logiciel permet d'analyser directement le modèle volumique. Vous pouvez aussi facilement configurer les unités, le type de matériau, les chargements externes et bien d'autres facteurs en utilisant une étude. Vous pouvez modifier le modèle volumique et mettre à jour les résultats de l'analyse structurelle.

L'analyse s'effectue en plusieurs étapes :

- 1 Créer une conception dans SOLIDWORKS.
SOLIDWORKS Simulation peut analyser des pièces et des assemblages.
- 2 Créer une étude statique dans SOLIDWORKS Simulation. Les projets SOLIDWORKS Simulation contiennent tous les paramètres et résultats d'un problème et chaque projet associé au modèle. Cela comprend l'ajout des déplacements imposés et des chargements externes et le maillage du modèle.
- 3 Exécuter l'analyse. Cette étape est parfois appelée résolution.
- 4 Afficher les résultats de SOLIDWORKS Simulation, y compris les tracés, les rapports et les eDrawings.

Analyse structurelle

L'analyse structurelle est une procédure d'ingénierie utilisant des méthodes physiques et mathématiques pour prédire le comportement d'une structure sous des chargements externes tels que poids et pressions. Les bâtiments, ponts, avions, bateaux et automobiles sont quelques-uns des nombreux produits qui nécessitent une analyse structurelle.

L'analyse structurelle permet de déterminer les *contraintes*, le *coefficient de sécurité* et les *déplacements*.

Contraintes : les chargements externes appliqués à une structure créent des forces et contraintes internes qui peuvent conduire à la défaillance ou à la rupture de la structure.

Coefficient de sécurité : le coefficient de sécurité est le rapport de la contrainte effective divisée par la contrainte maximale que peut supporter le matériau.

$$\frac{\text{MaximumStressunderLoading}}{\text{MaximumStressoftheMaterial}} = FOS$$

Si le **coefficient de sécurité > 1**, la structure est sûre. Si le **coefficient de sécurité < 1**, la structure est considérée comme non sûre.

Déplacements : comme nous l'avons vu dans une leçon précédente, les chargements externes appliqués à une structure peuvent forcer cette structure à se déplacer par rapport à sa position en l'absence de chargement. Le déplacement est la distance sur laquelle un point se déplace de sa position d'origine.

L'analyse structurelle est utilisée dans beaucoup de domaines de l'industrie de fabrication :

❑ Bâtiments et ponts

Planchers, murs et fondations.

❑ Avions

Fuselage d'avion, ailes et train d'atterrissage.

❑ Bateaux

Coques, cloisons et superstructure.

❑ Automobiles

Châssis, carrosserie et essai de collision.

Pourquoi effectuer une analyse de conception ?

Après élaboration de votre conception dans SOLIDWORKS, vous devrez peut-être répondre à des questions telles que :

- ❑ La poutre triangulée peut-elle couvrir la travée demandée ?
- ❑ Quelle est la conception la plus efficace pour la poutre triangulée ?
- ❑ Quelle est la charge maximale que peut supporter la poutre triangulée ?

En l'absence d'outils d'analyse, il faut passer par des cycles de conception prototype-tests coûteux pour s'assurer que la performance du produit répond aux attentes du client. L'analyse de conception permet d'effectuer rapidement et à moindre coût des cycles de conception sur des modèles créés sur ordinateur. Même si les coûts de fabrication ne représentent pas un facteur important, l'analyse de conception améliore sensiblement la qualité du produit en permettant aux concepteurs de détecter les problèmes de conception beaucoup plus tôt qu'en construisant un prototype. L'analyse de conception facilite également l'étude de nombreuses options de conception et aide à optimiser cette dernière. Une analyse rapide et peu coûteuse révèle souvent des solutions non intuitives et profite aux ingénieurs en leur permettant de mieux comprendre le comportement du produit.

Phases de l'analyse structurelle

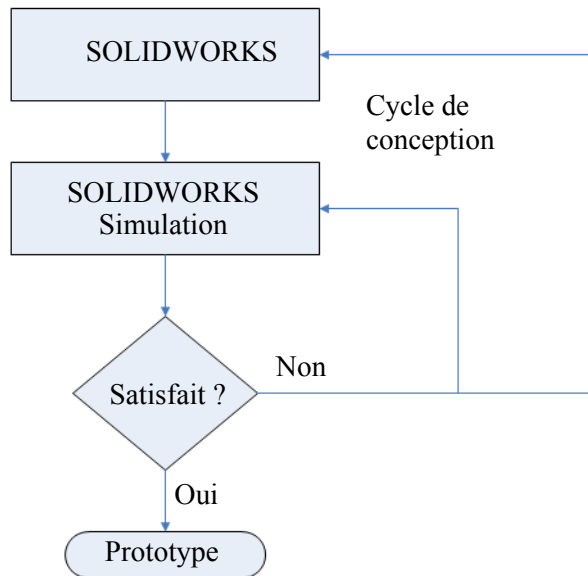
SOLIDWORKS Simulation vous fait parcourir les différentes étapes de l'analyse structurelle. Voici ce qui se passe en arrière-plan :

- ❑ **Prétraitement** : à ce stade, vous devez ajouter les informations nécessaires sur la structure et l'environnement, en particulier les matériaux, les déplacements imposés et les chargements externes appliqués à la structure.
- ❑ **Analyse** : le modèle est divisé en petits morceaux appelés éléments par une procédure appelée maillage. Dans ce projet, les éléments sont des **Éléments poutre**. Ces informations sont ensuite utilisées pour créer un modèle par éléments finis qui est résolu. Cette étape inclut la page **Analyse** de l'assistant SOLIDWORKS Simulation.
- ❑ **Post-traitement** : les résultats sont présentés sous forme graphique pour vous permettre d'identifier les zones à problème. Ce sont notamment les pages **Optimisation** et **Résultats** de l'assistant SOLIDWORKS Simulation.

Une fois les différentes étapes terminées, vous pouvez enregistrer toutes les informations d'analyse avec le modèle. Quand les informations d'analyse ont été enregistrées, les modifications ultérieures sont plus rapides.

Cycle de conception

Le **cycle de conception** permet d'apporter des modifications au modèle ou aux informations de prétraitement. Les modifications de modèle peuvent être des changements de dimension, par exemple de longueur des poutres. Les changements concernant les informations de prétraitement sont notamment les modifications de matériau, de déplacements imposés ou de chargements. L'une ou l'autre de ces modifications impose une nouvelle analyse du modèle, jusqu'à atteindre la meilleure solution.



Modifications du modèle

Pour l'instant, la pièce SOLIDWORKS est très simple, mais nous allons ajouter des côtés et des entretoises et vous allez découvrir pourquoi ce sont des aspects importants de la structure. Ouvrons-la pour voir le modèle et ce qu'il représente.

1 Ouvrir de nouveau le fichier pièce.

Cliquez sur **Ouvrir** .

Dans la fenêtre **Ouvrir**, parcourez les répertoires jusqu'au dossier *Bridge Design Project\Student\Lesson 2*.

Sélectionnez *TRUSS_1.sldprt* et cliquez sur **Ouvrir**.

Il s'agit de la pièce que nous avons utilisée dans la leçon précédente.



Créer une étude

Pour effectuer une analyse structurelle, nous devons créer une nouvelle étude.



SOLIDWORKS Simulation utilise une **Étude** pour stocker et organiser toutes les données associées à une analyse structurelle.

Cette étude sert aussi à spécifier le type d'analyse que vous exécutez. De nombreux types sont disponibles, en particulier :

- ☐ **Statique**
- ☐ **Fréquentielle**
- ☐ **Flambage**
- ☐ **Thermique**
- ☐ **Test de chute**
- ☐ **Fatigue**
- ☐ **Non linéaire**
- ☐ **Dynamique linéaire**
- ☐ **Conception d'appareil sous pression**


Dans ce projet, nous utiliserons une analyse **Statique**. Ce type d'étude sert à prédire les points de défaillance d'une structure en raison des contraintes.

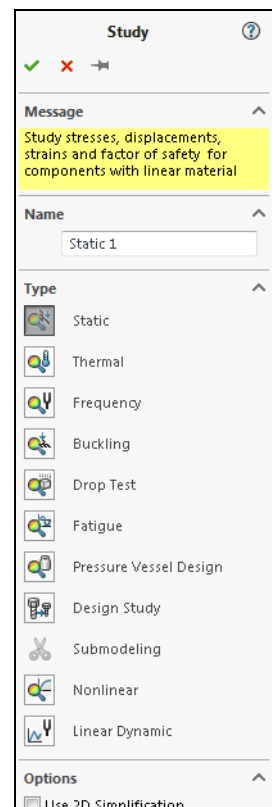
Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager :
Simulation > Conseiller Etude  **> Nouvelle étude** 
- Menu : **Simulation, Etude**

2 Créer une étude.

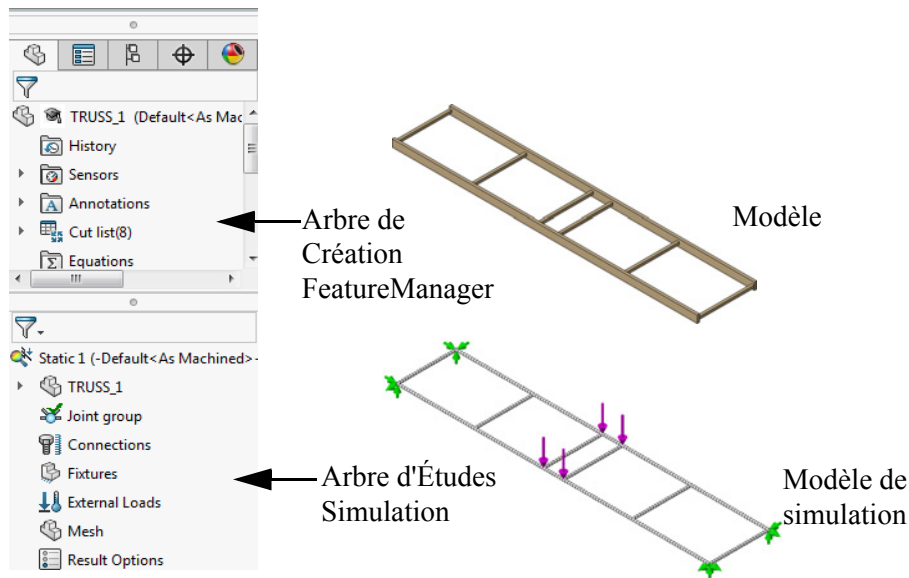
Cliquez sur **Simulation, Etude**. Utilisez le nom par défaut *Static 1*, puis cliquez sur **Statique**.

Cliquez sur .



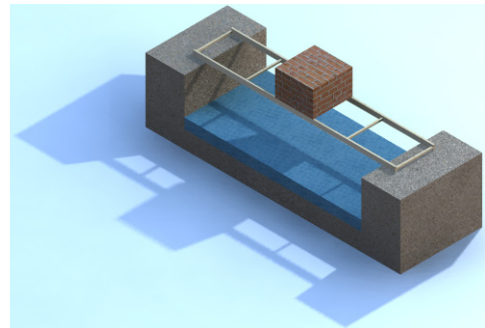
Arbre de Création FeatureManager et Arbre d'Études Simulation

L'**Arbre de Création FeatureManager** est affiché au-dessus de l'**Arbre d'Études Simulation** sur le côté gauche de l'écran. L'arbre supérieur répertorie les fonctions de la géométrie du modèle tandis que l'arbre inférieur répertorie celles de l'analyse ou du modèle de simulation.



Environnement

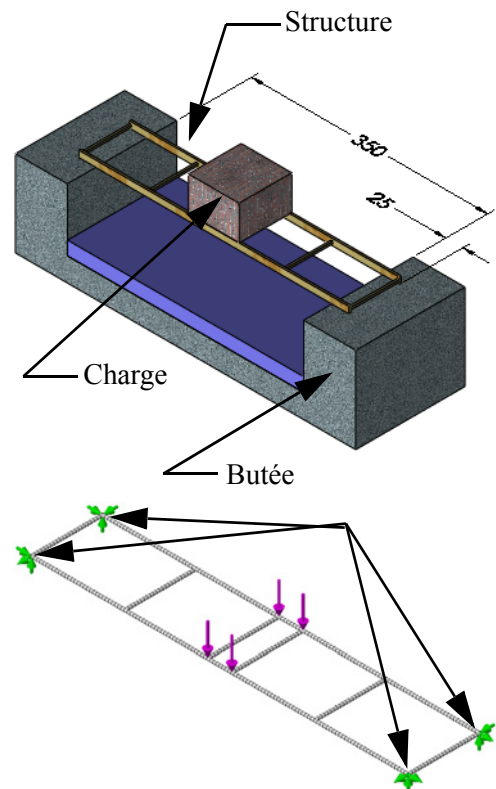
L'environnement décrit l'utilisation de la structure. Dans ce cas, le modèle représente une structure qui traverse une rivière. Connaissant l'emplacement de la structure et les chargements externes qu'elle doit subir, nous pouvons déterminer deux éléments critiques nécessaires pour SOLIDWORKS Simulation : les **Déplacements imposés** et les **Chargements externes**.



Déplacements imposés

Les **déplacements imposés** sont les zones de la structure qui doivent être fixes ou peu mobiles. Nous définissons la travée comme la distance de traversée non supportée, **350 mm** dans ce cas. De chaque côté, il y a **25 mm** de recouvrement où les extrémités de la structure sont soutenues par la butée ou la rive. La travée est toujours inférieure à la longueur totale de la structure.

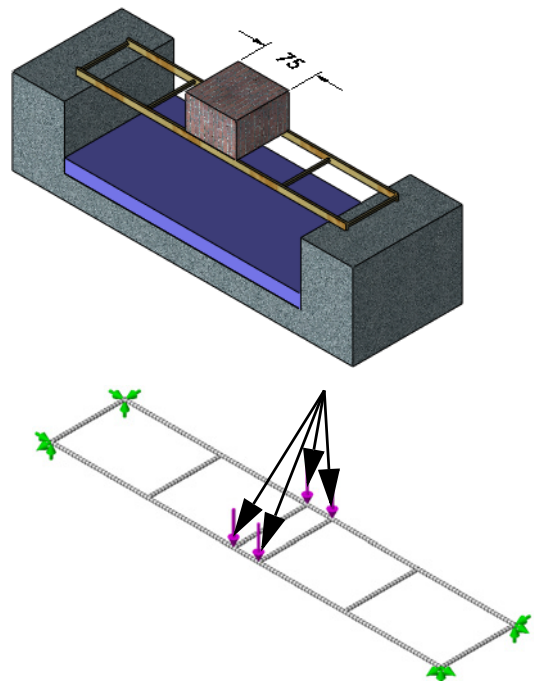
Les déplacements imposés sont définis aux extrémités du modèle en quatre emplacements.



Chargements externes

Le modèle doit avoir des **chargements externes** qui imposent des forces sur la structure. Supposons qu'une pile de briques rectangulaire est posée au centre de la travée, en travers de la structure. Supposez que le poids total des briques est de **40 N**.

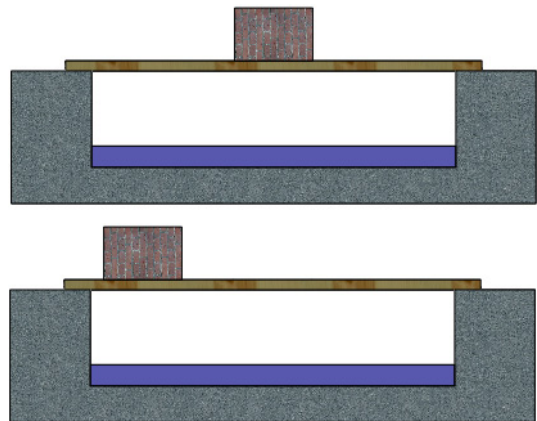
Il existe quatre points de chargement, un pour chaque point où les poutres sont connectées près du centre de la travée. La charge sur chaque point est donc $40 \text{ N} / 4 = \mathbf{10 \text{ N}}$ (environ 1 kg).



Pourquoi la charge est-elle au centre ?

Pour utiliser un modèle d'analyse structurelle, les ingénieurs effectuent souvent ce qu'on appelle une analyse du « cas le plus défavorable ». C'est la situation dans laquelle la structure risque le plus de se rompre suite aux conditions environnementales.

Le positionnement de la charge au centre de la travée est la situation la plus défavorable pour une structure de poutres triangulées.



Combien pensez-vous qu'elle pourra supporter ?

La structure est plutôt faible pour l'instant, mais vous allez la renforcer au fur et à mesure dans ce guide. À quelle force maximale peut-elle résister ? Faites une estimation.

Force = _____ N

Remarque : si vous êtes en train de penser en termes de livres (lb), convertissez en unités métriques. Vous pouvez convertir les livres en newtons (N) par cette formule :

$$1 \text{ lb} = 4,4482 \text{ N}$$

Définition des unités

La définition des **Options** permet de garantir la cohérence des résultats tout au long de l'analyse. Dans cet exemple, les unités mm et MPa seront sélectionnées.

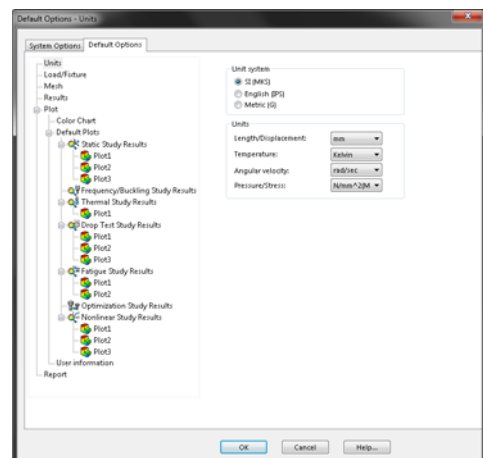
Comment y accéder

- Menu : **Simulation, Options**

3 Définir les unités.

Cliquez sur **Simulation, Options** puis sélectionnez l'onglet **Options par défaut**. Sous **Unités**, sélectionnez **mm** pour **Longueur/Déplacement** et **N/mm^2 (MPa)** pour **Pression/Contrainte**.

Cliquez sur **OK**.



Prétraitement


La première phase de l'analyse structurelle est le prétraitement, pour collecter toutes les informations nécessaires et les appliquer au modèle de simulation. Au nombre des informations que nous fournirons ou créerons se trouvent :

- ❑ **Matériau** - Le matériau des poutres.
- ❑ **Déplacements imposés** - Les emplacements qui ne peuvent pas se déplacer librement.
- ❑ **Chargements externes** - Les forces appliquées au modèle.
- ❑ **Maillage** - Un modèle de simulation basé sur le modèle qui fractionne les poutres en petites sections appelées des éléments.

Matériau

Le matériau est une valeur obligatoire qui définit les propriétés matérielles et l'apparence de la géométrie du modèle. Dans ce cas, il sera appliqué simultanément à toutes les poutres.

Comment y accéder

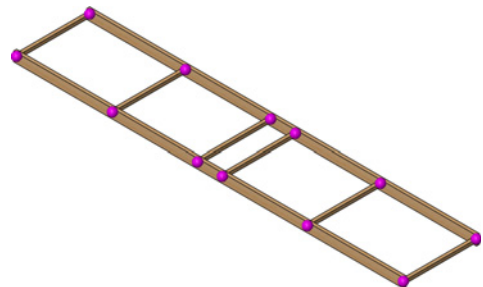
- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Simulation > Appliquer un matériau** 
- Menu : **Simulation, Matériau**
- Arbre d'Études Simulation : cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur le nom de la pièce et sélectionnez **Appliquer matériau à tout**

4 Définir le matériau.

Cliquez sur **Simulation, Matériau, Appliquer un matériau à tout**. Développez le dossier *Woods* et cliquez sur le matériau *Balsa*. Cliquez sur **Appliquer** puis sur **Fermer**.

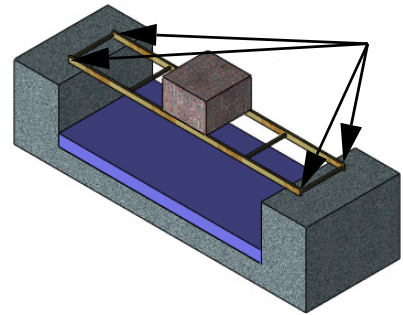
Que sont les connexions ?

Les connexions sont générées automatiquement là où les lignes de construction des poutres se rencontrent. Ces connexions serviront à identifier les déplacements imposés et les chargements externes qui suivent.



Déplacements imposés


Les déplacements imposés servent à limiter les mouvements de certains points dans le modèle. Les déplacements imposés sont affectés aux points où les extrémités de la structure reposent sur la butée.



Quel type de déplacements imposés ?

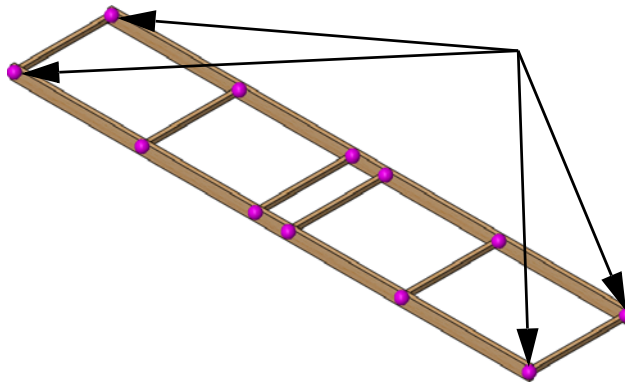
Dans ce projet, le pont sera placé sur la butée pour lui permettre d'enjamber la travée. Le pont entrera en contact avec la butée mais ne sera ni collé, ni attaché de quelque façon que ce soit.

Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager :  **Simulation > Conseiller Déplacements imposés > Géométrie fixe**
- Menu : **Simulation, Actions extérieures, Déplacements imposés**
- Arbre d'Études Simulation : cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Déplacements imposés** et sélectionnez **Géométrie fixe**


5 Ajouter des déplacements imposés.

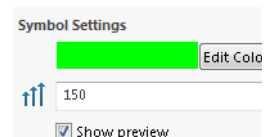
Cliquez sur **Simulation, Actions extérieures, Déplacements imposés**. Cliquez sur **Immobile** (pas de translation)  et sélectionnez les connexions comme indiqué.



Remarque : Pour corriger les erreurs, cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur la case rose où les sélections sont listées et sélectionnez **Annuler les sélections**. Quand la case est vide, recommencez la sélection.

6 Taille des symboles.

Développez la section **Paramètres des symboles** et augmentez la **Taille des symboles** à **150**. Les symboles deviennent plus grands et plus visibles. Cliquez sur .

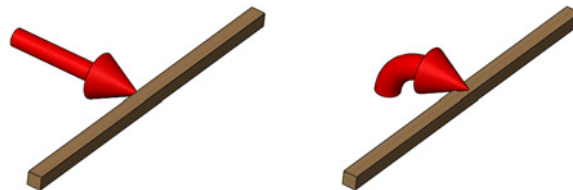


Forces externes

La force totale s'exerçant sur la structure est divisée en quatre forces égales de **5 N** situées près du centre de la structure.

Forces

Les forces ont une direction et une valeur (amplitude). Il peut s'agir d'une *force* directe, comme un poids suspendu, ou d'un *moment* qui pivote et fléchit comme lorsqu'on tourne une poignée de porte.



Gravité


La gravité utilise le poids de la structure comme une charge. Celle-ci ne joue pas de rôle dans ce projet et ne sera pas prise en compte.

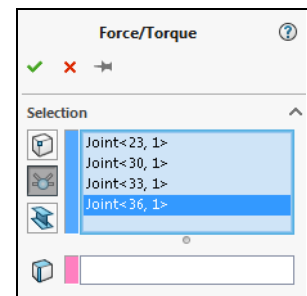
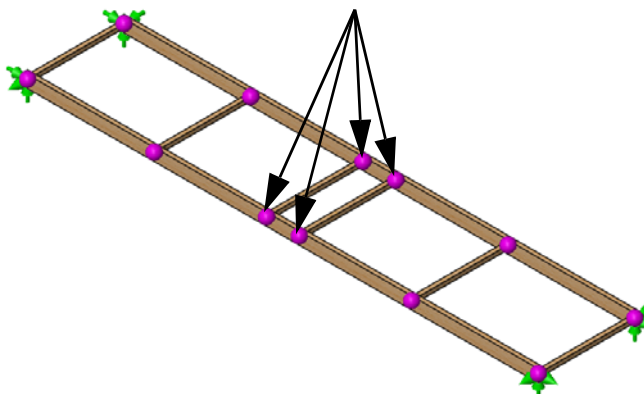
Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Simulation > Conseiller Chargements externes** > **Force**
- Menu : **Simulation, Actions extérieures, Force**
- Arbre d'Études Simulation : cliquez avec le bouton droit de la souris sur **Chargements externes** et sélectionnez **Force**



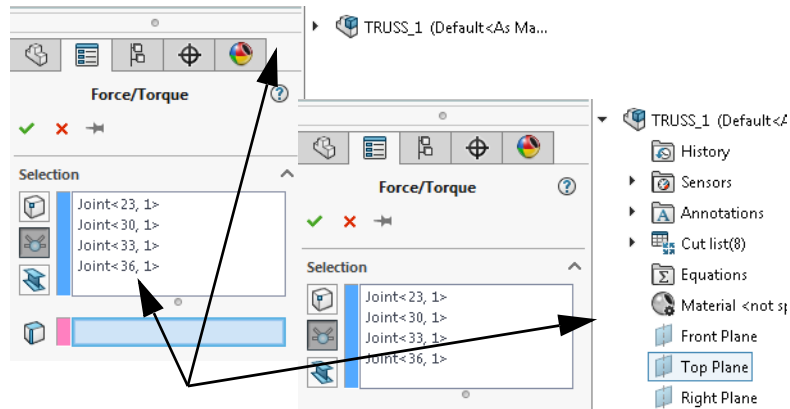
7 Ajouter des forces.

Cliquez sur **Simulation, Actions extérieures, Force**. Cliquez sur **Connexions**  et sélectionnez les connexions comme indiqué.



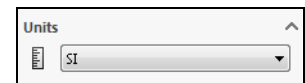
8 Définir la direction.

Cliquez dans le champ **Direction** et développez l'Arbre de Création FeatureManager mobile. Cliquez sur la fonction *Plan Dessus*.





9 Définir les unités.

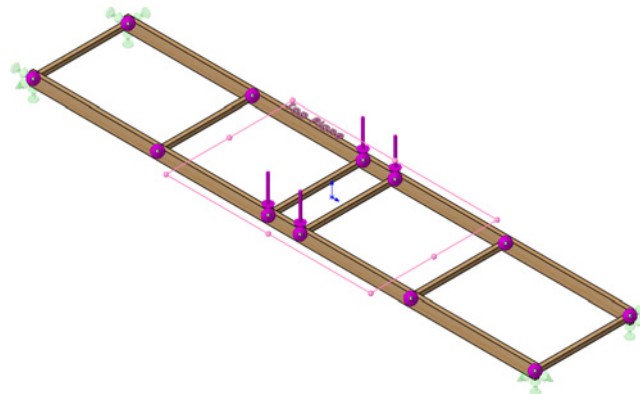
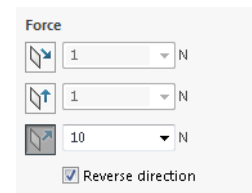
Vérifiez que les **Unités** sont définies sur **SI**.



10 Affecter la force.

Cliquez sur **Normal au plan**  et définissez la valeur sur **10 N** comme montré. Cliquez sur **Inverser la direction** pour que les flèches pointent vers le bas.

Cliquez sur .



Conseil : les options **Paramètres des symboles** peuvent être utilisées comme celles des déplacements imposés pour augmenter ou réduire la taille du symbole. Le réglage est sur **150**.

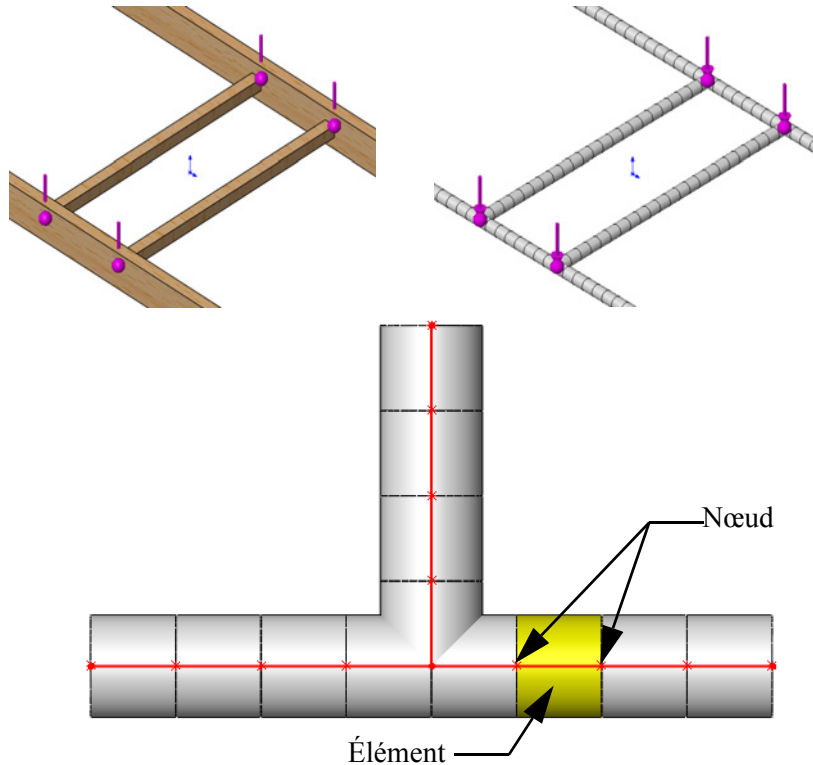
11 Enregistrer.

Cliquez sur **Enregistrer**  pour enregistrer le modèle et les données de simulation.



Conseil : Il est conseillé d'enregistrer régulièrement votre travail afin d'éviter la perte accidentelle de données.

Maillage du modèle

Le maillage doit être créé pour générer les petites sections utilisées dans l'analyse. Le modèle de l'analyse est composé d'une série de nœuds et d'éléments connectés.

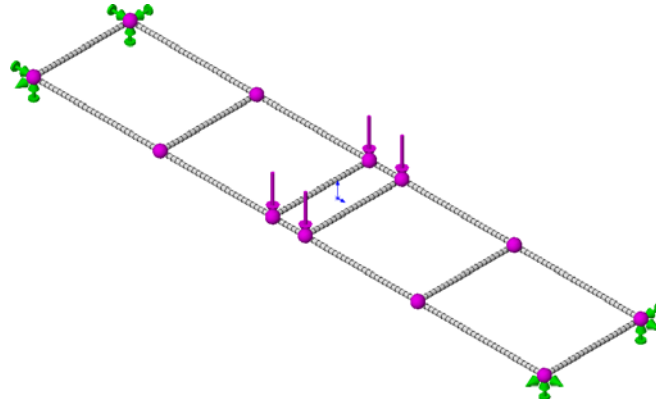


Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Simulation > Exécuter**  >
Créer le maillage 
- Menu : **Simulation, Maillage, Créer**
- Arbre d'Études Simulation : cliquez avec le bouton droit de la souris sur **Maillage** et sélectionnez **Créer maillage**

12 Maillage.

Cliquez sur **Simulation, Maillage, Créer**. Les maillages sont créés en utilisant la géométrie du modèle.



Remarque : Cette étape est automatiquement incluse dans **Simulation, Exécuter**, mais elle est montrée ici pour mettre en évidence le maillage.



Analyse

La partie de l'analyse est la plus facile. SOLIDWORKS Simulation utilise vos données et accomplit automatiquement la procédure pour obtenir les résultats. Vous allez utiliser les paramètres par défaut, donc ces résultats apparaissent plus vite.

Attentes

Dans la leçon précédente, nous avons utilisé les calculs de flexion pour déterminer un déplacement approximatif sur la base d'une analyse simplifiée d'une poutre en appui simple. L'analyse a déterminé que le déplacement était d'approximativement **35 mm**. Nous nous attendons à ce que le déplacement résultant de l'analyse de simulation soit du même ordre de grandeur, entre **3,5 mm** et **350 mm**, de préférence proche du résultat de **35 mm**.

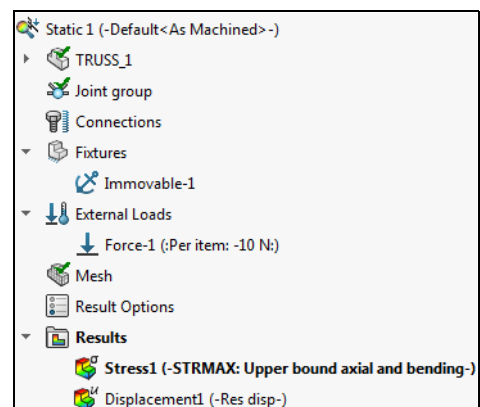
Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Simulation > Exécuter**  > **Exécuter** 
- Menu : **Simulation, Exécuter**
- Arbre d'Études Simulation : cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur le nom de l'étude et sélectionnez **Exécuter**

13 Exécuter.

Cliquez sur **Simulation, Exécuter**. Lorsque l'analyse sera terminée, vous verrez deux fonctions dans le dossier *Results* de l'Arbre d'Études Simulation.

La simulation est prête pour le post-traitement.



Éléments de terminologie

Tant que l'analyse est en cours, voyons quelques termes qui vous aideront à interpréter les résultats.

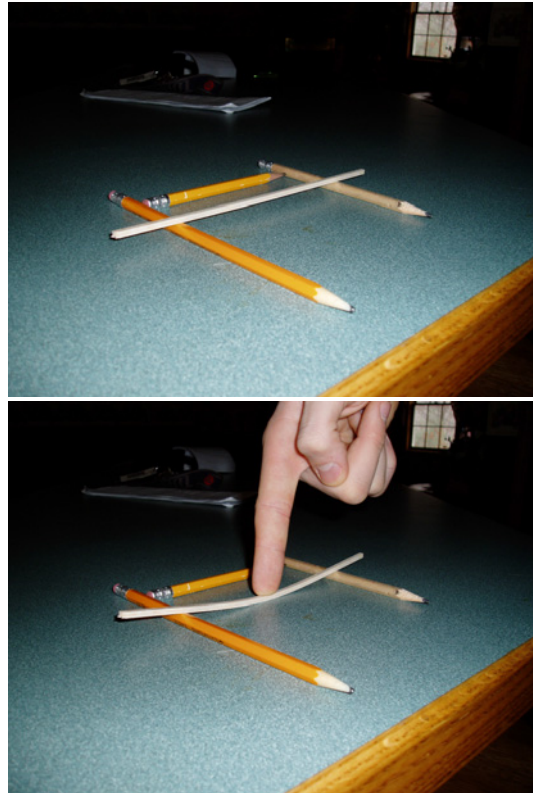
Flexion et déplacement

La **flexion** est causée par une charge appliquée à une poutre. La charge fait fléchir la poutre et la déplace dans la direction de la charge.

Le **déplacement** est mesuré par rapport à la position d'origine de la poutre. Le déplacement de « cas le plus défavorable » survient quand la charge se trouve au centre de la poutre.

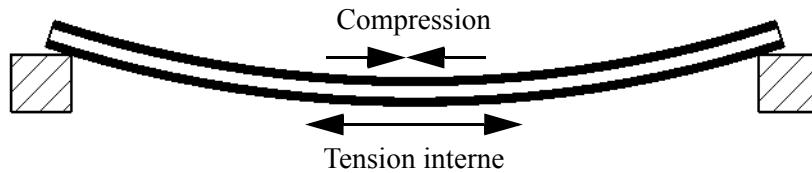
Il est possible de voir le déplacement s'il est assez important, mais il est généralement très faible.

Y a-t-il un endroit chez vous où le plancher craque quand vous marchez dessus ? Ce bruit est provoqué par le déplacement de la poutre du plancher qui se courbe sous la charge, c'est-à-dire votre poids.



Tension et compression

Lors de sa flexion, la partie supérieure de la poutre (la face où la charge est appliquée) se comprime (se rapproche) alors que la face opposée est en tension interne (en étirement).



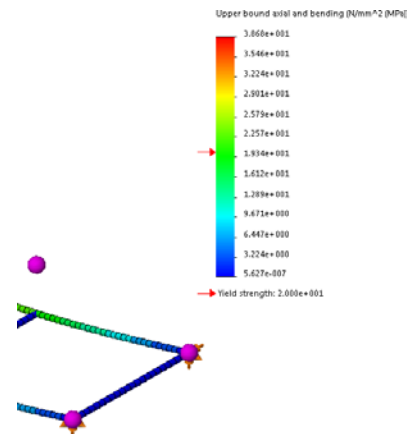
Recherchez **tension interne et compression** pour plus d'informations.

Contraintes

La contrainte est une quantité mesurée par une force par unité de surface dans une structure, induite par les charges externes appliquées à l'extérieur de la structure. Vous ne voyez pas la contrainte mais elle peut entraîner la rupture de votre structure.

Les unités courantes sont les newtons par mètre carré, les pascals et les livres par pouce carré (psi).

La contrainte peut causer la rupture de la poutre sous une charge. SOLIDWORKS Simulation fournit des tableaux indiquant les zones de forte et de faible contrainte dans la structure.



Limite d'élasticité

Combien la poutre peut-elle supporter avant de rompre ? Nous allons utiliser la **limite d'élasticité** comme limite de résistance de la poutre en fonction des contraintes qu'elle subit. Le matériau comme la section de la poutre contribuent à cette résistance.

Remarque : Pour les métaux, le matériau plie souvent sous la charge mais revient à sa forme d'origine lors du retrait de la charge. La limite d'élasticité est le point où le matériau fléchit et reste fléchi après retrait de la charge. Cette déformation est appelée plastique.

Coefficient de sécurité

Le **coefficient de sécurité** est un moyen rapide de voir les résultats de l'analyse. Il est défini comme le rapport de la contrainte la plus élevée à la contrainte limite du matériau. Si le **coefficient de sécurité** > 1 , la structure est sûre. Si le **coefficient de sécurité** < 1 , la structure n'est pas sûre.

Remarque : Les ingénieurs utilisent le plus souvent un coefficient de sécurité supérieur à 2. Les structures sont généralement « surcalculées » pour assurer la sécurité et la fiabilité.



Recherchez **contrainte (physique)**, **limite d'élasticité** ou **coefficient de sécurité** pour plus d'informations.

Post-traitement

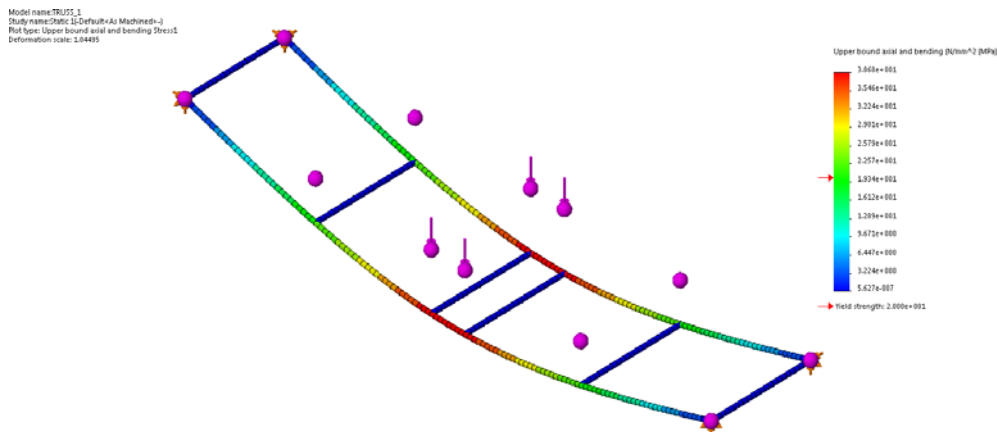
Une fois l'analyse terminée, le post-traitement peut commencer. Le post-traitement crée deux tracés que vous pouvez consulter et modifier dans le dossier *Results* de l'Arbre d'Études Simulation. Ces tracés vous aideront à comprendre et modifier la structure de pont.

Quand le post-traitement débute, deux tracés sont publiés dans le dossier *Results* : *Stress 1 (-STRMAX-High axial and bending)* et *Displacement 1 (-Res disp-)*.

Le tracé de contrainte est sélectionné et affiché automatiquement.

14 Distribuer les contraintes.

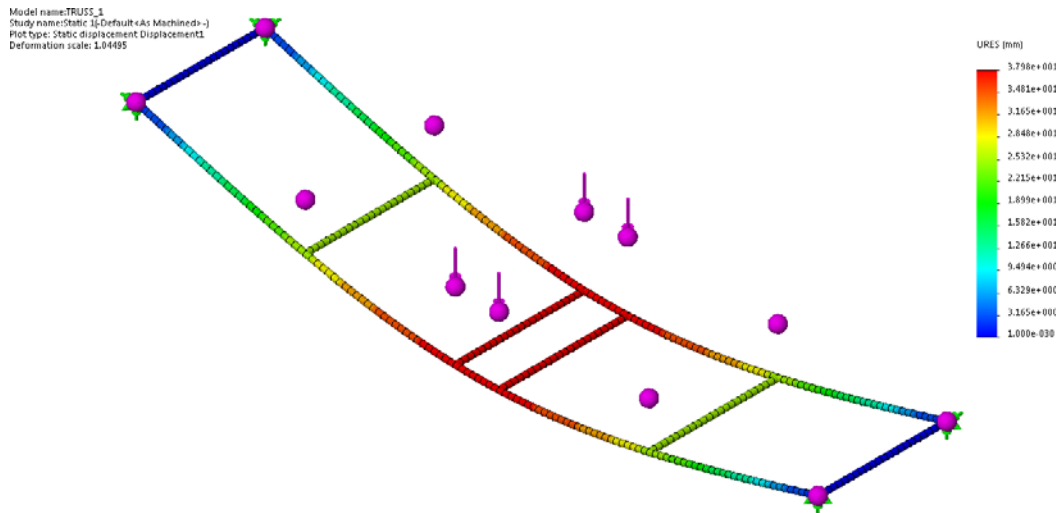
L'affichage présente le modèle avec déplacement. La **distribution des contraintes** est représentée par les couleurs sur le modèle déplacé. La légende indique la distribution; les couleurs chaudes désignent les contraintes élevées, les couleurs froides représentent les contraintes plus faibles.



Remarque : les connexions ● peuvent être cachées. Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur *Groupe de connexions* et sélectionnez **Cacher** ou **Montrer**.

15 Déplacement.

Faites un double-clic sur le tracé *Displacement1 (-Res disp-)* pour l'afficher.



Interprétation des résultats

Les tracés de contrainte et déplacements sont utiles parce qu'ils nous donnent les valeurs réelles et indiquent à quels endroits elles sont les plus élevées. Qu'est-ce qu'un MPa ? Voyons ce que ces résultats signifient. Voici les résultats jusqu'ici (*les vôtres peuvent être différents*) :

Contrainte	Déplacement
38,683 MPa (mégapascals)	3798e + 001 mm

Chiffres

Le déplacement est représenté en notation scientifique. (Vos résultats peuvent avoir une combinaison de formats différente).

3,798e+001 signifie $3,798 \times 10^1$ ou $3,798 \times 10^1 = 3,798 \times 10 = \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Qu'est-ce que cela représente en pouces ? Divisez le résultat ci-dessus par 25,4 = po

Unités



Il est important de comprendre les unités quand vous interprétez les résultats. Les unités de longueur telles que les mm ou les pouces sont familières. La contrainte ne l'est peut-être pas. Les unités de contrainte sont les unités de pression, elles mesurent la force/surface. Vous avez peut-être vu l'unité psi (livres par pouce carré) en gonflant un pneu de bicyclette. Voici une pression de pneu en unités usuelles :

60 psi = $4,136854 \times 10^5$ Pa = 0,4136854 MPa (1 MPa = $1 \text{ N/mm}^2 = 1\,000\,000$ Pa)

Création d'un nouveau tracé

Ce que nous devons savoir : quelle contrainte la structure peut-elle supporter ? La meilleure solution consiste à créer un tracé de **coefficient de sécurité**. Ce processus comprend trois étapes.

Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager :
Simulation > Conseiller Résultats  **> Nouveau tracé > Coefficient de sécurité** 
- Arbre d'Études Simulation : cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur le dossier *Results* et sélectionnez **Définir un tracé du coefficient de sécurité**


16 Tracé du coefficient de sécurité.

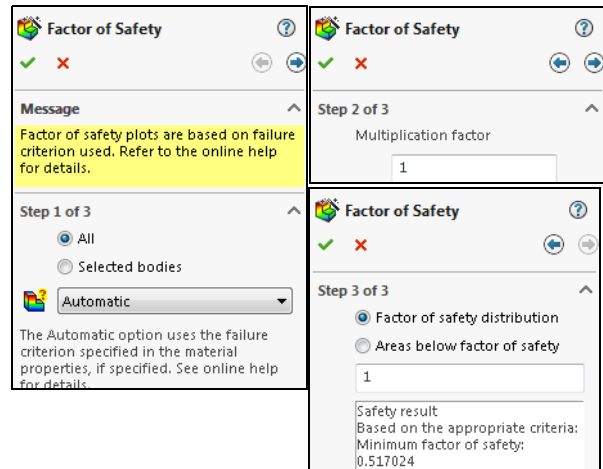
Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur le dossier *Results* dans l'Arbre d'Études Simulation et sélectionnez **Définir un tracé de coefficient de sécurité**.

Gardez les paramètres par défaut puis cliquez sur **Suivant** .

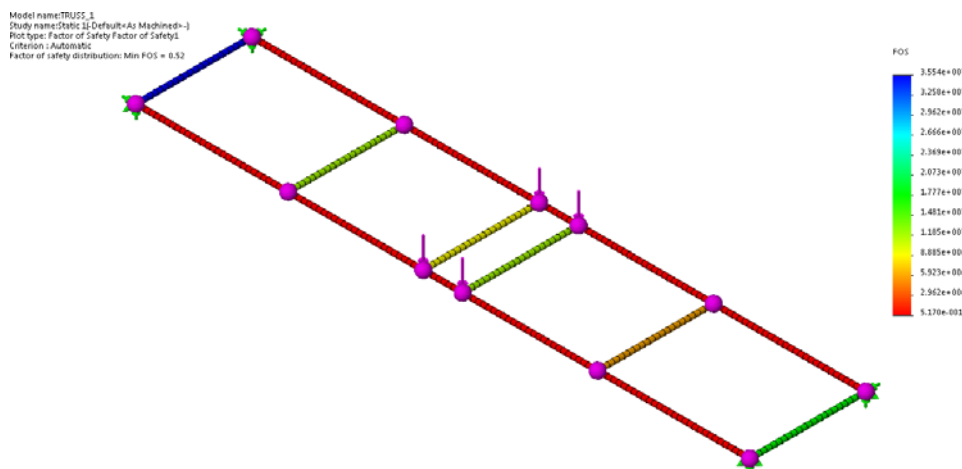
Gardez le **Multiplicateur** à 1 puis cliquez sur **Suivant** .

Cliquez sur **Zones en dessous du coefficient de sécurité**.

Cliquez sur .



Remarque : Le coefficient de sécurité actuel est de 0,517024 (soit environ 0,5) dans la boîte de dialogue. Cette valeur est inférieure au minimum (au moins 1). Le tracé s'affiche coloré entièrement en bleu ou en rouge.



Qu'est-ce que le tracé de coefficient de sécurité nous apprend ?

Les zones en dessous du coefficient de sécurité sont indiquées en rouge dans le tracé. Si un coefficient de sécurité de **1** est la limite, la charge est trop lourde pour être supportée par la structure.

La charge doit être diminuée.

Itération des modifications

Puisque la structure ne peut pas supporter la charge, l'étape suivante est de savoir quelle charge la structure peut supporter. Pour cela nous allons modifier la charge, en réanalysant la structure jusqu'à obtenir un coefficient de sécurité d'environ 1. Cette méthode est appelée *itération*.

Détermination de la charge

Avant de faire une itération de modification et réduire la charge, nous devons décider de la quantité de réduction nécessaire. Les informations actuelles nous indiquent que le coefficient de sécurité est d'environ **0,5** pour une charge de $4 \times 10 \text{ N} = 40 \text{ N}$.

Si nous multiplions le coefficient de sécurité par la charge totale, le résultat doit donner un coefficient de sécurité d'environ 1.

Coefficient de sécurité X Charge totale = $0,5 \times 40 \text{ N} = 20 \text{ N}$ ou **5 N** par face

L'itération va nous permettre de ré analyser le modèle pour voir si cette formule peut être validée.


Modification des données de simulation

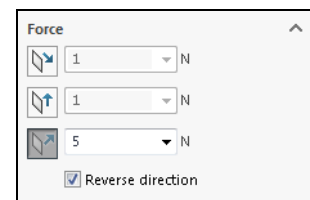
Les données de simulation, telles qu'un chargement externe, peuvent être modifiées pour refléter la nouvelle valeur. Les résultats ne seront mis à jour que lorsque l'analyse aura été exécutée de nouveau.

Comment y accéder

- Menu contextuel : cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur la fonction de déplacement imposé ou de chargement et sélectionnez **Éditer la définition**

17 Modifier le chargement externe.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur la fonction *Force-1* (:Per item: -10 N:) et sélectionnez **Éditer la définition**. Définissez le chargement sur **5N** et cliquez sur .



18 Exécuter de nouveau.

Cliquez sur **Simulation, Exécuter** pour exécuter l'analyse de nouveau.

19 Coefficient de sécurité.

Double-cliquez sur le résultat *Factor of Safety1 (-Automatic-)*. Le coefficient de sécurité FOS est bleu, ce qui signifie qu'il est supérieur à 1.

20 Fermez la pièce.

Cliquez sur **Fichier, Fermer** puis cliquez sur **Enregistrer** pour enregistrer les modifications.

Conclusion

L'analyse montre à l'évidence que la structure était inadaptée pour supporter la charge initiale. Nous avons pu, à l'aide de SOLIDWORKS Simulation, effectuer une itération pour trouver la charge la plus élevée que la structure pouvait supporter.

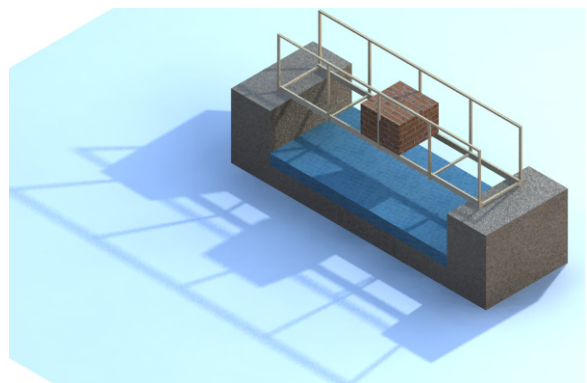
Leçon 4 : Modification des conceptions

Objectifs de cette leçon

- ❑ Comprendre l'importance de l'entretoisement croisé ;
- ❑ Trouver la charge maximale ;
- ❑ Afficher des tracés de déplacement ;
- ❑ Modifier les tracés et les tableaux pour améliorer la visualisation ;
- ❑ Calculer le rapport résistance/poids.

Ajout à la conception

Suite à l'analyse de la structure par SOLIDWORKS Simulation, nous pouvons conclure que la structure nécessite un renforcement. Cette version a ajouté des parois latérales qui renforcent la conception et lui permettent de supporter des charges supérieures.



Ouverture du modèle

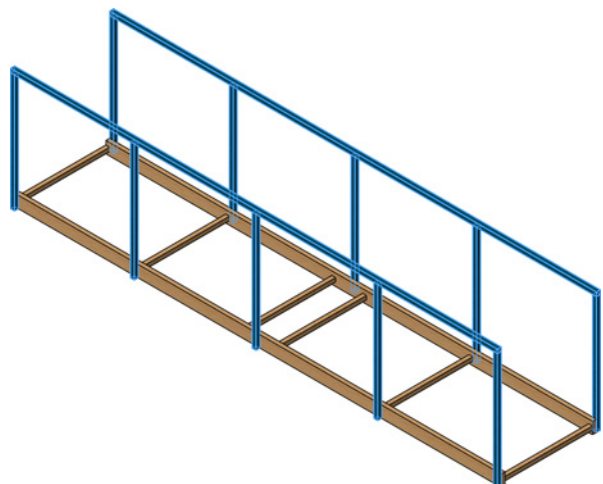
1 Ouvrir le fichier pièce.

Cliquez sur **Ouvrir** .

Dans la fenêtre **Ouvrir**, naviguez jusqu'au dossier *Bridge Design Project\Student\Lesson 4*.

Sélectionnez *TRUSS_2.sldprt* et cliquez sur **Ouvrir**.

Cette version a des côtés constitués d'éléments verticaux et horizontaux.

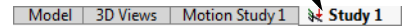


Étude existante

Cette pièce est la même que la précédente, avec l'ajout des parois. On y trouve également une étude *Study 1* qui comporte les mêmes valeurs que la pièce précédente.

2 Accéder à une étude existante.

Cliquez sur l'onglet *Study 1* dans la partie inférieure gauche de l'écran. L'Arbre d'Études Simulation s'affiche. L'analyse comporte des déplacements imposés, des chargements externes et un maillage.



3 Exécuter l'analyse.


Cliquez sur **Simulation, Exécuter**.

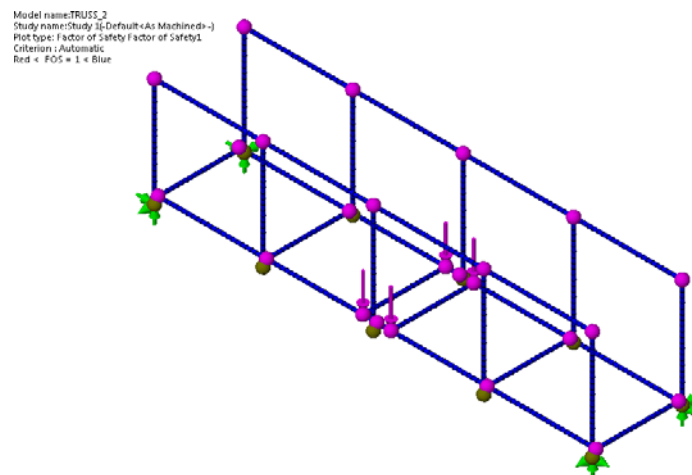
La simulation est prête pour le post-traitement. Veuillez noter que le tracé de coefficient de sécurité *n'est pas* créé automatiquement.

4 Tracé du coefficient de sécurité.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur le dossier *Results* dans l'Arbre d'Études Simulation et sélectionnez **Définir un tracé de coefficient de sécurité**. Suivez les mêmes étapes qu'à la section Création d'un nouveau tracé à la page 41.

5 Étiquettes.

À l'aide du bouton droit de la souris, cliquez sur le résultat *Factor of Safety1 (-FOS-)* et sélectionnez **Options de graphique**. Cliquez sur **Montrer annotation min** puis sur .




Les résultats montrent que le coefficient de sécurité a diminué par rapport à la charge initiale similaire dans la leçon précédente.

Modification de la charge

Nous allons augmenter le chargement externe et, par itération, voir combien cette version de la structure peut supporter, en visant, ici encore, un coefficient de sécurité de **1**. Dans la leçon précédente, nous avons appris que la multiplication de la charge totale par le coefficient de sécurité a donné la charge maximum permise.

$$20\text{N} \times 0,684 = 13,68\text{N} \text{ chaque charge est égale à } 13,68\text{N} / 4 = \mathbf{3,42\text{N}}$$

6 Modifier le chargement externe.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur la fonction *Force-1* (:Per item: -5 N:) et sélectionnez **Editer la définition**. Définissez la charge sur **3,42 N** et cliquez sur .

7 Exécuter de nouveau.

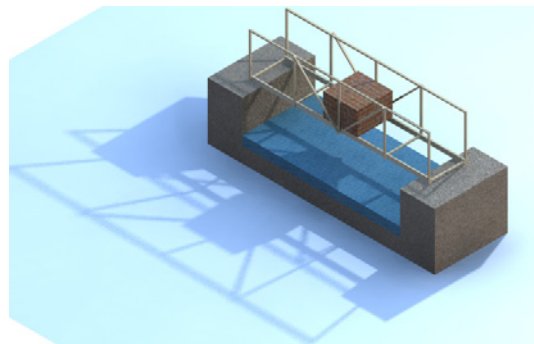
Cliquez sur **Simulation, Exécuter** pour exécuter l'analyse de nouveau. Le coefficient de sécurité minimum devrait de nouveau être proche de 1.

8 Fermer la pièce.

Cliquez sur **Fichier, Fermer** puis cliquez sur **Enregistrer** pour enregistrer les modifications.

Entretoisement croisé

Dans une leçon précédente, nous avons exposé l'intérêt des triangles et de l'entretènement croisé (Triangles à la page 8). Nous allons nous intéresser à une structure avec un entretènement croisé pour voir comment cela modifie les résultats. Comme précédemment, la charge conserve la valeur précédente (**3,42 N** en quatre emplacements) et tout est identique à l'exception des entretènements supplémentaires.



Ouverture du modèle

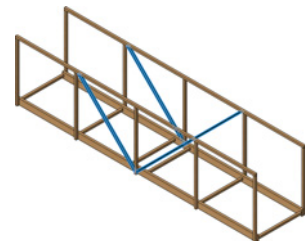
1 Ouvrir le fichier pièce.

Cliquez sur **Ouvrir** .

Dans la fenêtre **Ouvrir**, naviguez jusqu'au dossier *Lesson 4*.

Sélectionnez *TRUSS_3.sldprt* et cliquez sur **Ouvrir**.

Cette version est comparable à la précédente avec l'ajout de quelques entretènements supplémentaires dans la partie centrale.

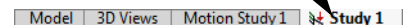


Étude existante

Cette pièce est la même que la précédente, avec l'ajout de quelques entretènements supplémentaires. On y trouve également une étude *Study 1* qui comporte les mêmes valeurs que la pièce précédente.

2 Accéder à une étude existante.

Cliquez sur l'onglet *Study 1* dans la partie inférieure gauche de l'écran. L'Arbre d'Études Simulation s'affiche. L'analyse comporte des déplacements imposés, des chargements externes et un maillage.




3 Exécuter l'analyse.

Cliquez sur **Simulation, Exécuter**.

La simulation est prête pour le post-traitement. Créez le tracé du coefficient de sécurité. La valeur est supérieure à 1 (ajoutez les étiquettes à l'aide de la procédure décrite dans étape 5 à la page 46).

4 Modifier le chargement externe.

Cliquez à l'aide du bouton droit sur la fonction *Force-1* et sélectionnez **Editer la définition**. Définissez la charge sur **5,4 N** et cliquez sur .

5 Exécuter de nouveau.

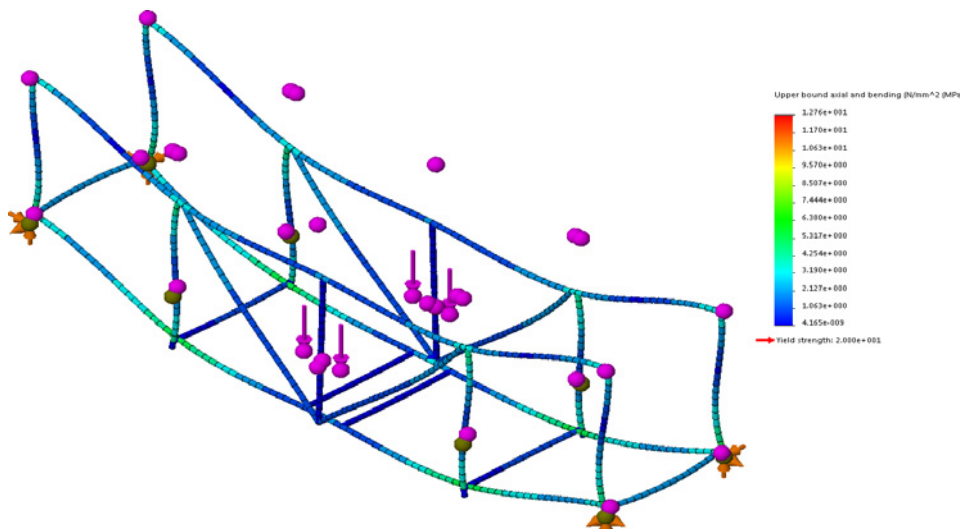
Cliquez sur **Simulation, Exécuter** pour exécuter l'analyse de nouveau. Le coefficient de sécurité minimum devrait de nouveau être proche de **1**.

Qu'a apporté l'entretoisement croisé ?

L'entretoisement croisé crée des triangles qui « rigidifient » le bâti et l'aident à résister à la flexion et à la torsion. Pour donner une idée de cette efficacité, observons les résultats.

6 Tracé des contraintes.

Double-cliquez sur le tracé *Contrainte1* (-STRMAX: Contrainte axiale et de flexion limite supérieure-) pour voir le tracé des contraintes.




Utiliser les tracés

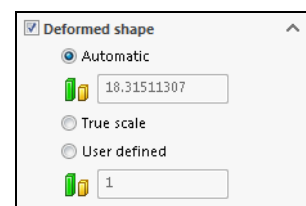
De nombreuses options permettent de rendre les tracés plus faciles à lire et comprendre. Nous allons examiner certaines des options permettant de modifier l'apparence.

Facteur de tracé des déformations



Les déplacements représentés par la déformée de la pièce soumise aux contraintes peuvent sembler trop importants. Pour exagérer le déplacement, vous pouvez définir la déformée sur une valeur **Automatique** ou **Définie par l'utilisateur** de votre choix.

7 Déformée.



Cliquez avec le bouton droit de la souris sur le tracé *Contrainte1* (-STRMAX: Contrainte axiale et de flexion limite supérieure-) et sélectionnez **Editer la définition**. Vérifiez que les options **Déformée** et **Automatique** sont sélectionnées. Cliquez sur .

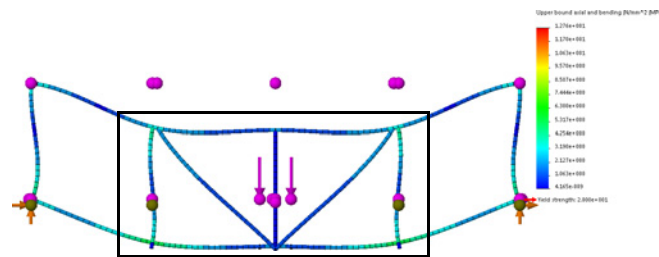


Comment y accéder

- Barre d'outils Affichage de type visée haute : **Orientation de la vue** , **Face** 
- Raccourci clavier : **Ctrl+1**

8 Vue de face.

Cliquez sur **Face**  depuis l'icône **Orientation de la vue**  et observez la distribution des contraintes du modèle depuis l'avant. La section centrale entretoisée du modèle conserve mieux sa forme que les parties d'extrémité en raison de la résistance ajoutée par les entretoises.



Superposition du modèle

Les options **Paramètres** vous permettent de superposer la forme non déformée et de modifier l'apparence du tableau pour montrer des changements de couleur distincts.


Comment y accéder

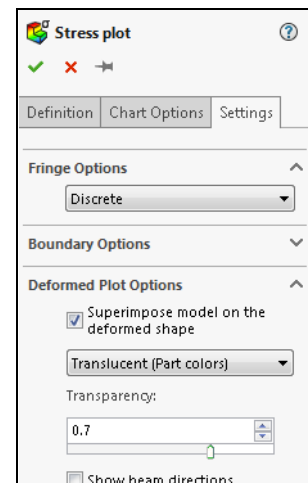
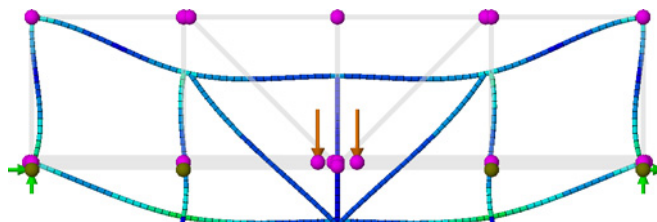
- Menu contextuel : cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur un tracé, puis sélectionnez **Paramètres**

9 Paramètres.

Cliquez avec le bouton droit de la souris sur le tracé *Contrainte1* (-STRMAX: Contrainte axiale et de flexion limite supérieure-) et sélectionnez **Paramètres**.

Sous **Options de contour**, sélectionnez **Discret**. Sous **Options de tracé de la déformée**, cliquez sur **Superposer le modèle et sa déformée** et définissez la **Transparence** sur **0,7**.

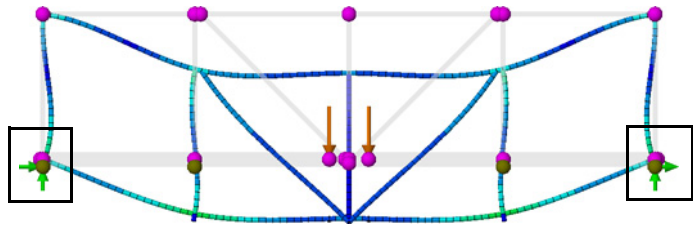
Cliquez sur .



Remarque : le titre et les tableaux de couleurs peuvent être déplacés par glisser-déposer.

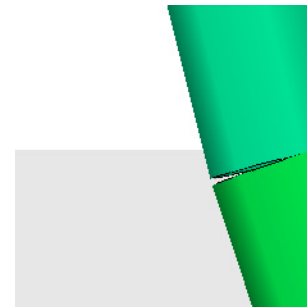
Le maillon le plus faible

Vous connaissez sans doute l'expression « le maillon faible » ? La signification littérale désigne la partie la plus vulnérable d'une chaîne, le maillon qui risque le plus probablement de casser.



Si vous observez de près la section inférieure gauche de l'image, vous verrez l'étiquette de la valeur de contrainte la plus élevée. C'est le maillon le plus faible, la zone de *forte contrainte*.

Il doit y avoir une zone de forte contrainte (rouge) similaire à droite, près du déplacement imposé. Faites un zoom pour le voir.

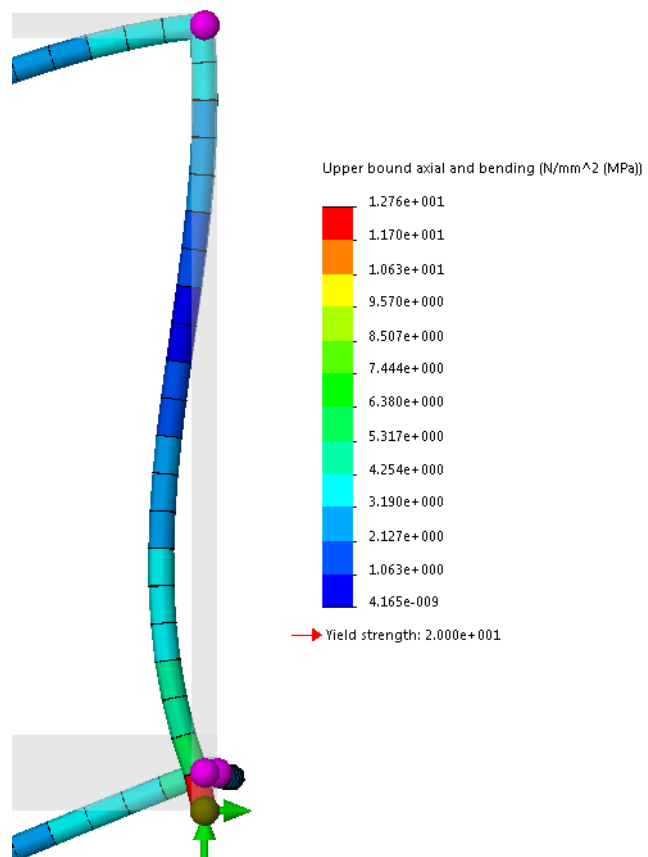


Couleurs de distribution des contraintes

La distribution des contraintes inclut toujours une légende de couleurs permettant d'associer ces couleurs à des valeurs de contrainte réelle. La contrainte la plus élevée est de couleur rouge/orange/jaune, la plus faible dans des teintes de bleu.

SOLIDWORKS Simulation permet d'identifier les « maillons les plus faibles » dans le modèle de façon à pouvoir les réparer.



N'oubliez pas que la contrainte la plus forte ne peut pas entraîner la défaillance du modèle. Suivez la flèche **Limite d'élasticité**, il s'agit là du point de défaillance.



Utilisation d'une sonde

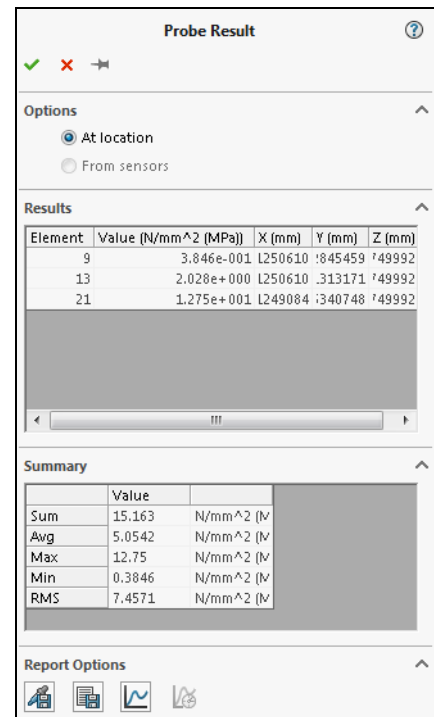
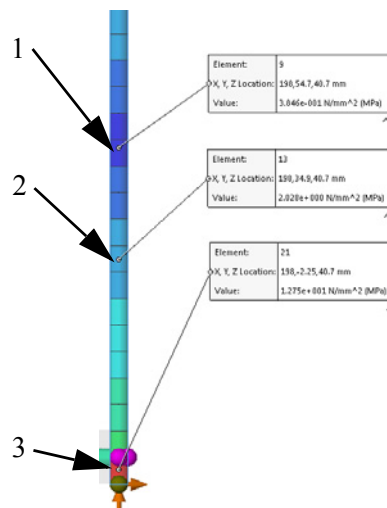
Les sondes vous permettent d'obtenir des informations plus détaillées à partir d'un tracé en sélectionnant directement les éléments. Un élément recevra une étiquette affichant la valeur exacte, selon le type de cet élément. Des tracés peuvent aussi être générés à partir des données de sonde.

Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Simulation > Outils de tracé**  **> Sonde** 
- Menu : cliquez sur **Simulation, Outils résultats, Sonde**


10 Ajouter une sonde.


Cliquez sur **Simulation, Outils résultats, Sonde**. Sélectionnez les éléments dans l'ordre, de haut en bas, comme indiqué. La valeur de contrainte augmente de façon significative du premier au dernier élément sélectionné.

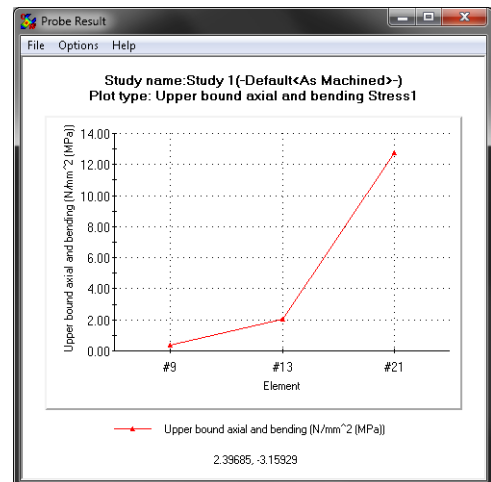


Remarque : faites des sélections similaires à celles qui sont indiquées. Les étiquettes que vous voyez peuvent avoir des valeurs et des nombres d'éléments légèrement différents.



11 Tracé.

Cliquez sur **Tracé**  pour créer la **Sonde des Résultats**. Le tracé montre que le changement de la valeur de contrainte entre ces quelques éléments est énorme.


Cliquez sur le symbole « x » pour fermer la boîte de dialogue **Sonde des Résultats** et cliquez sur  pour fermer le Property Manager **Sonde des Résultats**.



12 Isométrique.


Cliquez sur **Isométrique**  depuis l'icône **Orientation de la vue** .

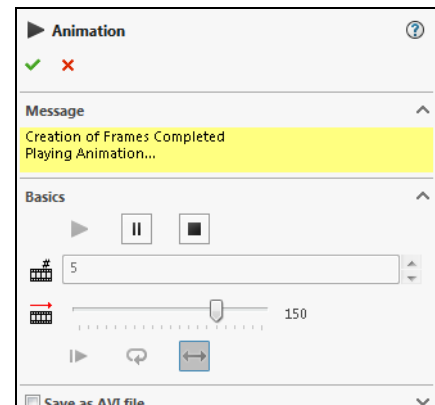
13 Déformée.

Cliquez avec le bouton droit de la souris sur le tracé *Contrainte1 (-STRMAX: Contrainte axiale et de flexion limite supérieure-)* et sélectionnez **Editer la définition**. Cliquez sur **Déformée** et **Automatique**. Cliquez sur .

14 Animer.

Cliquez sur **Simulation, Outils résultats, Animer**. Déplacez le curseur **Vitesse** jusqu'à la valeur **10**, comme indiqué.

Cliquez sur .



Conseil : Le curseur **Images** peut être utilisé pour créer une animation plus fluide en augmentant le nombre d'images.

Modification du format des nombres

Les valeurs accompagnant les tableaux utilisent un format de nombres basé sur la taille. Par exemple, si les nombres sont très faibles ou très élevés, c'est une notation scientifique qui est utilisée. Vous pouvez modifier le format des nombres pour rendre les tableaux plus faciles à lire. Vous voyez ici le même nombre dans trois formats différents.

Scientifique	Flottant	Général
3,727e+000	3,727	3,73

15 Déplacement.

Faites un double-clic sur le tracé *Displacement1 (-Res disp-)*. Les valeurs de déplacement tendent à être faibles et, dans ce tableau, vont de 0 à environ 3 mm. Elles sont en notation scientifique, mais seraient plus faciles à lire en format décimal.


Comment y accéder

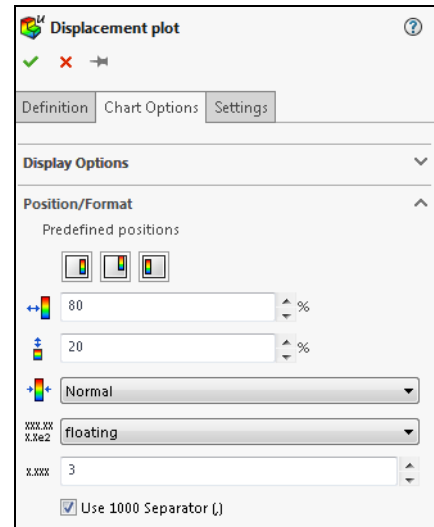
- Menu contextuel : cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur un tracé, puis cliquez sur **Options de graphique**

16 Options de graphique.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur le tracé *Displacement1 (-Res disp-)* et sélectionnez **Options de graphique**. Sous **Position/Format**, sélectionnez **Format du nombre, flottant**.

Les nombres apparaissent dans un format flottant, plus facile à lire.

Cliquez sur .



Solution

Maintenant que les zones faibles ont été identifiées, elles peuvent être traitées. Selon vous, quelle est la meilleure solution pour ce problème ?

- 1 Réduire la charge pour augmenter le coefficient de sécurité à une valeur supérieure à 1.
- 2 Ajouter des entretoises croisées sur les sections non entretoisées.

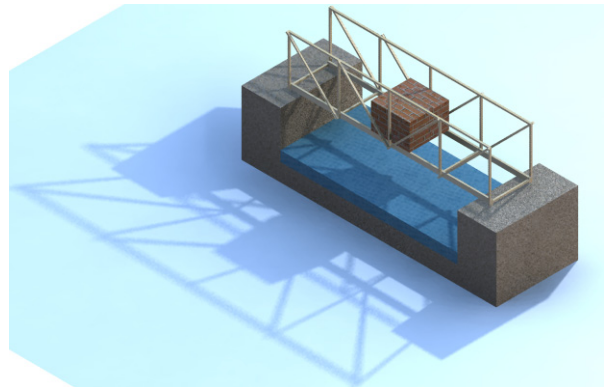
Nous allons choisir la solution 2 puis optimiser la charge sur la structure.

17 Fermer la pièce.

Cliquez sur **Fichier, Fermer** puis cliquez sur **Enregistrer** pour enregistrer les modifications.

Achèvement de l'entretoisement

Pour terminer l'entretoisement croisé, des éléments ont été ajoutés dans les parties extérieures. Voyons ce que cela apporte à la structure.



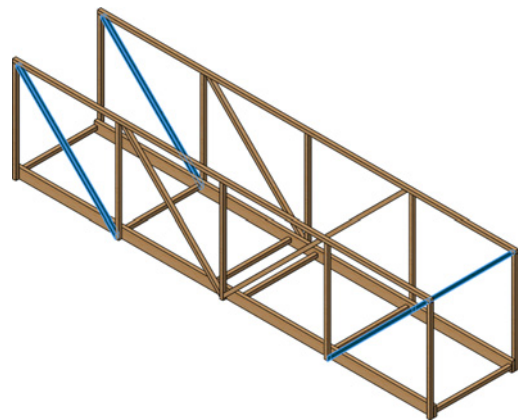
1 Ouvrir le fichier pièce.

Cliquez sur **Ouvrir** .

Dans la fenêtre **Ouvrir**, naviguez jusqu'au dossier *Lesson 4*.

Sélectionnez *TRUSS_4.sldprt* et cliquez sur **Ouvrir**.

Cette version est comparable à la précédente avec un entretoisement croisé complet.



2 Exécuter de nouveau.

Ouvrez l'étude *Study 1* existante et exécutez de nouveau l'analyse.

Comparaison des contraintes

Les entretoises supplémentaires semblent avoir été très efficaces. Comment le savons-nous ? La contrainte maximale a été réduite.

Pensez-vous que le coefficient de sécurité va augmenter ou diminuer ? _____

3 Tracé du coefficient de sécurité.

Créez le tracé du coefficient de sécurité et vérifiez la valeur du coefficient de sécurité.

4 Optimiser le chargement externe.

De nouveau, nous allons optimiser la charge pour un coefficient de sécurité de **1**.

$$5,64 \times 5,4 \text{ N} = \text{_____ N}$$

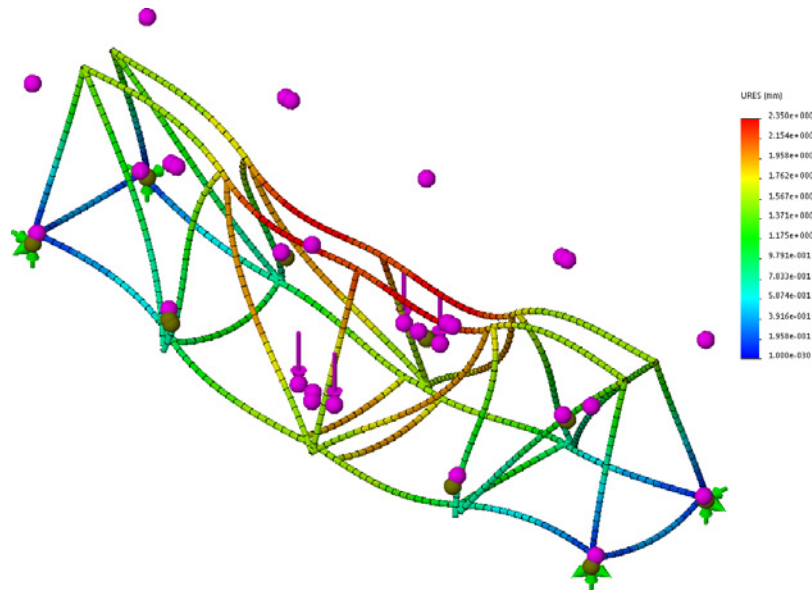
Modifiez la charge externe de la fonction *Force-1* et réglez-la sur **30,46 N**.

5 Exécuter de nouveau.

Cliquez sur **Simulation, Exécuter** pour exécuter l'analyse de nouveau. Le coefficient de sécurité minimum devrait de nouveau être proche de **1**.

6 Déplacement.

Faites un double-clic sur le tracé *Displacement1 (-Res disp-)*. Animez le tracé.



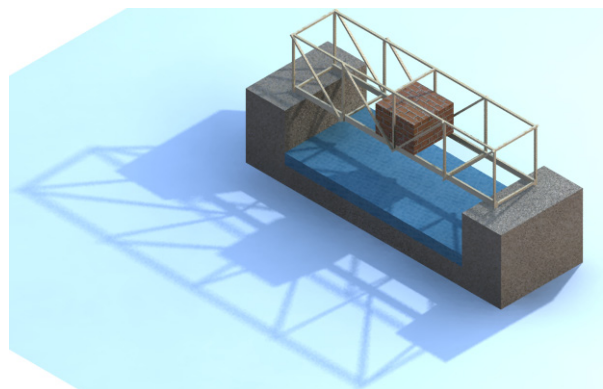
Les déplacements sont plus faibles mais vous pouvez remarquer que le modèle a une forme bizarre. Les parties supérieures des parois penchent vers l'intérieur. Nous devons ajouter des entretoises supplémentaires.

7 Fermer la pièce.

Cliquez sur **Fichier, Fermer** puis cliquez sur **Enregistrer** pour enregistrer les modifications.

Poutres supérieures

Pour terminer la structure, des éléments ont été ajoutés en haut des parois pour les relier. Voyons ce que cela apporte à la structure.



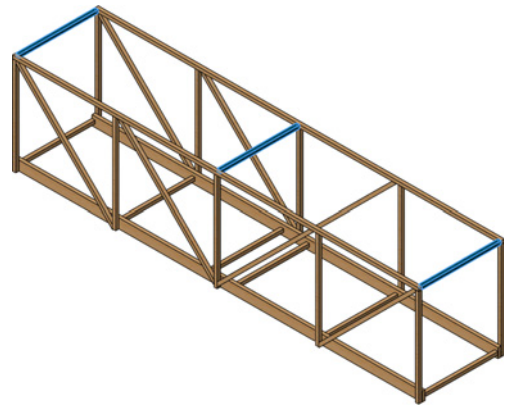
1 Ouvrir le fichier pièce.

Cliquez sur **Ouvrir** .

Dans la fenêtre **Ouvrir**, naviguez jusqu'au dossier *Lesson 4*.

Sélectionnez *TRUSS_5.sldprt* et cliquez sur **Ouvrir**.

Cette version est comparable à la précédente, mais avec trois entretoises supérieures.



2 Ouvrir une étude existante.

Ouvrez l'étude *Study 1* existante.


3 Analyse et modifications.

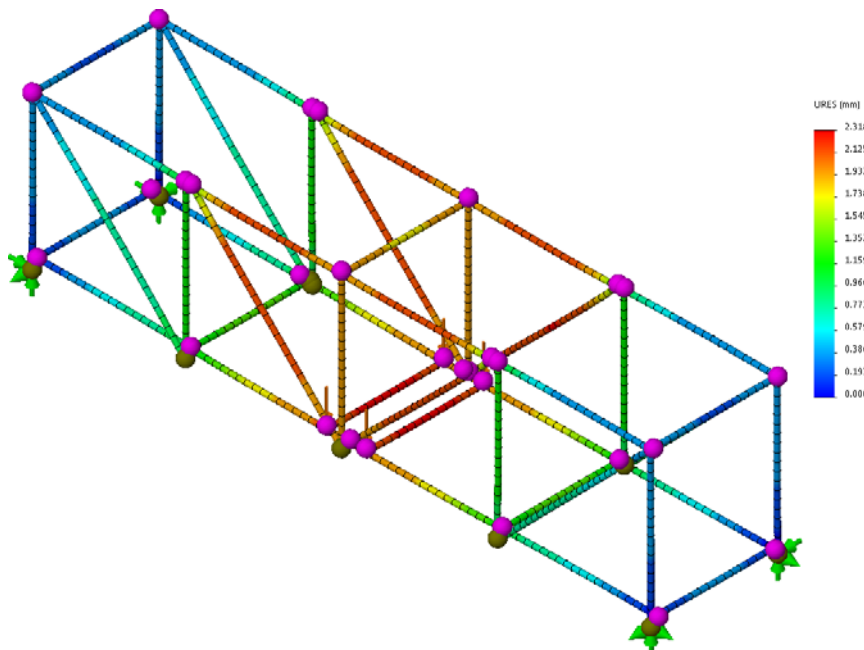
Exécutez l'analyse et créez un tracé de coefficient de sécurité. Le coefficient de sécurité est supérieur à 1.

Pour rapprocher le coefficient de sécurité de 1, modifiez la charge à 37,95 et relancez l'exécution.

4 Déplacement.

Les entretoises supplémentaires ont très peu réduit la charge maximale mais ont réduit le déplacement maximum.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur le résultat du déplacement et sélectionnez **Editer la définition**. Réglez l'option **Déformée** sur **Echelle réelle** et cliquez sur . Vous pouvez aussi cliquer à l'aide du bouton droit sur **Options de graphique** et sélectionner **Flottant** sous **Format du nombre**.




Rapport résistance sur poids

Cette conception fait partie des nombreuses structures capables de supporter une charge. S'il y avait trois structures différentes pouvant supporter trois charges différentes, comment pourrions-nous déterminer la conception la plus efficace ? Le **rapport résistance sur poids** (charge maximale/poids de la structure) peut être utilisé.

Combien pèse notre structure ?

SOLIDWORKS permet de trouver facilement les propriétés de masse. Elles ont été calculées automatiquement pour le modèle.

Comment y accéder

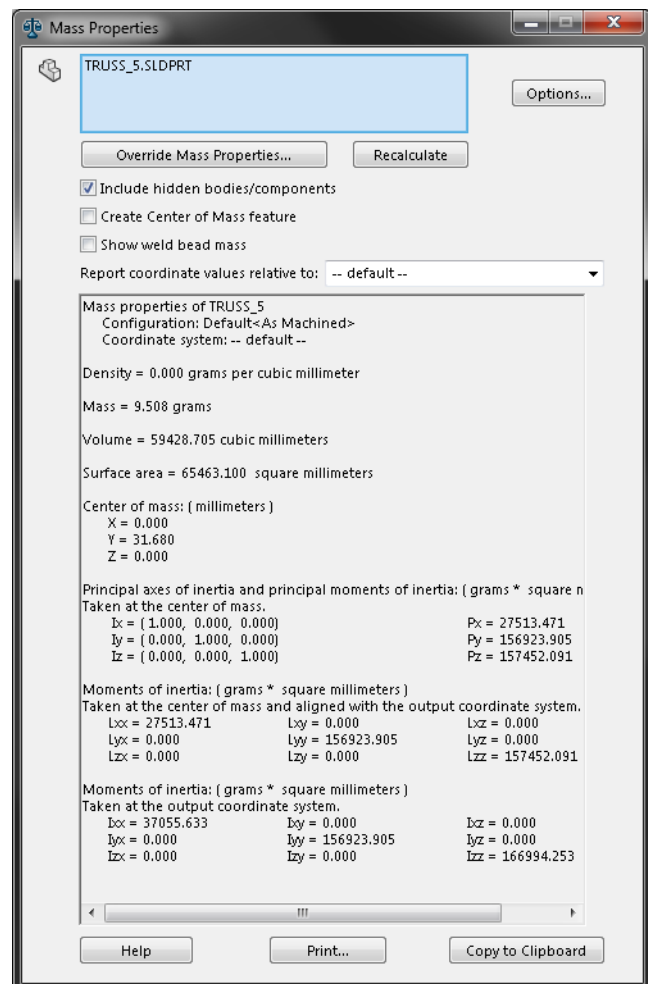
- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Évaluer > Propriétés de masse** 
- Menu : **Outils, Propriétés de masse**

5 Propriétés de masse.

Cliquez sur **Outils, Propriétés de masse** pour afficher la liste des propriétés de masse de la pièce. Les informations essentielles sont contenues dans la ligne **Masse**. Il s'agit de la masse totale de la structure en grammes.

Cliquez sur **Fermer**.

Remarque : conversion de grammes en newtons :
1 gramme équivaut à peu près à 0,01 newton.



Comparaison d'efficacité

À l'aide du tableau ci-dessous, calculez la **Capacité de charge maximale** et l'**Efficacité** de chaque itération de la conception. Quelle est la plus efficace ?

Structure	Charge maximale	Poids de la structure	Efficacité (Charge maximale/Poids)
TRUSS_1 (Poutre triangulée_1)	20 N	4,566 g = _____ N	_____
TRUSS_2 (Poutre triangulée_2)	13,68 N	7,418 g = _____ N	_____
TRUSS_3 (Poutre triangulée_3)	21,6 N	8,266 g = _____ N	_____
TRUSS_4 (Poutre triangulée_4)	121,84 N	9,130 g = _____ N	_____
TRUSS_5 (Poutre triangulée_5)	151,8 N	9,508 g = _____ N	_____

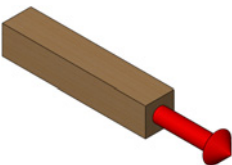
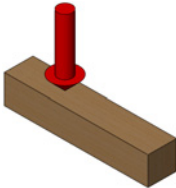
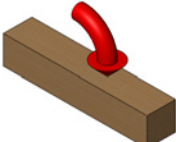

Quelle itération de la structure s'est révélée la plus efficace ? _____

6 Fermer la pièce.

Cliquez sur **Fichier, Fermer** puis cliquez sur **Enregistrer** pour enregistrer les modifications.

Pour en savoir plus

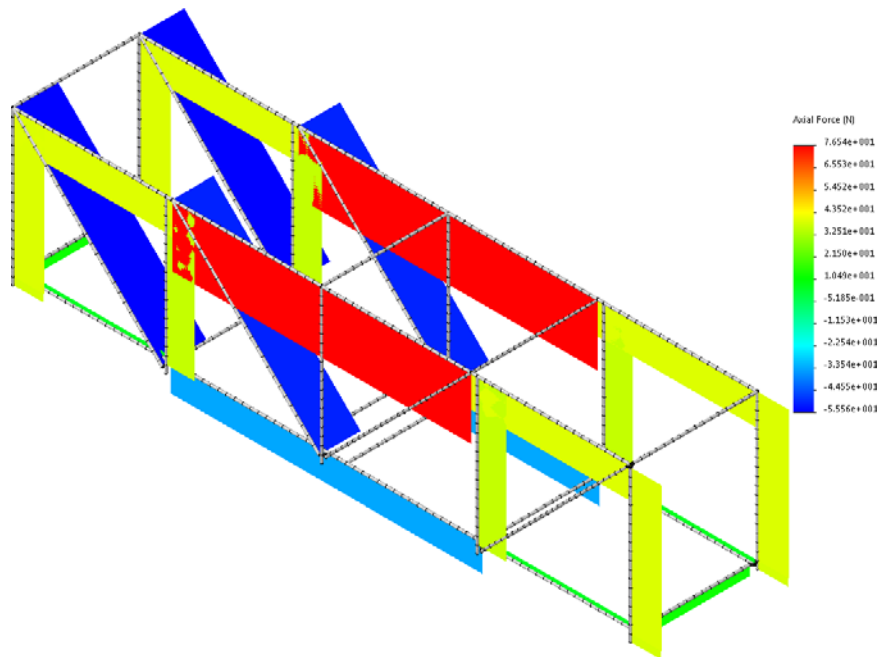
Chaque simulation peut avoir plusieurs tracés pour afficher les résultats de différentes façons, mais l'analyse de poutre est dotée d'une fonction unique, le **Diagramme de poutre**. Ce tracé peut être utilisé pour afficher plusieurs quantités directement sur les poutres. Les forces et cisaillements sont affichés en newtons (**N**), les moments et le couple en newtons-mètres (**N-m**).

Type de force de poutre	Direction de la force
Force axiale	
Force de cisaillement (directionnelle)	
Moment (directionnel)	
Couple	

Un diagramme de poutre peut être ajouté aux résultats en cliquant à l'aide du bouton droit de la souris sur le dossier Results et en sélectionnant **Définir des diagrammes pour les poutres**. Un des types ci-dessus doit aussi être sélectionné.

Lecture du tracé

À titre d'exemple, examinez un tracé utilisant la **Force axiale**. La force axiale dans les éléments d'entretoise angulaires est représentée en bleu, ce qui signifie que la valeur se situe entre **-44 N** et **-55 N**. Les entretoises sont en état de tension parce que les valeurs de force axiale sont négatives.



Remarque : les forces axiales de l'élément vertical le plus proche des chargements externes sont très faibles parce que les entretoises absorbent la plus grande partie de la charge.

Leçon 5 : Utilisation d'un assemblage

Objectifs de la leçon

- ☐ Ouvrir un assemblage ;
- ☐ Déplacer des composants dans l'assemblage ;
- ☐ Rechercher les conflits entre composants de l'assemblage ;
- ☐ Modifier une pièce en restant dans l'assemblage.


Tester un assemblage

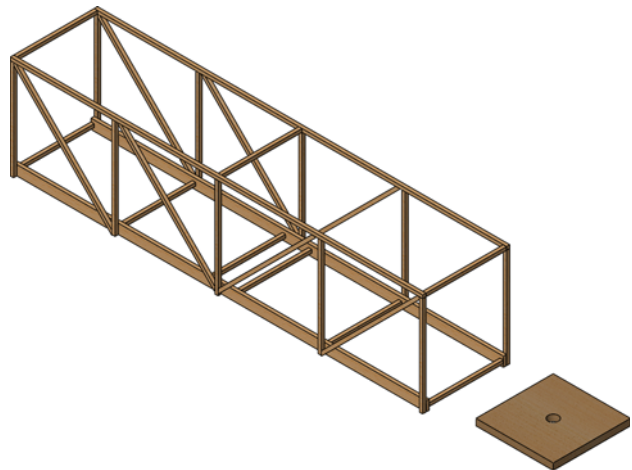
Les assemblages sont des fichiers SOLIDWORKS contenant plusieurs pièces. Vous pouvez utiliser un assemblage pour tester si un bloc de test, représentant un véhicule, peut traverser la structure.

Essai à l'aide du bloc de test

Si vous deviez construire et tester cette structure, elle devrait être conforme à certains critères de longueur, de largeur et de hauteur. Un des critères pourrait impliquer de vérifier qu'un bloc de bois d'une certaine dimension et longueur pourrait traverser la structure.

1 Ouvrir le fichier d'assemblage.

Cliquez sur **Ouvrir** . Dans la fenêtre **Ouvrir**, naviguez jusqu'au dossier *Bridge Design* *Project\Student\Lesson 5*. Sélectionnez *Test_Block_Assembly.sldasm* et cliquez sur **Ouvrir**. L'assemblage inclut une copie de la structure précédente et une représentation d'un bloc de bois.

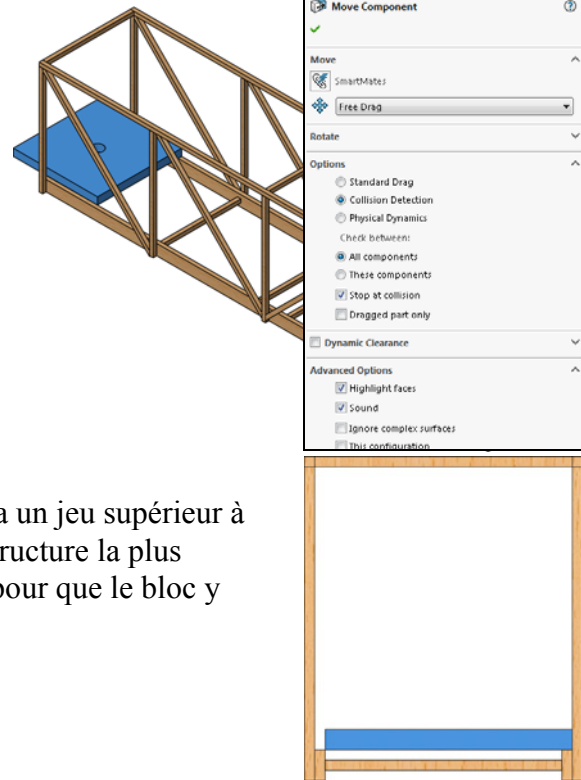


Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Assemblage** > **Déplacer le composant**  > **Déplacer le composant** 
- Menu : **Outils, Composant, Déplacer**


2 Déplacer le composant.

Sélectionnez le composant *Load_Plate_75* et cliquez sur **Outils, Composant, Déplacer**. Dans la boîte de dialogue, cliquez sur **Détection de collision, Tous les composants, Arrêter à la collision, Mettre en surbrillance les faces** et **Son**. Sélectionnez *Load_Plate_75* et faites-la glisser dans la structure. Elle doit la traverser sans heurt et pouvoir revenir à la position de départ à l'extérieur de la structure.



3 Ajuster.

Le bloc traverse la structure. En fait, il y a un jeu supérieur à celui qui est nécessaire. Pour obtenir la structure la plus efficace, nous voulons limiter sa largeur pour que le bloc y tienne avec un très faible jeu.

Cliquez sur .

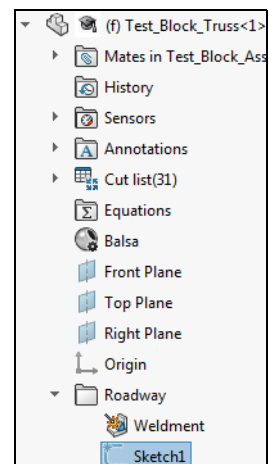
Modification du modèle

Les modifications apportées à un modèle ont une influence sur l'assemblage et l'analyse.



4 Développer les éléments.

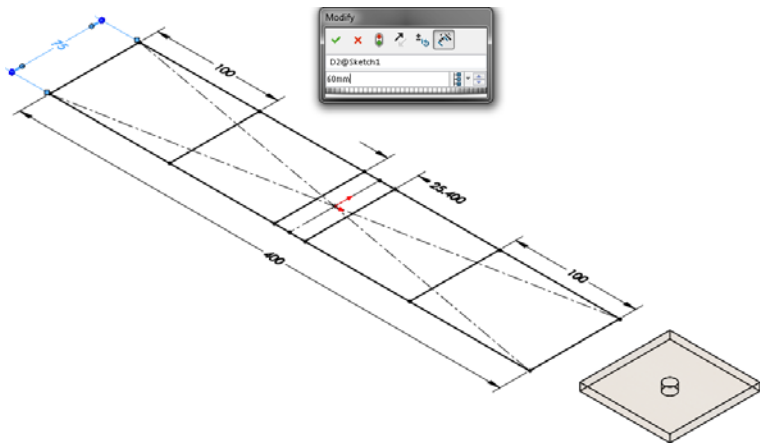
Dans le FeatureManager, faites un double-clic sur le composant *Test_Block_Truss* puis sur le dossier *Roadway* (Route) pour le développer.

Faites un double-clic sur la fonction *Sketch1* (Esquisse 1).



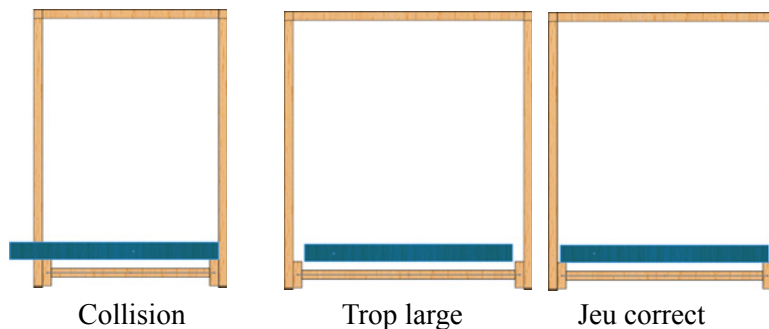
5 Modifier les cotes.

Double-cliquez sur la cote **75** et définissez-la sur **60**. Cliquez sur **Reconstruire**  puis sur . La pièce de structure change de dimension.



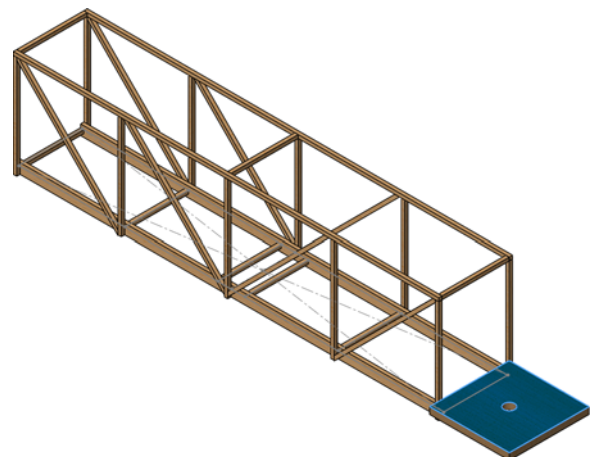
Détection de collision

Les pièces sont conçues avec un faible jeu entre elles pour leur permettre de s'assembler correctement. Si une pièce est trop petite ou trop grande, l'assemblage ne se s'ajustera pas correctement.



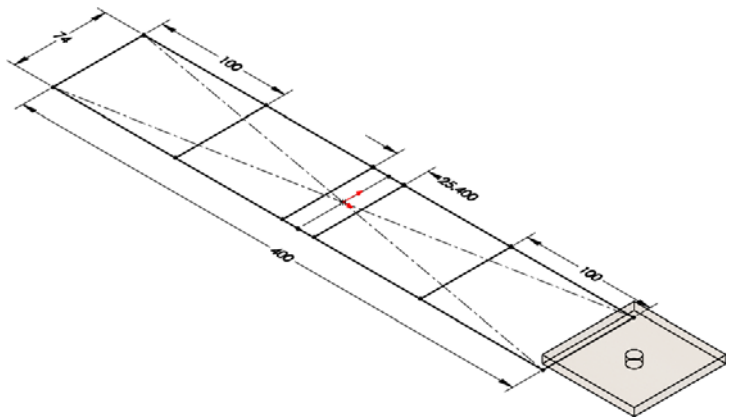
6 Déplacer.

En suivant la même procédure que précédemment (étape 2), essayez de déplacer le bloc à travers la structure. Il entre en collision avec la structure.



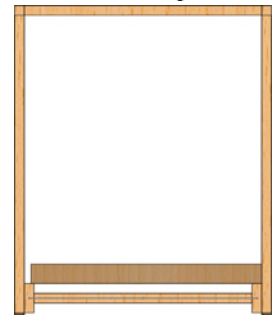
7 Augmenter la largeur.

En suivant la procédure de changement de dimension utilisée précédemment (étape 5), changez la cote à **74 mm**.



8 Taille correcte.

Cette taille donne un petit jeu et permet au bloc de coulisser.



9 Ouvrir la pièce.

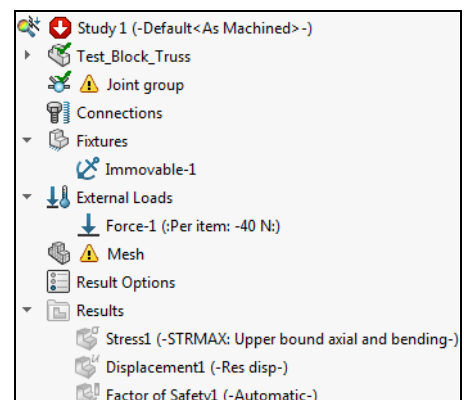
Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur *Test_Block_Truss* dans le FeatureManager et sélectionnez **Ouvrir la pièce** 🍷. La pièce de structure s'ouvre dans sa propre fenêtre.

Mise à jour de l'analyse

Le modèle a été modifié et est en fait devenu plus étroit. La modification de modèle entraînera plusieurs erreurs dans les connexions, ce qui créera ensuite des erreurs dans les déplacements imposés, la charge et le maillage.

10 Avertissements et erreurs.

Cliquez sur *Study 1*. Il y a des avertissements et des marqueurs d'erreur sur plusieurs fonctions.

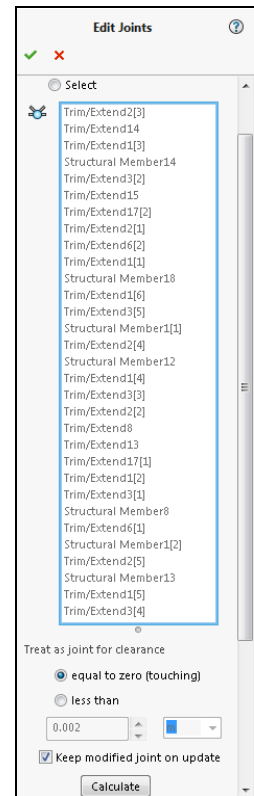


11 Groupe de connexions.


Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur *Groupe de connexions* et sélectionnez **Modifier**.

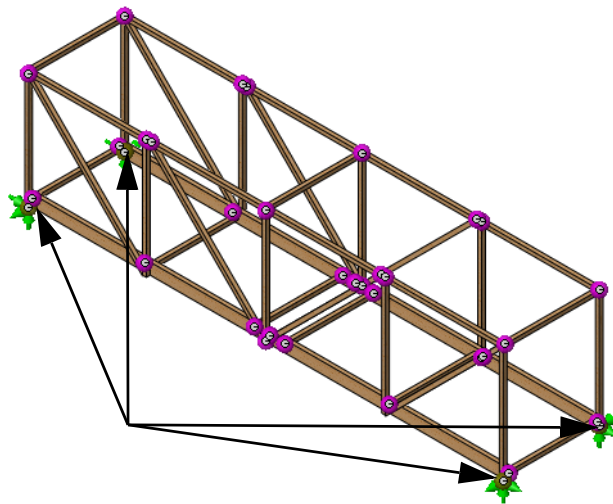
Cliquez sur **Calculer** et .

Le message indique : *Les connexions ont été recalculées. Bien qu'elles puissent paraître identiques, leur ordre peut être différent. Il sera peut-être nécessaire de redéfinir les déplacements imposés/chargements/connexions.* Cliquez sur **OK**.




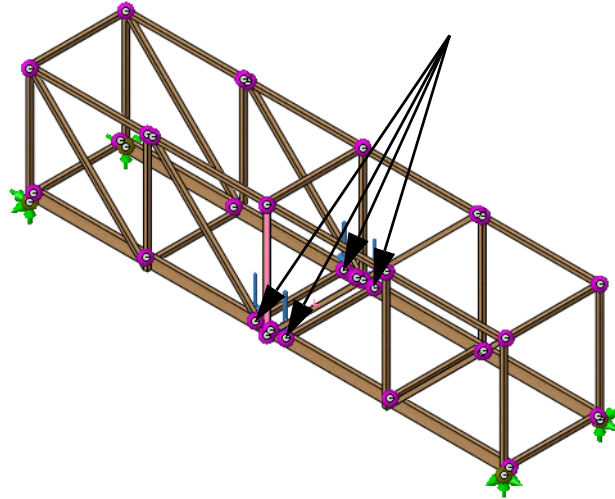
12 Déplacement imposé.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur *Immovable-1* et sélectionnez **Editer la définition**. Vérifiez que les quatre mêmes connexions (vertes) sont sélectionnées, puis cliquez sur .



13 Chargement.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur le chargement externe *Force-1* (:Per item: -37,95 N:) et sélectionnez **Editer la définition**. Vérifiez que les quatre connexions identiques sont sélectionnées, puis cliquez sur .



14 Mailler et exécuter.

Cliquez avec le bouton droit de la souris sur la fonction *Mesh* (Maillage) et sélectionnez **Mailler et exécuter**. Les modifications sont minces. Cliquez sur **Fichier, Fermer** et enregistrez toutes les modifications.

Leçon 6 : Création de mises en plan de la structure

Objectifs de cette leçon

- ❑ Ajouter une vue de mise en plan de la pièce ;
- ❑ Créer une table des pièces soudées ;
- ❑ Ajouter des bulles à une vue de mise en plan.

Mises en plan

SOLIDWORKS vous permet de créer facilement des mises en plan à partir de pièces et d'assemblages. Ces mises en plan sont totalement associées aux pièces et assemblages auxquels elles font référence. Si vous modifiez une cote sur la mise en plan terminée, cette modification se propage pour remonter vers le modèle. De même, si vous modifiez le modèle, la mise en plan est mise à jour automatiquement.

Les mises en plan communiquent trois informations sur les objets qu'elles représentent :

- ❑ **Forme** – Les *Vues* traduisent la forme d'un objet.
- ❑ **Taille** – Les *cotes* indiquent la taille d'un objet.
- ❑ **Autre information** – Les *Notes* donnent des informations non graphiques sur les procédures de fabrication telles que percer, roder, aléser, peindre, plaquer, meuler, traiter thermiquement, enlever les bavures, etc.

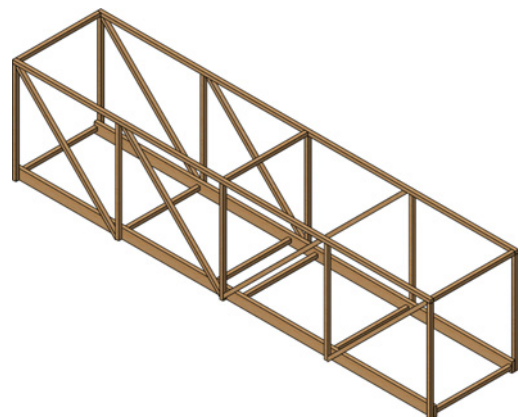
Création d'une mise en plan et de vues

Quand le modèle est terminé, il est possible de créer une mise en plan de cette pièce. Dans cet exemple, une feuille de mise en plan vide a été associée à la pièce.

1 Ouvrir le fichier de mise en plan **Drawings**.

Dans la fenêtre **Ouvrir**, naviguez jusqu'au dossier *Bridge Design Project\Student\Lesson 6*.



La pièce est un modèle terminé de la structure.

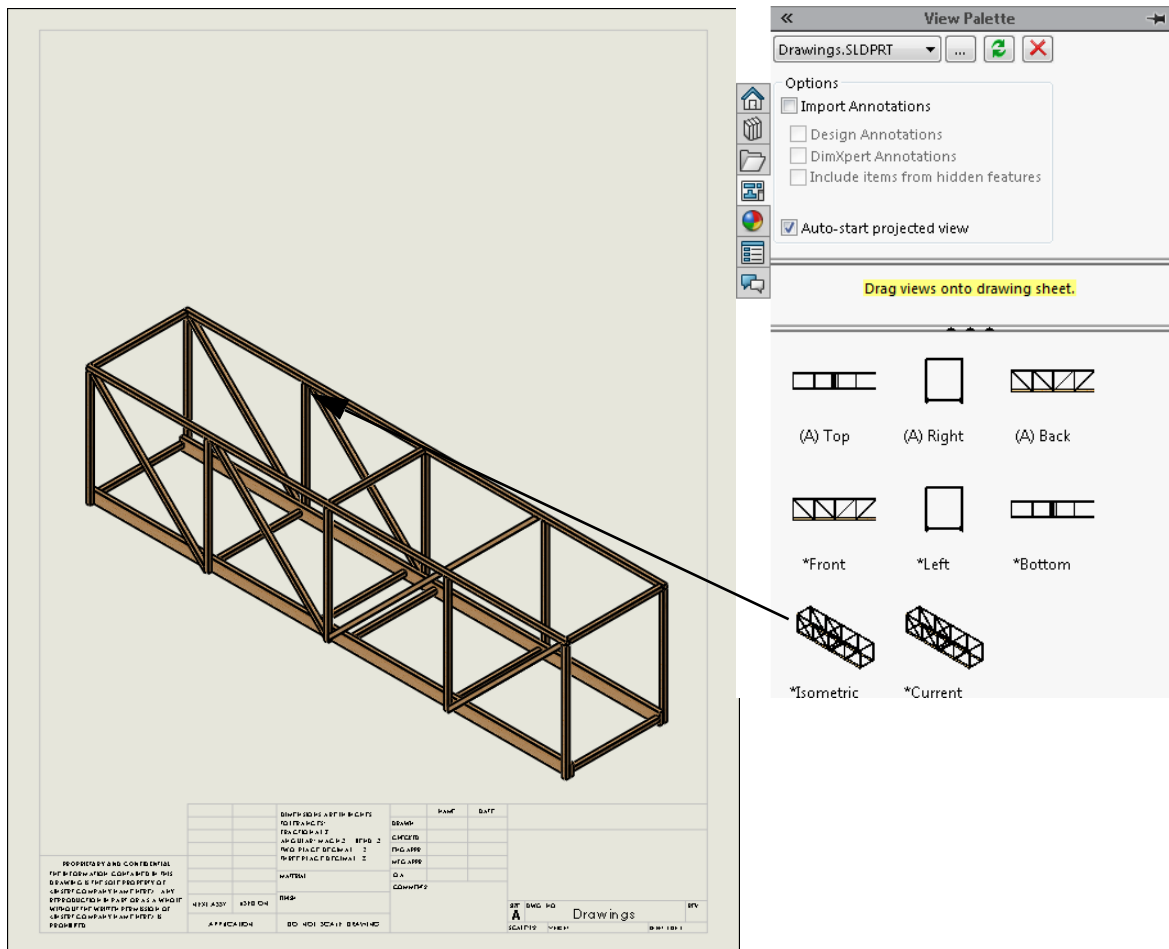
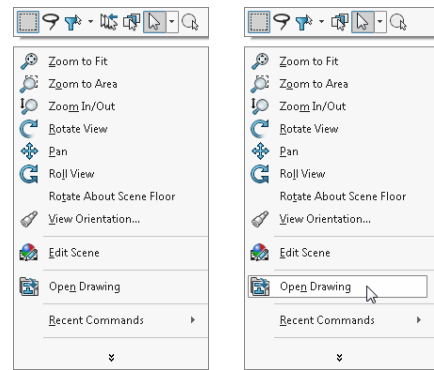


2 Ouvrir le fichier de mise en plan.

Cette pièce a un fichier de mise en plan associé. Elle n'a ni vues ni notes de mise en plan, mais contient beaucoup des paramètres nécessaires. À l'aide du bouton droit de la souris, cliquez sur la zone graphique pour l'ouvrir, puis cliquez sur **Ouvrir la mise en plan**.


3 Développer la palette de vues.

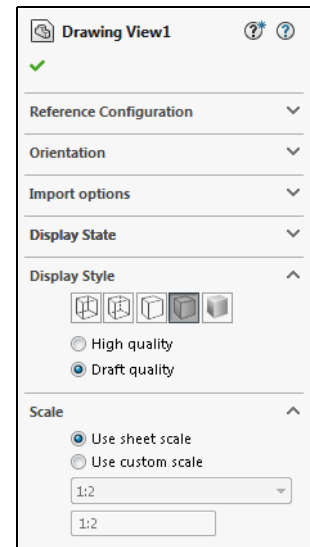
Cliquez sur la **Palette de vues**  pour la développer. La palette de vues contient des vues de la pièce en cours. Cliquez sur **Actualiser**  et désactivez **Importer des annotations**. Faites un glisser-déposer d'une vue **Isométrique* de la palette de vues vers la feuille de mise en plan.



4 Propriétés de vue de mise en plan.

Sélectionnez **Arêtes en mode Image ombrée**  sous **Style d'affichage**. Cliquez sur **Utiliser l'échelle de la feuille**.


Cliquez sur  pour terminer la vue.



Qu'est-ce qu'une table des pièces soudées ?

La **table des pièces soudées** est une liste des éléments ou poutres de la pièce. Ceux-ci sont triés par groupe en fonction de la longueur et mentionnent un numéro d'élément, une quantité, la description et la longueur. Toutes ces informations sont extraites de la pièce.

Comment y accéder


- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Annotation > Tables**  > **Liste des pièces soudées** 
- Menu : **Insérer, Tables, Liste des pièces soudées**

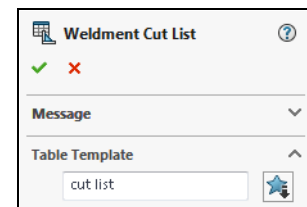
5 Liste des pièces soudées.

Cliquez sur **Insérer, Tables, Liste des pièces soudées** et sélectionnez la vue de mise en plan.

Sélectionnez le fichier *Bridge_Weldments.sldwldtbt* en tant que **Modèle de table**.

Ce fichier est placé dans le dossier *Bridge Design Project\Student\Lesson 6*, le même dossier que la pièce.

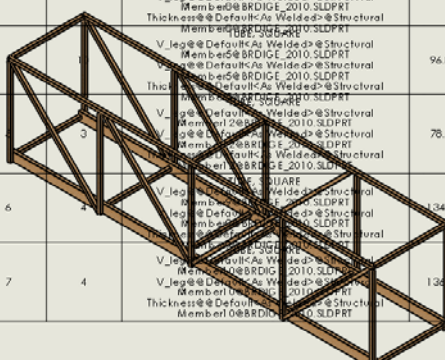
Cliquez sur  et déplacez le curseur sur la mise en plan.



6 Positionner la table.

Passez en haut à gauche de la mise en plan et cliquez pour positionner la table.

ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	2	TUBE, SQUARE V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAc Welded@Structural	400
2	6	Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAc Welded@Structural	71.825
3	2	Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAc Welded@Structural	400
		Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAc Welded@Structural	96.825
		Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAc Welded@Structural	78.175
6	4	TUBE, SQUARE V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAc Welded@Structural	134.686
7	4	Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAc Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAc Welded@Structural	136.274



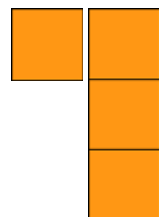
7 Redimensionner les colonnes.

Faites glisser les bordures de colonne et de ligne de la table pour les redimensionner. Chaque bordure de ligne et de colonne peut être redimensionnée.

	A	B	D
ITEM NO.	QTY.	LENGTH	
1	2	400	
2	6	71.825	
3	2	400	
4	10	96.825	
5	3	78.175	
6	4	134.686	
7	4	136.274	

Pourquoi les deux éléments sont-ils de la même longueur ?

Une poutre différente de ce qui correspond à l'élément supérieur des parois est utilisée pour représenter la pile de trois poutres qui forme le bas du pont. Ainsi, bien que les éléments 1 et 3 soient de la même longueur, ils sont considérés comme des poutres différentes.



Conseil : les tailles réelles des poutres individuelles seront listées dans la section de construction.

Bulles

Les bulles étiquettent les éléments de la pièce et les associent aux numéros mentionnés sur la liste des pièces soudées.

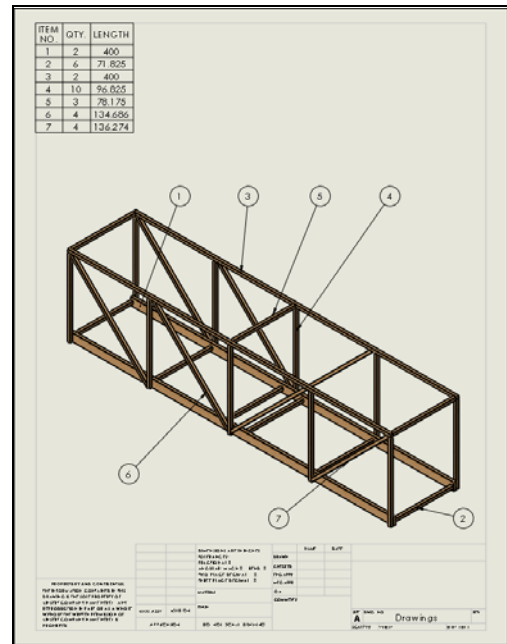
Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Annotation > Bulle** ⓘ
- Menu : **Insérer, Annotation, Bulle**

8 Bulles.

Cliquez sur **Bulle**. Cliquez sur l'élément puis cliquez pour positionner le texte. Répétez la procédure pour ajouter quelques bulles.

Cliquez sur ✅.

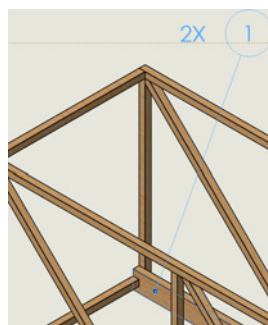


Remarque : vous pouvez déplacer les bulles en faisant glisser le texte.

9 Quantités d'éléments dans les bulles.

La quantité d'éléments contenus dans une bulle peut être définie. Cliquez sur une bulle puis sur **Quantité**.

Sélectionnez un **Placement** puis cliquez sur ✅.



1
?

✓

Message

☐ Flag Note Bank

Style

Settings

☒ Quantity

Placement:

1

1x

1

1

Denotation:

X

Distance:

3.500mm

Quantity value:

2

☐ Override value:

10 Fermer la mise en plan et la pièce.

Cliquez sur **Fichier, Fermer** et enregistrez tous les fichiers.

Leçon 7: Rapports et SOLIDWORKS eDrawings

Objectifs de cette leçon

- Créer un rapport HTML ;
- Charger le complément SOLIDWORKS eDrawings ;
- Décrire un fichier SOLIDWORKS eDrawings ;
- Créer des SOLIDWORKS eDrawings de données SOLIDWORKS Simulation ;
- Enregistrer le fichier SOLIDWORKS eDrawings sous forme de fichier HTML.

Rapports et SOLIDWORKS eDrawings

Il existe de nombreuses façons de générer des données à partir d'une analyse de structure. Un **Rapport**, par exemple, pour imprimer et consulter du texte et des données statiques. Utilisez les **SOLIDWORKS eDrawings** pour consulter, partager et manipuler les tracés de résultats d'analyse sans avoir à ouvrir la pièce.

1 Ouvrez le fichier pièce *Reports&eDrawings* (Rapports et eDrawings).

Dans la fenêtre **Ouvrir**, naviguez jusqu'au dossier *Bridge Design Project\Student\Lesson 7*.

Ouvrez le fichier pièce *Reports&eDrawings* (Rapports et eDrawings). Cliquez sur *Static 1* et exécutez l'analyse.

Création d'un rapport

SOLIDWORKS Simulation permet de créer un rapport imprimable capturant toutes les données importantes.

Comment y accéder

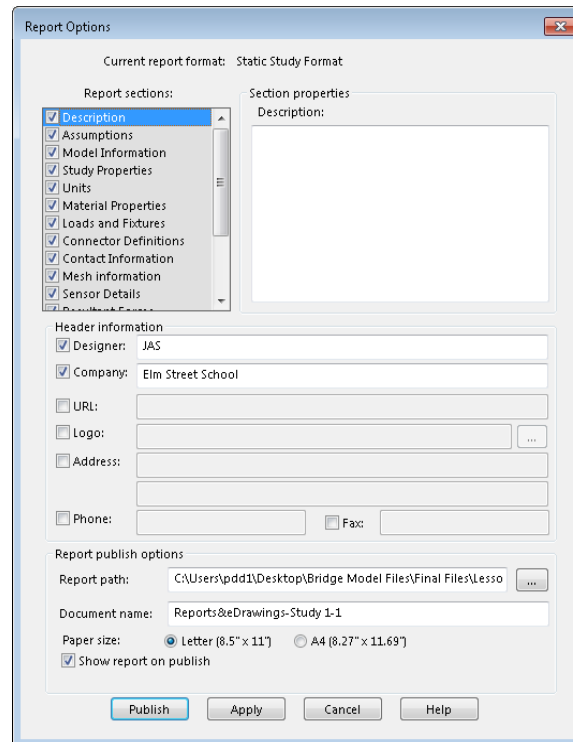
- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Simulation > Rapport** 
- Menu : **Simulation, Rapport**

2 Rapport.

Cliquez sur **Simulation, Rapport**.

3 Boîte de dialogue.

Cliquez sur **Concepteur** et **Société**. Sous **Concepteur**, entrez vos initiales. Sous **Société**, entrez le nom de votre établissement d'enseignement.

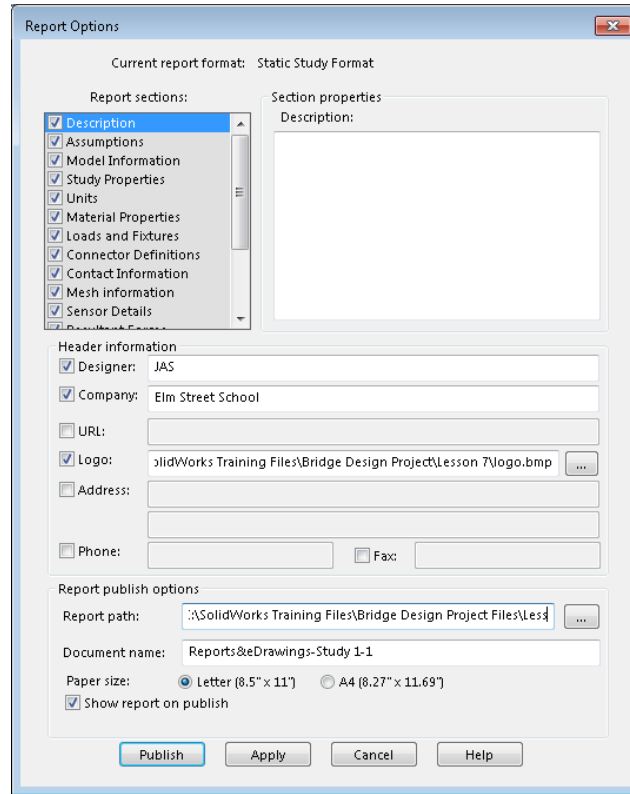


4 Logo.

Cliquez sur **Logo**. Cliquez sur le bouton **Parcourir** et sélectionnez le fichier *logo.bmp* dans le dossier *Lesson 7*.

5 Description.


Cliquez sur **Description** et tapez *This is the structural analysis of a balsa wood truss (Analyse structurale d'une entretoise en balsa)* dans la section des commentaires, puis cliquez sur **Publier**.



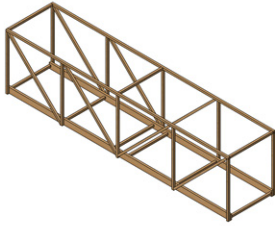
Conseil : le **Chemin d'accès** peut être défini pour recevoir le rapport et les données associées.

6 Rapport.

Le rapport, complet avec données et images, apparaît dans une nouvelle fenêtre dès qu'il est généré. Fermez la fenêtre ou imprimez le rapport.



Elm Street School



[Description](#)
No Data

Simulation of Reports&eDrawings

Date: Thursday, September 03, 2015
Designer: JAS
Study name: Study 1
Analysis type: Static

Table of Contents

Description	1
Assumptions	2
Model Information	2
Study Properties.....	9
Units	9
Material Properties	10
Loads and Fixtures.....	12
Connector Definitions.....	12
Contact Information	12
Mesh information	13
Sensor Details.....	14
Resultant Forces	15

Par défaut, les résultats sont placés dans le même dossier que la pièce. Ils peuvent être imprimés et ouverts indépendamment de SOLIDWORKS ou SOLIDWORKS Simulation.

Remarque : ne fermez pas la pièce.

SOLIDWORKS eDrawings pour le partage des informations

eDrawings® est un outil de communication par messagerie électronique conçu pour améliorer considérablement le partage et l'interprétation des mises en plan mécaniques 2D. Les fichiers eDrawings sont de taille suffisamment réduite pour pouvoir être envoyés par courrier électronique. Ils sont auto-affichables et beaucoup plus faciles à comprendre que les mises en plan 2D.

Avantages des eDrawings

- ❑ Les destinataires n'ont pas besoin de disposer de l'application SOLIDWORKS pour consulter le fichier.
- ❑ Il est possible d'afficher les pièces, les assemblages et les mises en plan en dehors de SOLIDWORKS.
- ❑ Les fichiers sont suffisamment compacts pour être envoyés par courrier électronique.
- ❑ La création d'un eDrawing est rapide et simple.
- ❑ Il est possible de publier un eDrawing à partir d'un fichier SOLIDWORKS quelconque.
- ❑ Vous pouvez aussi créer des eDrawings à partir d'autres systèmes de CAO.

Affichage des eDrawings

Vous pouvez afficher les eDrawings de façon très dynamique et interactive. À la différence des mises en plan 2D statiques, les fichiers eDrawings peuvent être animés et affichés dynamiquement sous plusieurs angles. La capacité d'interaction facile avec les eDrawings — et interactive — en fait un outil de collaboration très efficace pour la conception.

eDrawings Professional vous permet d'effectuer des annotations et des corrections des eDrawings, améliorant encore la collaboration sur la conception.

Affichage d'animations eDrawing

L'animation démontre automatiquement les relations entre les mises en plan et avec la conception physique. En un seul clic, les eDrawings permettent d'« animer » toutes les vues contenues dans chaque feuille de votre mise en plan, avec une transformation d'une vue à l'autre.

L'animation présente en continu l'eDrawing depuis différentes vues. Ce déplacement dynamique est comparable à une rotation de la pièce dans la main pour l'examiner.

Création d'un fichier SOLIDWORKS eDrawings

Les eDrawings sont une méthode facile de partage de données, en particulier les données d'image générées par SOLIDWORKS Simulation.

7 Tracé.

Faites un double-clic sur le tracé *Displacement1 (-Res disp-)* pour l'activer. C'est ce tracé qui sera enregistré dans l'eDrawing.

8 Enregistrer.

Cliquez sur **Simulation, Outils résultats, Enregistrer sous**. Enregistrez les données sous le type de fichier *eDrawings Files (*.analysis.eprt)*. Cliquez sur **Enregistrer**.

Le nom par défaut est au format :

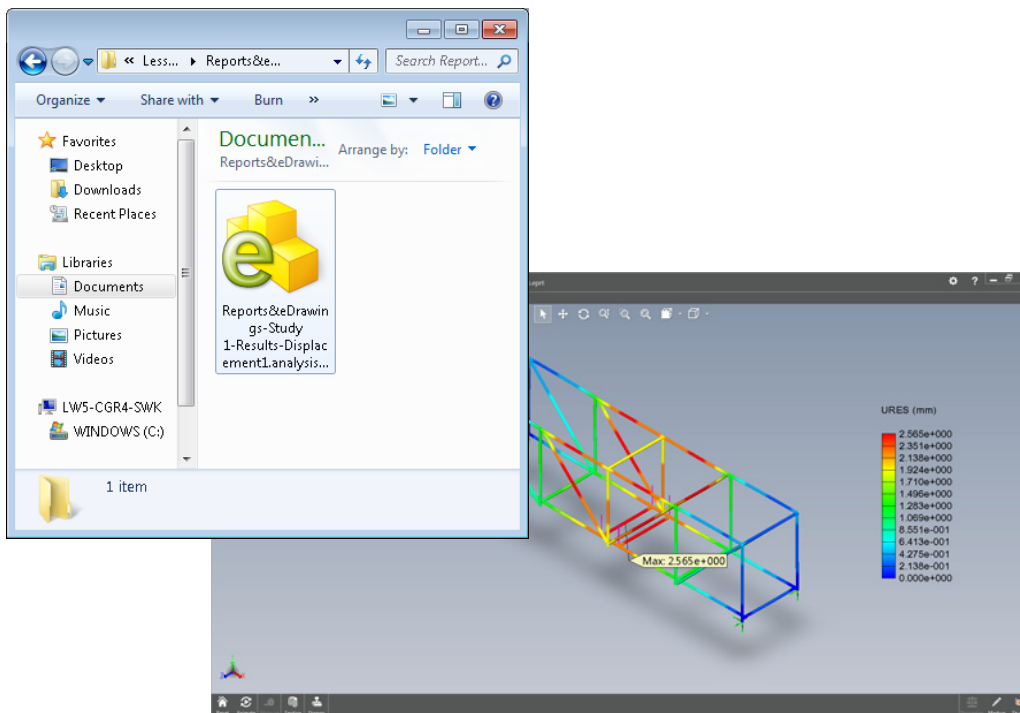
nom de pièce-nom d'étude-résultats-type de tracé. Dans ce cas, le nom est le suivant :

Reports&eDrawings-Static 1-Results-Displacement1.analysis.eprt

Il est stocké dans le dossier qui a été créé par le rapport.

9 Ouvrir l'eDrawing.

Double-cliquez sur le fichier eDrawings dans le dossier. La fenêtre eDrawings s'affiche.

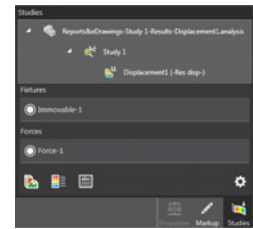


Remarque : si c'est la première fois que vous utilisez eDrawings, le programme peut vous demander la permission de le charger.

Interface utilisateur d'eDrawings

10 Paramètres.


Cliquez sur l'onglet **Études**  puis sur les options **Montrer le maillage** , **Montrer la légende**  et **Montrer le titre** .

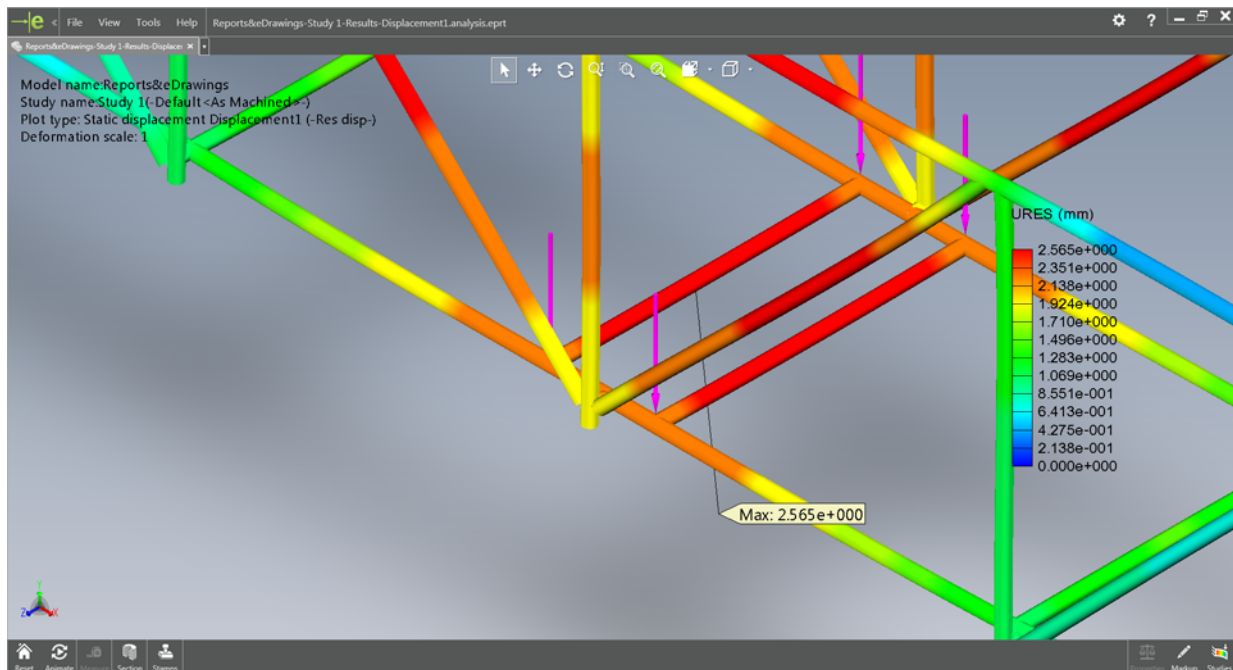


Fonctionnalités des eDrawings

Vous pouvez animer, agrandir, faire défiler et pivoter l'image à l'aide de différents outils.


11 Déplacer les composants.

Cliquez sur **Zoom fenêtre**  et faites glisser une fenêtre autour de la section centrale de la structure.



Lecture d'une animation eDrawings

12 Lire l'animation.

Cliquez sur **Lecture** . Ceci démarre une boucle de lecture en continu affichant chaque vue dans l'ordre. La séquence d'animation est commandée par le système ; vous ne pouvez pas la modifier.


13 Arrêter l'animation.

Cliquez sur **Arrêter**  pour arrêter l'animation.

14 Réinitialiser la vue.

Pour que l'animation revienne au début de la séquence, cliquez sur **Réinitialiser** .

Enregistrement des eDrawings

Cliquez sur **Fichier, Enregistrer** , ou appuyez sur **Ctrl+S** pour enregistrer le fichier ouvert dans le visualisateur eDrawings. Vous pouvez enregistrer des fichiers sous les types suivants :

- ☐ Fichiers eDrawings (*.eprt, *.easm ou *.edrw)
- ☐ Fichiers Zip eDrawings
 - Le fichier Zip eDrawings contient l'eDrawings Viewer et le fichier eDrawings. Vous pouvez ouvrir le fichier Zip eDrawings et exécuter le fichier exécutable afin d'extraire l'eDrawings Viewer et d'ouvrir le fichier eDrawings intégré.
- ☐ Fichiers HTML eDrawings
- ☐ Fichiers exécutables eDrawings
 - Vous pouvez enregistrer des fichiers sous forme d'exécutables eDrawings autoextractibles (*.exe) contenant le Viewer et le fichier eDrawings. Cependant, certains programmes de messagerie, programmes antivirus ou paramètres de sécurité Internet empêchent de recevoir des e-mails contenant des fichiers exécutables en pièces jointes.
- ☐ Fichiers d'image BMP, TIFF, JPEG, PNG ou GIF
 - Vous pouvez enregistrer tous les types de fichiers que vous pouvez ouvrir dans l'eDrawings Viewer en tant que fichiers BMP (*.bmp), TIFF (*.tif), JPEG (*.jpg), PNG (*.png) ou GIF (*.gif).

Enregistrement de l'eDrawing

15 Enregistrer l'eDrawing.

Cliquez sur **Fichier, Enregistrer sous**. Pour **Enregistrer sous** : cliquez sur *Fichiers HTML eDrawing (*.htm)* pour enregistrer l'eDrawing sous forme de fichier HTML. Le fichier pourra alors être affiché dans un navigateur Web. Cliquez sur **Enregistrer**.

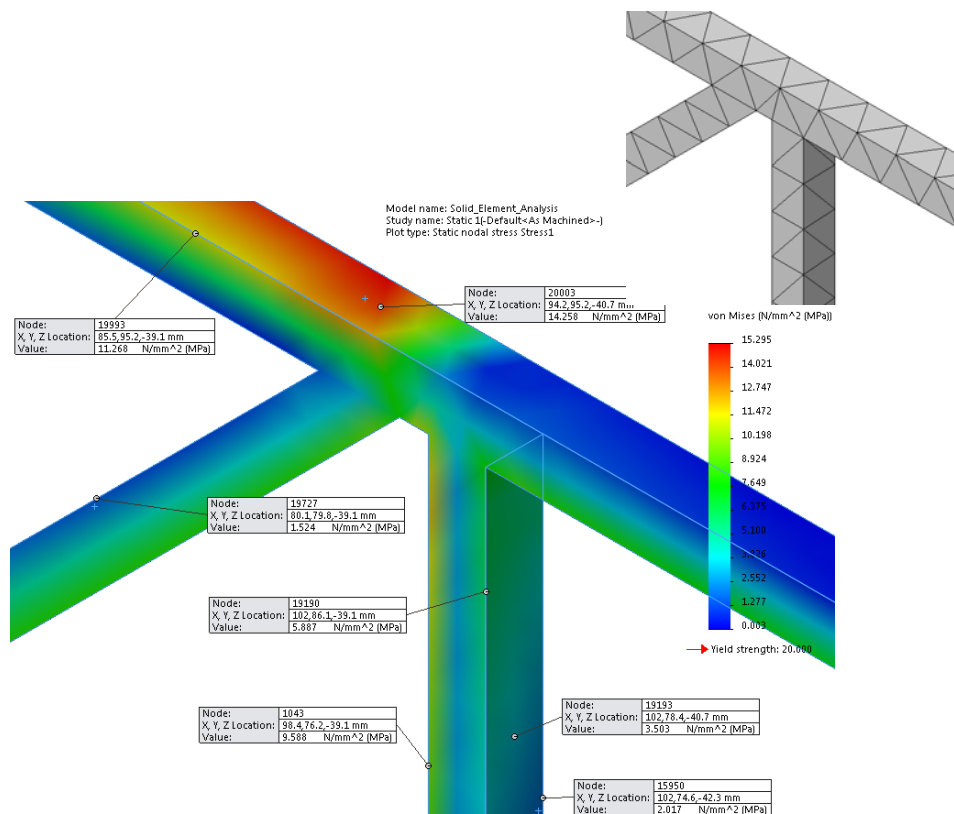
Enregistrez le fichier dans le dossier *Reports&eDrawings-Static 1*.

16 Fermer tous les fichiers.

Pour en savoir plus

Le maillage de poutre constitue une méthode très rapide et efficace pour analyser un modèle de poutre et il reflète bien l'état général de la structure. Cependant, les éléments poutre ne peuvent pas analyser ce qui se passe dans l'épaisseur de la poutre parce qu'ils génèrent des résultats uniquement aux nœuds qui se trouvent à la ligne de construction de la poutre.

Un maillage volumique crée des éléments et des nœuds dans l'épaisseur du modèle. Des nœuds multiples sont donc créés dans l'épaisseur, ainsi que des résultats.



Pour les explorer, ouvrez le fichier pièce *Solid_Element_Analysis* et cliquez sur **Simulation**, **Exécuter**. Les tracés de résultats sont disposés de la même façon que les résultats d'une analyse de poutre.

Leçon 8: Construction et essai de la structure

Objectifs de cette leçon

- ☐ Ouvrir et imprimer des fichiers d'information PDF ;
- ☐ Couper les poutres aux longueurs voulues ;
- ☐ Assembler les poutres pour créer la poutre triangulée ;
- ☐ Tester la poutre triangulée en appliquant une charge.

Construction de la structure

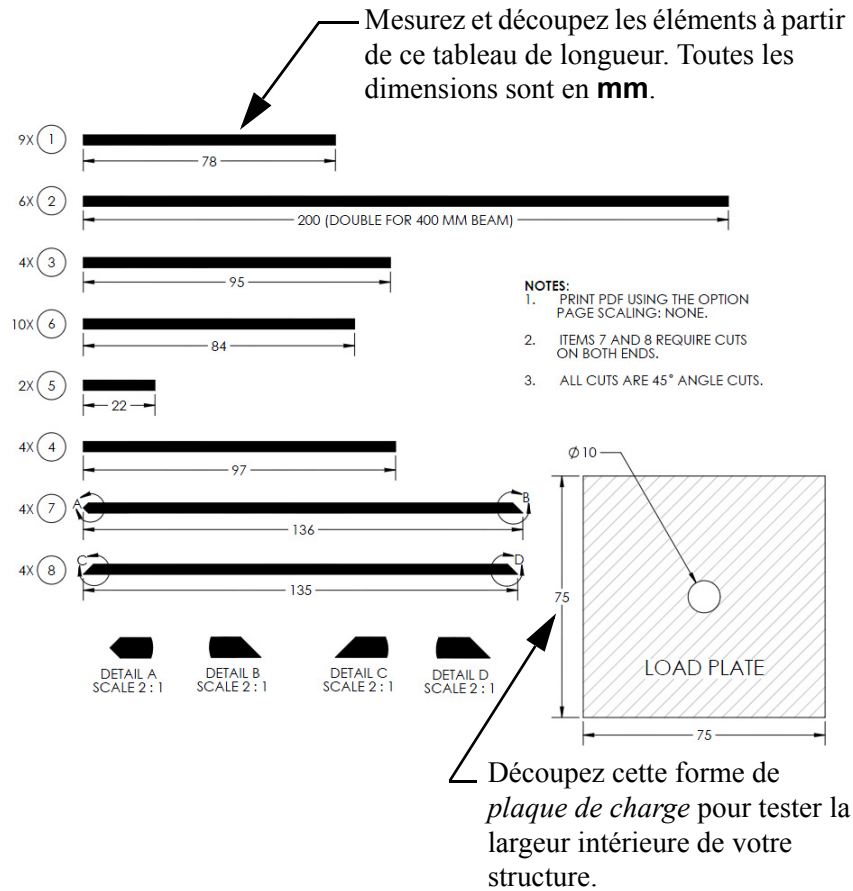
Si votre classe a choisi de construire et d'essayer la structure, vous aurez besoin de tiges de balsa de 3,2 mm (1/8" x 1/8") d'au moins 400 mm (24") de longueur. De la colle et un couteau pour découper les baguettes de balsa sont aussi nécessaires.

Découpe à longueur

43 éléments de **8** longueurs différentes sont nécessaires pour cette structure. 2 fichiers PDF peuvent vous être utiles pour la construction. Ils se trouvent dans le même dossier que ces instructions.

1 Ouvrir et imprimer le fichier *Measuring Chart.PDF*.

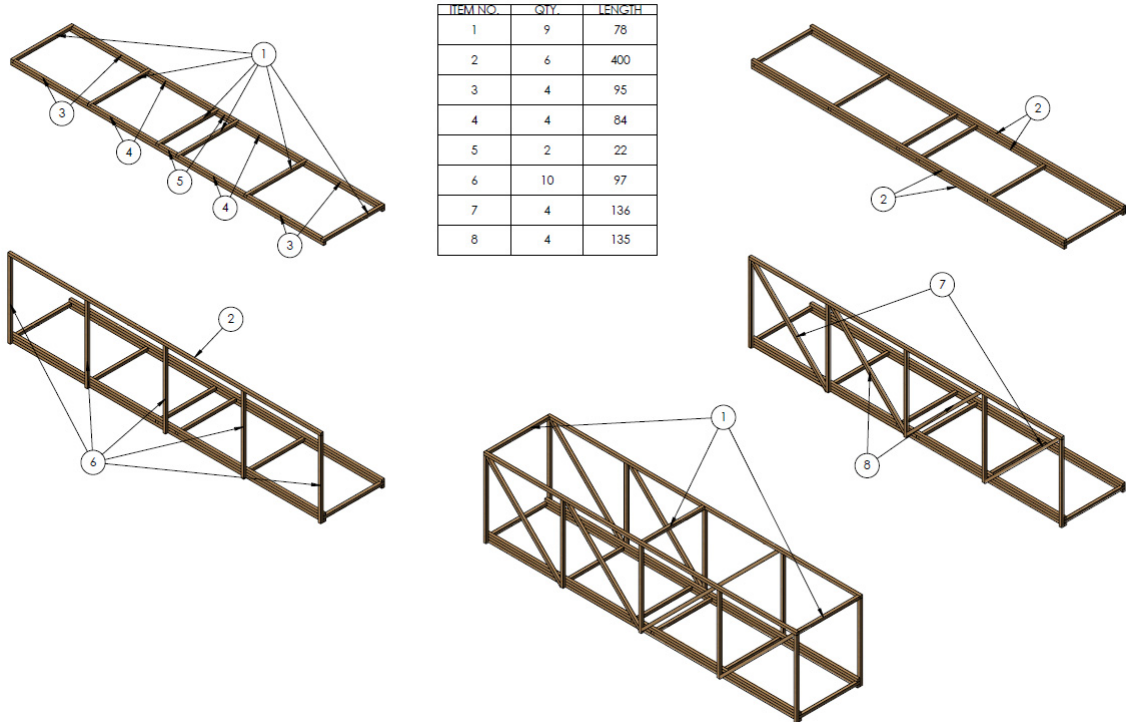
Naviguez jusqu'au dossier *_ENG*, ouvrez le fichier *Measuring Chart.PDF* et imprimez-le en suivant les consignes mentionnées dans le fichier PDF et dans la note ci-dessous.



Remarque : imprimez ce PDF à l'aide de l'option **Mise à l'échelle : Aucune** pour obtenir des valeurs exactes.

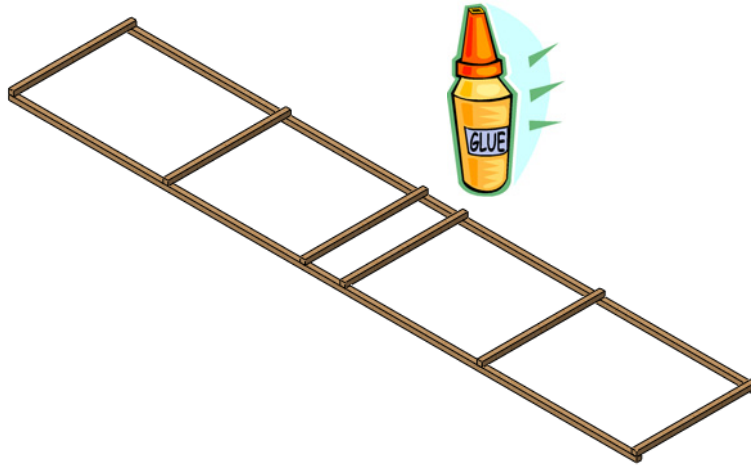
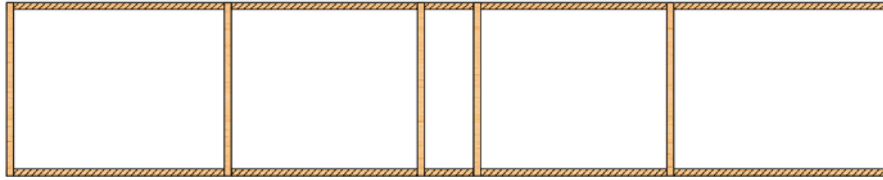
2 Ouvrir le fichier *Construction Guide.PDF* et l'imprimer.

Ouvrez le fichier *Construction Guide.PDF* et imprimez-le.



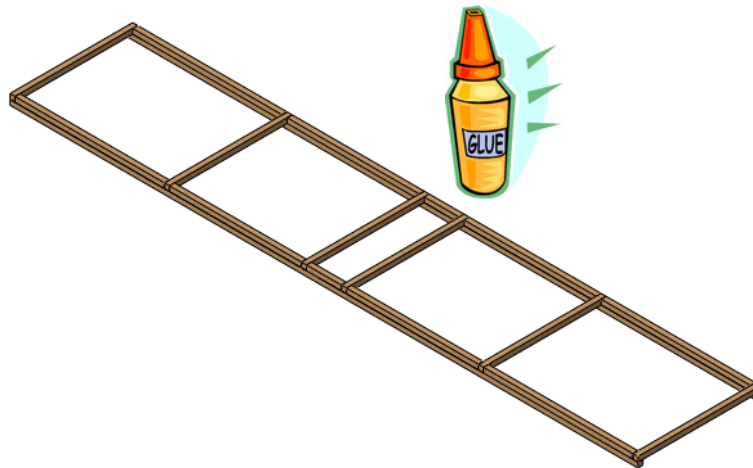
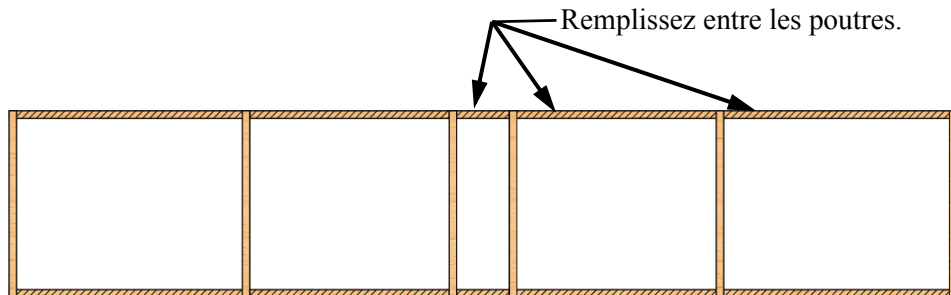
3 Cadre inférieur.

Collez l'extrémité des poutres transversales aux longues poutres. Ne collez pas encore les poutres transversales intérieures.



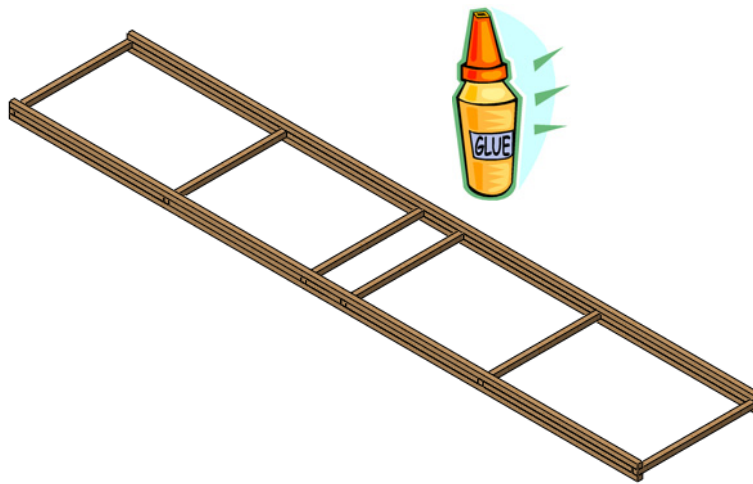
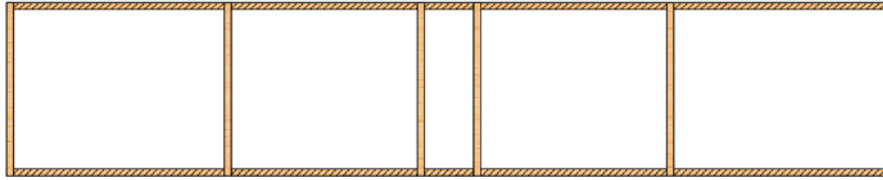
4 Poutres de remplissage.

Remplissez l'espace entre les poutres (zone hachurée) en découpant des poutres à longueur avant de les mettre en place. Collez toutes les poutres.



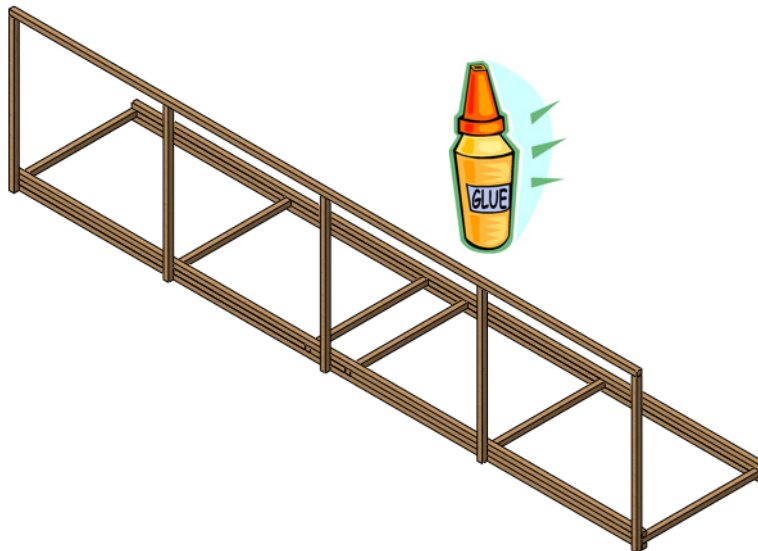
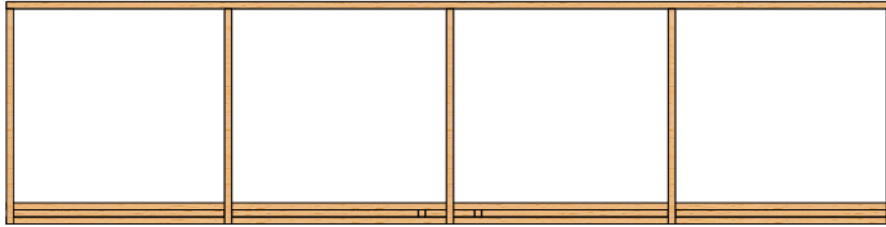
5 Longerons extérieurs triples.

Collez les longues poutres sur les poutres de remplissage comme indiqué. Collez toutes les poutres.



6 Parois latérales.

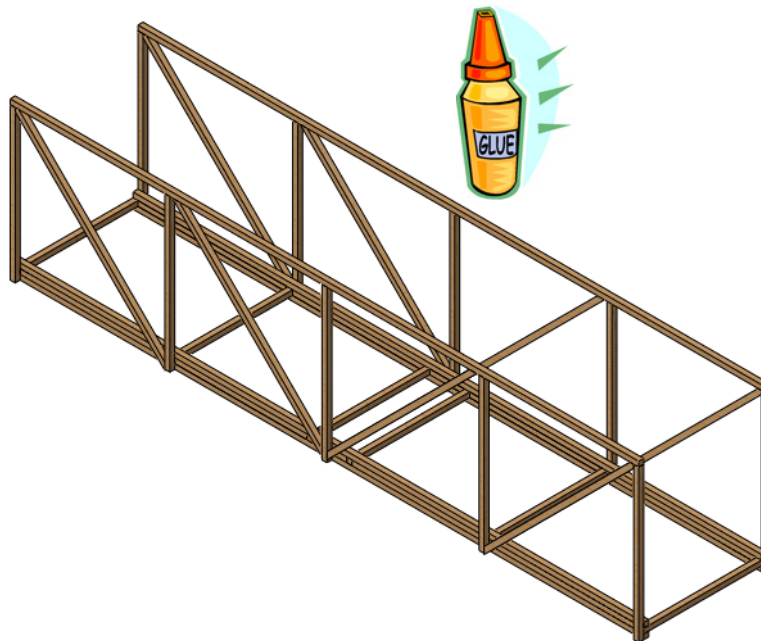
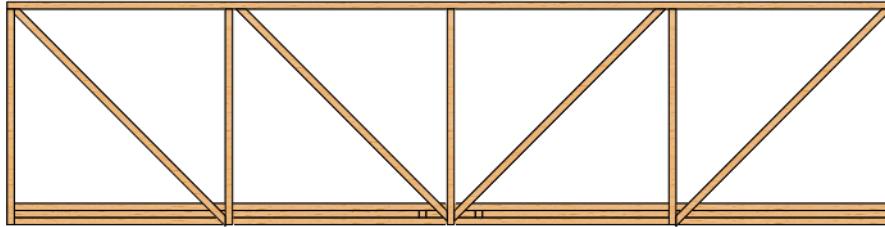
Collez toutes les poutres.



Conseil : vous pouvez commencer par construire un côté et terminer les entretoises transversales (étape 7 à la page 90) avant de commencer l'autre côté.

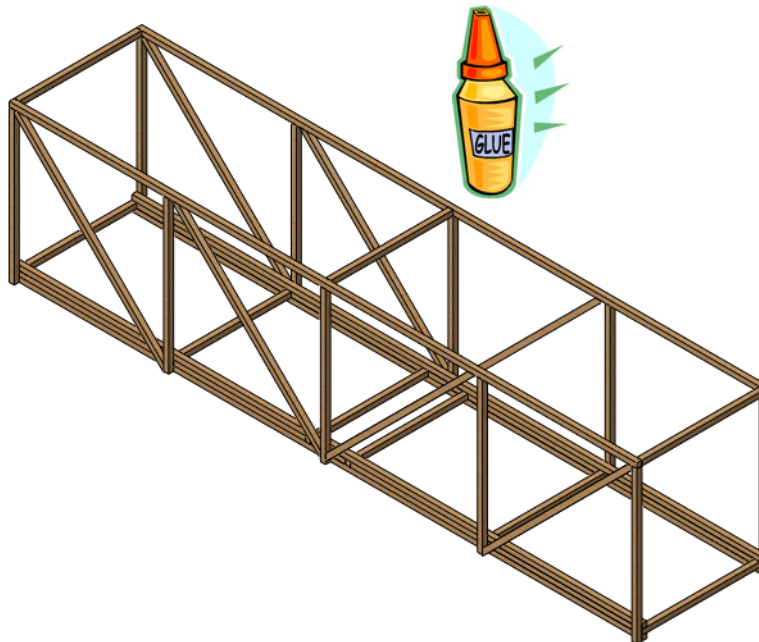
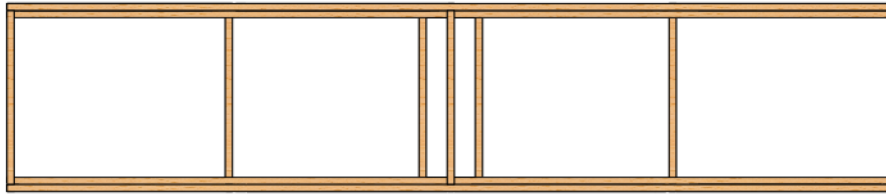
7 Entretoisement transversal.

Les composants de l'entretoisement doivent tous être coupés (à 45 degrés) pour correspondre à la charpente existante. Collez toutes les poutres.



8 Supports supérieurs transversaux.

Collez toutes les poutres.



Essai de la structure

Pour essayer la structure, placez-la en travers d'une travée en appliquant une charge au centre du pont. Voir les détails ci-dessous pour plus d'informations.

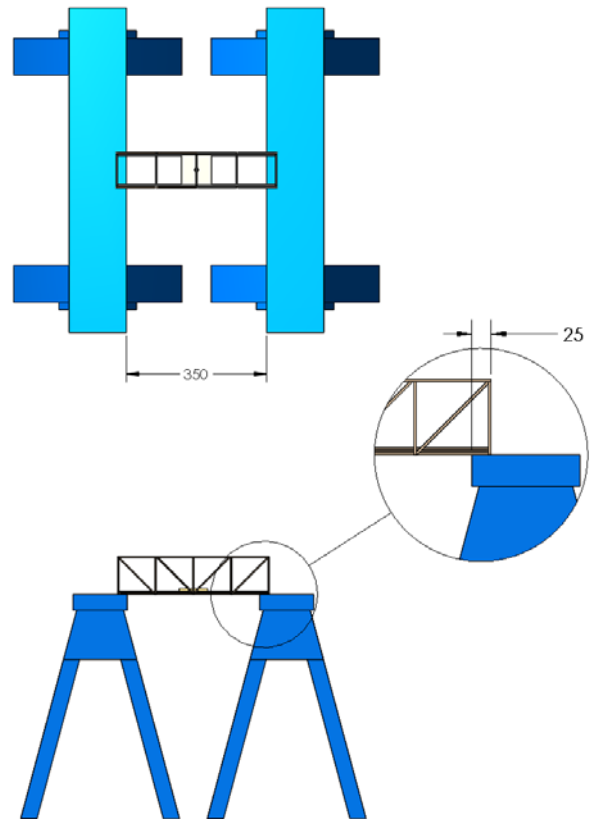
Création de la travée

Pour créer une travée, l'une des méthodes consiste à placer deux tréteaux à une distance donnée comme indiqué ci-dessous. Le positionnement du modèle de façon qu'il recouvre chaque tréteau de la même longueur simule l'environnement de l'analyse.

Détails

Utilisez deux surfaces robustes et de hauteur égale (des tréteaux ou des tables conviennent bien) pour créer la travée de **350 mm** nécessaire. Chaque extrémité de la structure doit recouvrir la surface de **25 mm**.

Conseil : vérifiez que les tables ou les tréteaux sont suffisamment robustes pour supporter la charge sans fléchir.



Application de la charge

Pour mesurer la résistance d'une structure, celle-ci doit être chargée conformément à sa modélisation.

Utilisation d'objets courants de poids connus

Beaucoup d'objets courants peuvent être utilisés pour appliquer la charge. Les boîtes de conserve existent en différentes dimensions ; elles peuvent être pesées et utilisées. Il est aussi possible d'utiliser des pièces de monnaie pour augmenter la charge par petites unités. Prenons pour exemple une petite pièce de un penny.

1 Penny ajoute une force de **0,0245 N** à la structure. Ce n'est pas beaucoup, et très loin de la charge totale que nous souhaitons utiliser pour l'essai. Quelqu'un a-t-il vraiment envie de compter des centaines ou des milliers de pièces pour chaque essai ? Il est possible d'utiliser des rouleaux de pièces servant pour les dépôts à la banque. Les pièces de un penny sont regroupées par rouleaux de 50. Effectuez quelques calculs pour de grands nombres de pièces, de rouleaux et de coût.



Pennies	Charge (N)	Rouleaux de pennies	Coût (\$)
50	$50 \times 0,0245 = 1,225$	1	0,50 \$
100	___ $\times 0,0245 =$ ____	___	___
500	___ $\times 0,0245 =$ ____	___	___
1 000	___ $\times 0,0245 =$ ____	___	___
5 000	___ $\times 0,0245 =$ ____	___	___

Maintien de la charge

Suspendez un sac à provisions pourvu de poignées ou quelque chose de plus robuste à la plaque de charge en faisant passer les poignées par le trou de la plaque et en les maintenant avec un crayon ou un clou. Ajoutez la charge en remplissant le sac, lentement, avec les poids choisis.



Leçon 9: Profils de construction soudée et d'éléments mécano-soudés

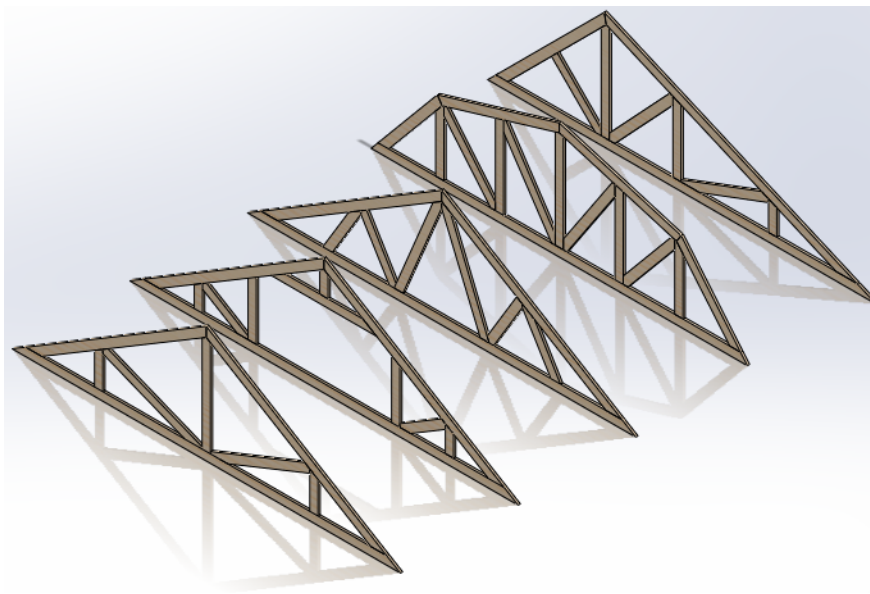
Objectifs de cette leçon

- ❑ Créer un profil de construction soudée ;
- ❑ Créer une esquisse de construction soudée ;
- ❑ Ajouter des éléments mécano-soudés à une esquisse de construction soudée.

Création de profils de construction soudée et d'éléments mécano-soudés

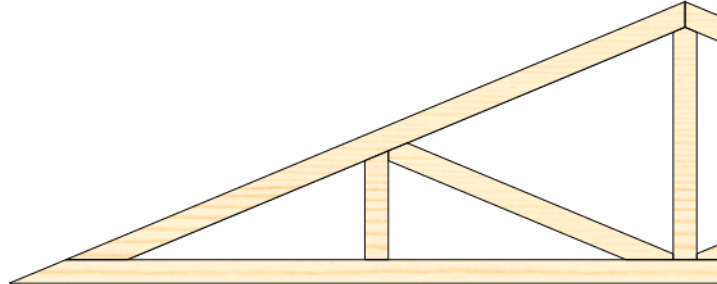
Les pièces analysées dans les leçons précédentes sont considérées comme des pièces de construction soudée. Il s'agit d'un type spécial de pièce utilisé pour modéliser un groupe d'éléments mécano-soudés connectés les uns aux autres.

Dans cette leçon, vous apprendrez à créer ce type de pièce en modélisant des poutres triangulées de charpente préfabriquées.



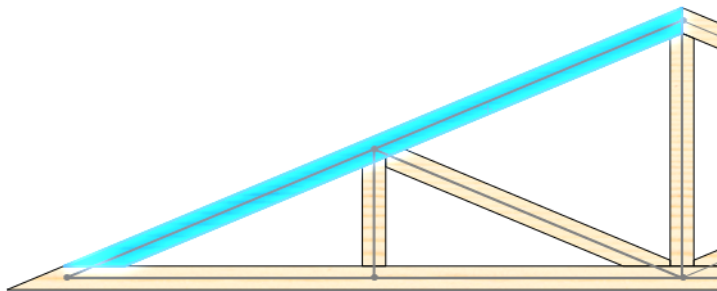
Qu'est-ce qu'une construction soudée ?

Une **Construction soudée** est une pièce composée de plusieurs corps solides, appelés éléments mécano-soudés, reliés les uns aux autres pour constituer une structure unique.



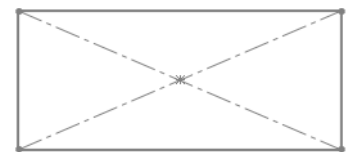
Que sont les éléments mécano-soudés ?

Les corps solides individuels représentent les poutres en acier ou du bois d'œuvre et sont appelés **Éléments mécano-soudés**. L'emplacement et la longueur des éléments mécano-soudés sont basés sur des coupes transversales, ou profils de construction soudée, appliqués aux lignes d'une esquisse.



Que sont les profils de construction soudée ?

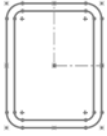
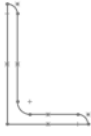
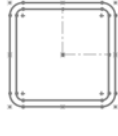



Les **profils de construction soudée** sont des esquisses de fonction de bibliothèque représentant des formes de coupe transversale structurelle standard comme des tubes, des poutres en I, en U, des tuyaux, et du bois d'œuvre. L'emplacement du profil est déterminé par la position d'origine.



Profils de construction soudée existants

Le dossier *weldment profiles* se trouve dans *C:\Program Files\SolidWorks Corp\SOLIDWORKS\lang\english\weldment profiles*.

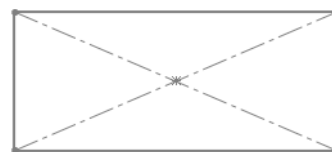
Les sous-dossiers *ansi inch* et *iso* contiennent diverses tailles de ces formes courantes.

Formes de profil de construction soudée par défaut		
<i>tube rectangulaire</i> 	<i>cornière</i> 	<i>tube carré</i> 
<i>profilé en c</i> 	<i>section en s</i> 	<i>tuyau</i> 

Avertissement concernant les chemins d'accès

Le chemin d'accès complet utilisé dans cette leçon se base sur une installation par défaut de SOLIDWORKS sur le lecteur « C ». Si SOLIDWORKS n'a pas été installé avec les paramètres par défaut, le chemin d'accès devra être ajusté en fonction.

Remarque : aucun des profils de construction soudée ne ressemble à la coupe transversale des baguettes de balsa ou à leur équivalent beaucoup plus important, le bois d'œuvre en 2x4. Cela signifie qu'un nouveau profil de construction soudée doit être créé.



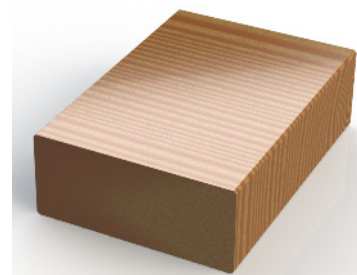
Création d'un profil de construction soudée

Un profil de construction soudée est une esquisse 2D enregistrée en tant que type de fichier spécifique dans un dossier donné.

Dans cet exemple, l'esquisse sera un rectangle avec centrage.

Le type de fichier est une fonction de bibliothèque. Le nom du dossier est *weldment profiles*.

La première étape consiste à créer un nouveau dossier à l'emplacement qui convient pour recevoir le nouveau fichier.



Dossier des profils de construction soudée

Tous les profils de construction soudée doivent se trouver dans un dossier spécifique, le dossier *weldment profiles*. Il est possible d'ajouter un nouveau dossier au dossier par défaut à l'aide de l'option **Nouveau dossier**. Les nouveaux profils peuvent être placés dans le nouveau dossier.

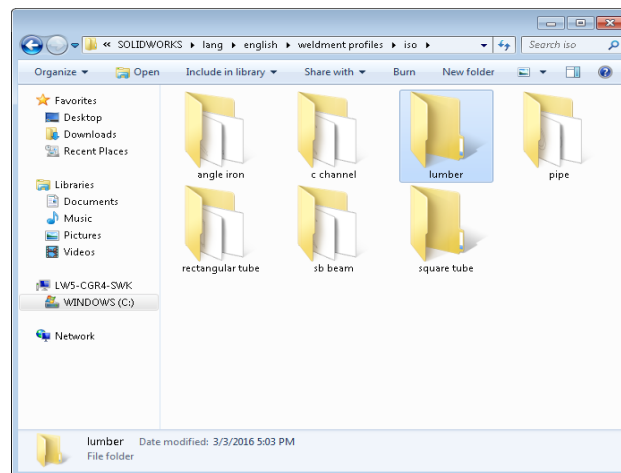
1 Dossier.

Cliquez sur **Démarrer, Ordinateur** et naviguez jusqu'au dossier *C:\Program Files\SolidWorks Corp\SOLIDWORKS\lang\english\weldment profiles\ansi inch*.

Voir Avertissement concernant les chemins d'accès à la page 97 pour plus d'informations.

2 Nouveau dossier.

Cliquez sur **Nouveau dossier** et renommez le dossier *lumber*.



Création d'une nouvelle pièce

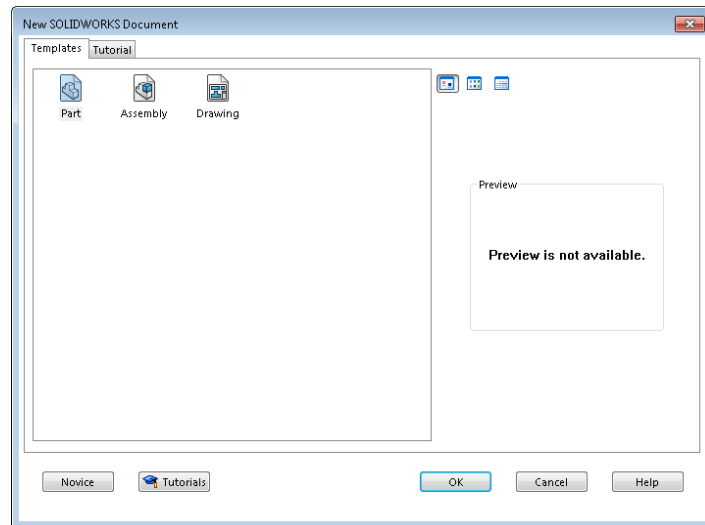
Les esquisses étant créées dans les pièces, la première étape consiste à créer une nouvelle pièce.

Comment y accéder

- Barre de menu : **Nouveau**
- Menu : **Fichier, Nouveau**
- Raccourci clavier : **Ctrl+N**

3 Nouvelle pièce.

Cliquez sur **Nouveau**. Cliquez sur *Pièce* puis sur **OK**.




Modification du Système d'unités

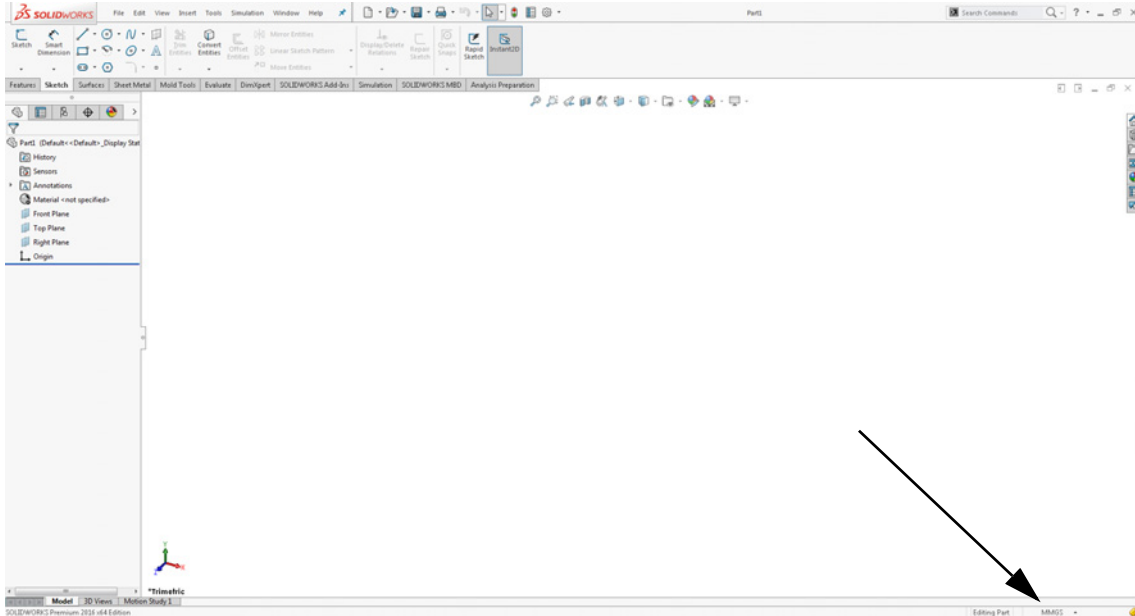
Le **Système d'unités** est la combinaison des unités de longueur, masse et temps utilisées pour les calculs effectués par SOLIDWORKS. Votre système d'unités par défaut peut être MMGS, IPS, ou tout autre regroupement courant. Dans cet exemple, nous voulons utiliser le système d'unités **IPS** (Inches, Pounds, Seconds - Pouces, Livres Secondes).

Les autres types sont :

- ☐ **MKS** (Mètre, Kilogramme, Seconde)
- ☐ **CGS** (Centimètre, Gramme, Seconde)
- ☐ **MMGS** (Millimètre, Gramme, Seconde)

4 Système d'unités.

Sélectionnez **IPS (pouce, livre, seconde)** à partir du menu **Système d'unités** .
Cette opération convertit les unités en pouces.





Remarque : le menu est situé en bas de l'écran, à droite du message *Edition Pièce* comme indiqué.

Création d'une esquisse

Dans SOLIDWORKS, on utilise les esquisses pour créer des éléments de géométrie 2D comme les lignes, les arcs, les cercles et les rectangles. Elles sont essentielles pour la création de géométrie dans SOLIDWORKS.

Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Esquisse > Esquisse** 
- Menu : **Insérer, Esquisse**
- Menu contextuel : cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur un plan, puis sélectionnez **Esquisse** 



5 Nouvelle esquisse.

Cliquez sur *Front Plane* (Plan de face), puis sélectionnez **Esquisse** .



Esquisse d'un rectangle

Un rectangle est une pièce de géométrie d'esquisse composée de quatre lignes. La version **Rectangle par son centre** est placée par le centre et se compose de deux lignes verticales et de deux lignes horizontales.

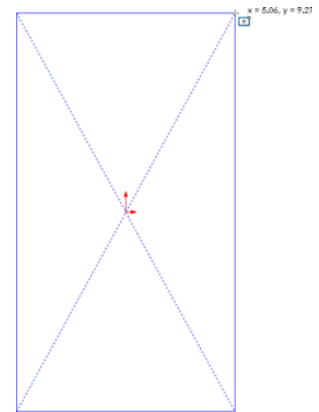
Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Esquisse > Rectangle**  > **Rectangle par son centre** 
- Menu : **Outils, Entités d'esquisse, Rectangle par son centre**
- Menu contextuel : cliquez à l'aide du bouton droit de la souris dans l'esquisse, puis sélectionnez **Rectangle par son centre**

6 Rectangle.

Cliquez sur **Rectangle par son centre**  puis sur l'origine. Ensuite, écartez-vous du centre en vous déplaçant en diagonale et cliquez sur un emplacement similaire à celui indiqué. Cliquez sur .

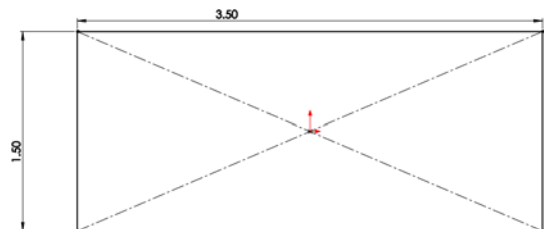
Remarque : la taille réelle n'est pas importante pour le moment. Elle sera définie dans les étapes suivantes.




Cotation

L'outil de cotation se nomme **Cotation intelligente** car ce même outil permet de créer plusieurs types de cote. Les cotes permettent de définir la taille du profil et peuvent également être utilisées pour le modifier.



Dans cette section, il servira à créer des cotes linéaires, mais il permet également de créer des cotes angulaires, radiales et de diamètre.

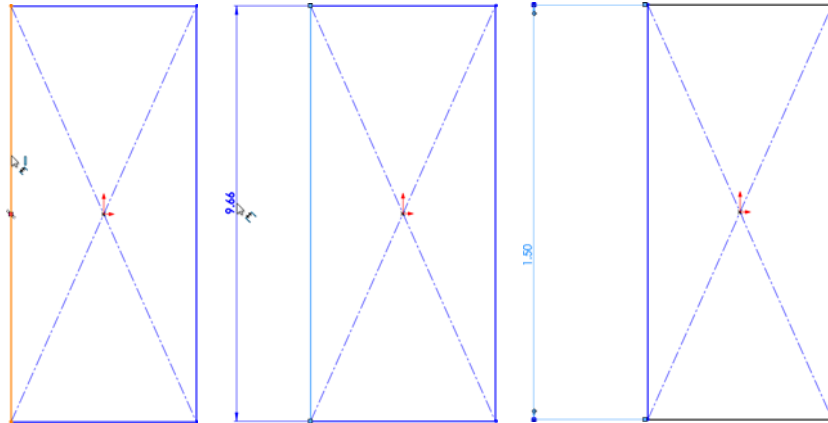


Comment y accéder

- Menu : **Outils, Cotes, Intelligente**
- Menu contextuel : cliquez à l'aide du bouton droit de la souris dans l'esquisse, puis sélectionnez **Cotation intelligente** 

7 Cotation verticale.

Cliquez sur **Cotation intelligente**  puis sur la ligne verticale de gauche, comme indiqué. Déplacez le pointeur sur la gauche et cliquez de nouveau pour placer la cote. Dans la boîte de dialogue qui s'affiche, saisissez 1,5 pour définir la valeur de la cote et cliquez sur .




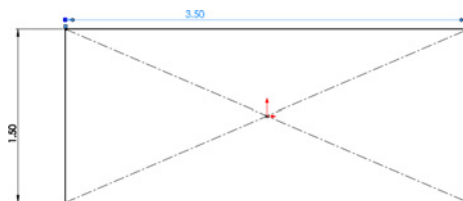
Couleur de la géométrie

Pourquoi certaines lignes restent bleues tandis que d'autres sont devenues noires ? Un code de couleurs est utilisé dans l'esquisse pour indiquer l'état de la géométrie.

- ☐ Le *Bleu* indique qu'elle est sous-contrainte et nécessite une définition supplémentaire, dans ce cas, une cote. Il s'agit de l'état *non fini*.
- ☐ Le *Noir* signifie qu'elle est totalement définie. Il s'agit de l'état *souhaité*.
- ☐ Le *Rouge* indique la présence d'un conflit qui doit être résolu. Par exemple, cela se produit si vous essayez de rendre une ligne à la fois verticale et horizontale ; comme cela est impossible, il en résulte un conflit, ou état sur-contraint. On parle alors d'état *interrompu*.

8 Cotation horizontale.

Cliquez sur la ligne horizontale supérieure comme indiqué. Déplacez le pointeur vers le haut et cliquez de nouveau pour placer la cote. Dans la boîte de dialogue qui s'affiche, saisissez 3,5 pour définir la valeur de la cote et cliquez sur .



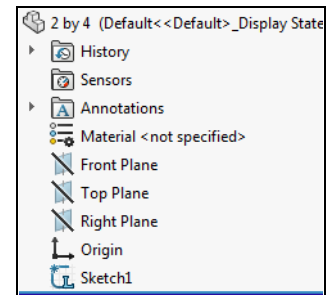
Remarque : la couleur intégralement noire de la géométrie signifie qu'elle est totalement contrainte.

9 Quitter l'esquisse.

Cliquez sur **Quitter l'esquisse**  dans le coin supérieur droit de l'écran.

Enregistrer l'esquisse en tant que fonction de bibliothèque

L'esquisse doit être enregistrée en tant que fichier de type spécifique, une fonction de bibliothèque, afin d'être utilisée comme profil de construction soudée. Elle doit également être placée dans un dossier configuré pour recevoir des profils de construction soudée.



Comment y accéder

- Barre de menu : **Enregistrer** , **Enregistrer sous** 
- Menu : **Fichier, Enregistrer sous**

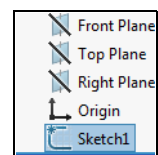
10 Fonction de bibliothèque.

Cliquez sur *Sketch1* (Esquisse1) dans l'Arbre de Création FeatureManager.

Cliquez sur **Fichier, Enregistrer sous**.

Cliquez sur **Enregistrer sous : Lib Feat Part (*.sldlfp)**.

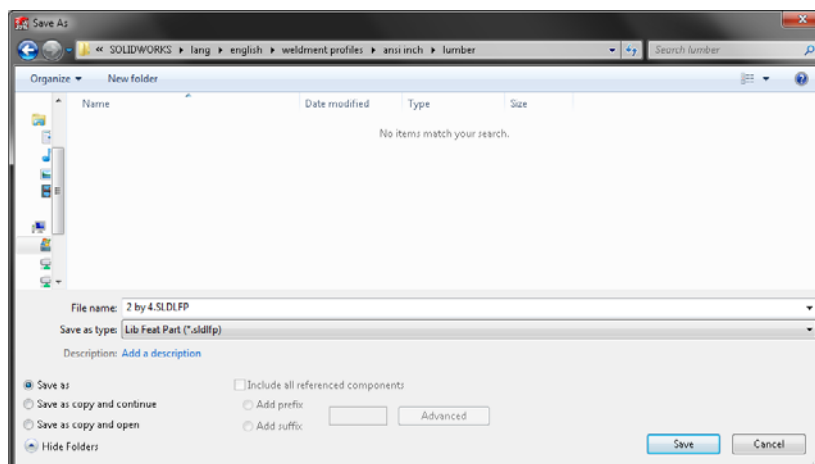
Navigation jusqu'au dossier *C:\Program Files\SolidWorks Corp\SOLIDWORKS\lang\english\weldment profiles\ansi inch\lumber*.



Remarque : la sélection de la première esquisse est cruciale.

11 Nom.

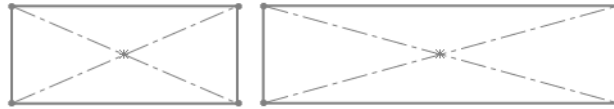
Saisissez le nom *2 by 4* et cliquez sur **Enregistrer**.



Remarque : un message d'avertissement peut apparaître si vous n'avez pas l'autorisation d'enregistrer à cet emplacement. Si cela se produit, enregistrez le fichier à un autre emplacement, puis déplacez-le manuellement sur le dossier *lumber* à l'emplacement ci-dessus.

Création d'un profil de construction soudée similaire

Divers profils sont nécessaires pour représenter différentes formes ou tailles de profils de construction soudée. Une section de bois d'œuvre plus grande, une 2x6, peut être créée à partir du profil de construction soudée existant 2 by 4 en copiant et en modifiant le fichier.




12 Enregistrer sous.

Cliquez sur **Enregistrer sous**, nommez la nouvelle fonction de bibliothèque 2 by 6 et cliquez sur **Enregistrer**.



Editer l'esquisse

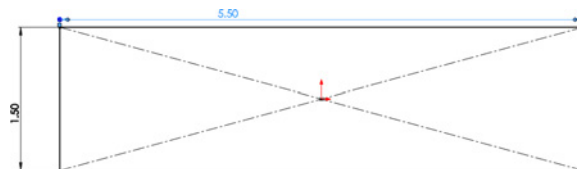
Vous pouvez modifier les esquisses existantes pour ajouter ou modifier la géométrie ou les cotes.

Comment y accéder

- Menu contextuel : cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur une esquisse, puis sélectionnez **Editer l'esquisse** 
- Menu : sélectionnez une esquisse et cliquez sur **Editer, Esquisse**

13 Editer l'esquisse.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur *Sketch1* (Esquisse1) puis sélectionnez **Editer l'esquisse** . Faites un double-clic sur la cote **3,5** et définissez-la sur **5,5**. Cliquez sur .




14 Quitter l'esquisse.

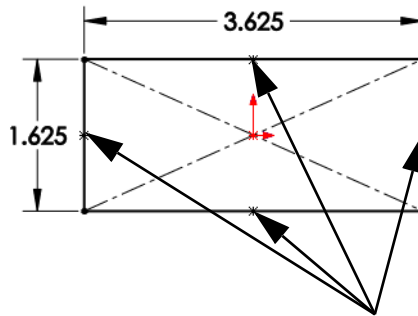
Cliquez sur **Quitter l'esquisse**  dans le coin supérieur droit de l'écran.

15 Enregistrer et fermer.

Cliquez sur **Fichier, Fermer** puis sur **Enregistrer**.

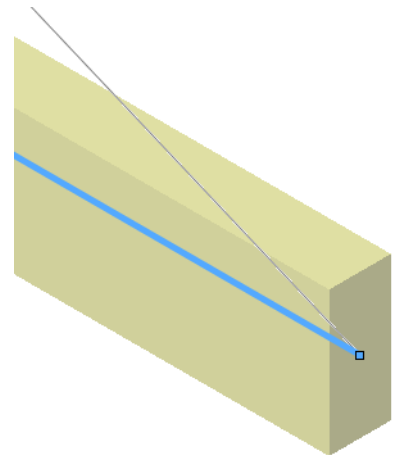
Informations supplémentaires sur les profils de construction soudée

Un type plus général de profil de construction soudée inclurait un **Point**  au centre de chaque arête, comme indiqué ci-dessous. Cela pourrait apporter plus de flexibilité dans le positionnement du profil. Ils ne sont pas nécessaires dans cet exemple.



Création d'une esquisse de construction soudée

L'esquisse de construction soudée est utilisée pour définir l'emplacement et la longueur de tous les éléments mécano-soudés.



16 Ouvrir la pièce **M Roof Truss** (poutre triangulée de charpente M).

Cliquez sur **Ouvrir** .

Dans la fenêtre **Ouvrir**, cliquez sur le type :

Fichiers SOLIDWORKS (*.sldprt; *.sldasm; *.slddrw) et naviguez jusqu'au dossier *Bridge Design Project\Student\Lesson 9*.

Sélectionnez *M Roof Truss.sldprt* et cliquez sur **Ouvrir**.

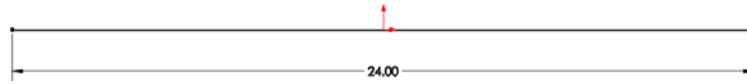
Remarque : les unités de cette pièce sont en **pieds** et le matériau est défini sur **Pin**.

17 Passer à une vue de face.

Cliquez sur **Orientation de la vue**  et cliquez sur **Face** .

18 Editer l'esquisse.


Modifiez l'esquisse *Sketch1*. Pour plus d'informations, voir Editer l'esquisse à la page 104.




Esquisser une ligne

Chaque ligne définit un élément mécano-soudé unique dans la construction soudée.

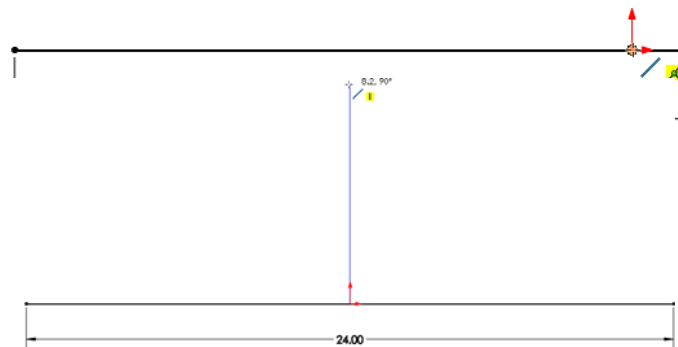
Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Esquisse > Ligne** 
- Menu : **Outils, Entités d'esquisse, Ligne**
- Menu contextuel : cliquez à l'aide du bouton droit de la souris dans l'esquisse, puis sélectionnez **Ligne**

19 Ligne verticale.

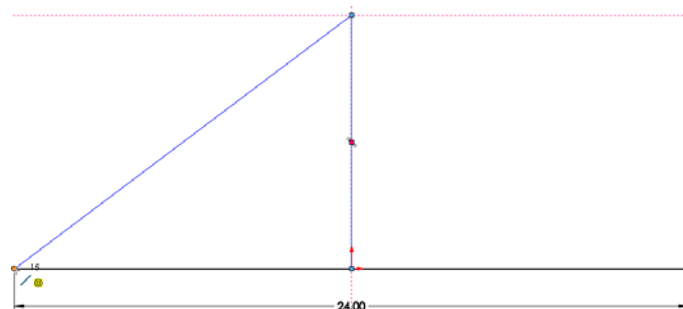
Cliquez sur **Ligne** . Cliquez sur l'origine, déplacez le curseur verticalement, puis cliquez de nouveau comme indiqué.

Remarque : le marqueur de relation **Verticale**  indique que la ligne est parfaitement verticale.



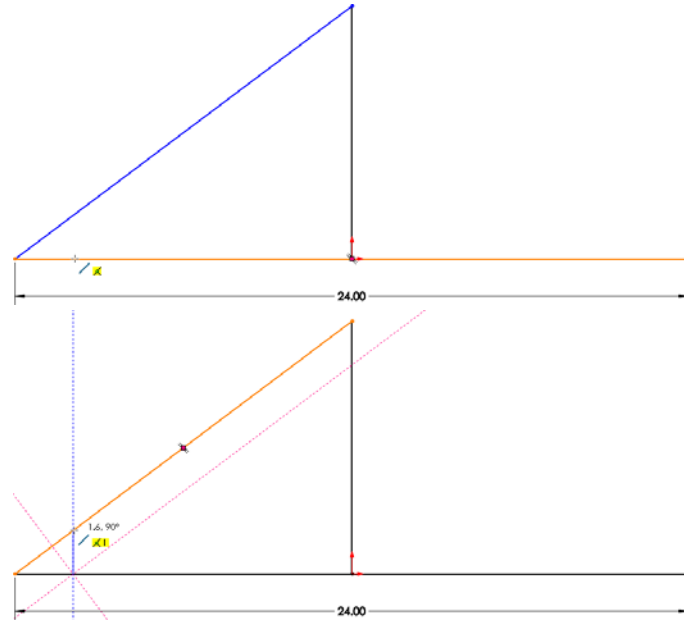
20 Ligne non horizontale/verticale.

Cliquez de nouveau sur l'extrémité inférieure gauche pour ajouter une nouvelle ligne comme indiqué.




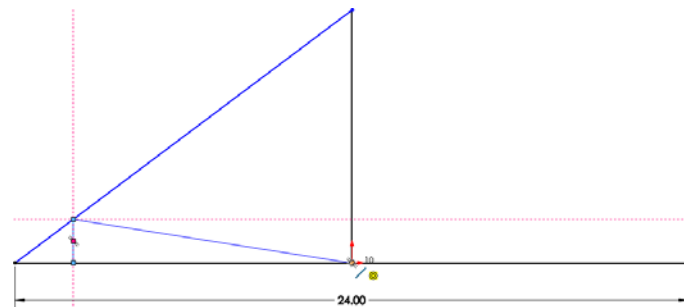
21 Entretoise verticale.

Créez une ligne en cliquant sur la ligne horizontale inférieure et en déplaçant le curseur verticalement vers le haut. Cliquez de nouveau sur la ligne non horizontale/verticale pour créer une courte ligne verticale.




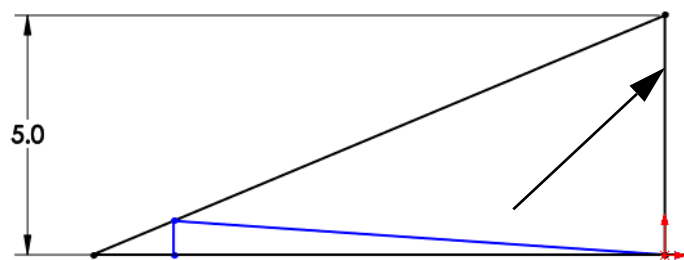
22 Entretoise non horizontale/verticale.

Retournez vers l'origine et cliquez de nouveau pour créer une entretoise non horizontale/verticale. Cliquez sur .




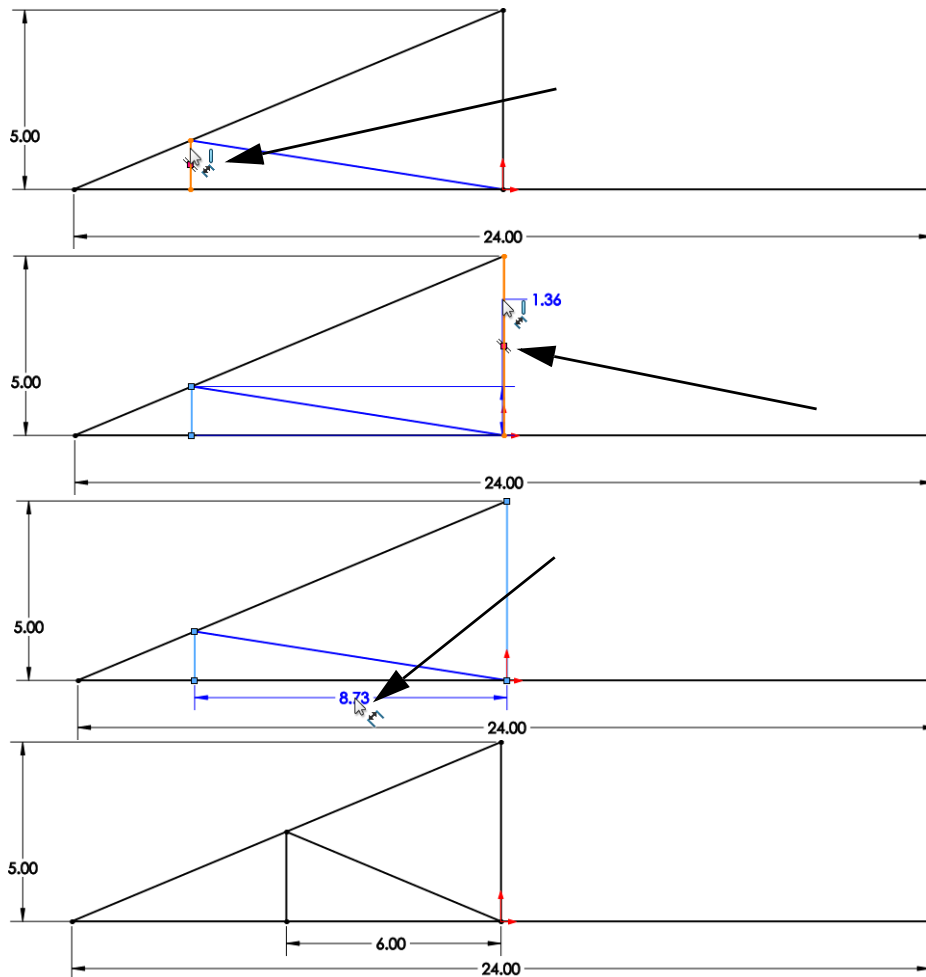
23 Cotation verticale.

Cliquez sur **Cotation intelligente**  puis sur la ligne verticale et ajoutez une cote. Définissez la valeur de la cote sur **5** comme indiqué.



24 Cote entre lignes.


Cliquez sur la courte ligne verticale suivie de la ligne de construction verticale. Cliquez au-dessous de l'esquisse et placez la cote. Définissez la valeur de la cote sur **6**, puis cliquez sur .



Entités symétriques

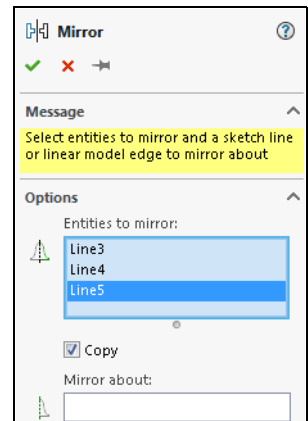
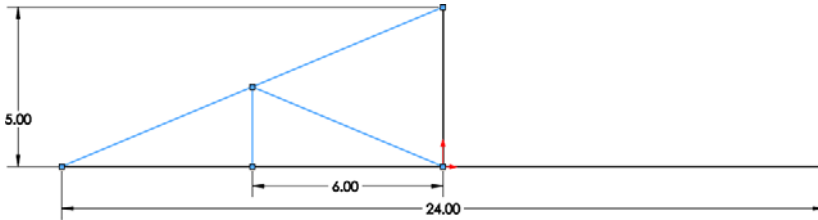
Une géométrie d'esquisse peut être copiée en la symétrisant à travers une ligne.

Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Esquisse > Entités symétriques** 
- Menu : **Outils, Outils d'esquisse, Symétrie**

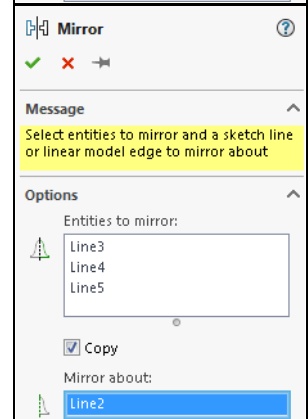
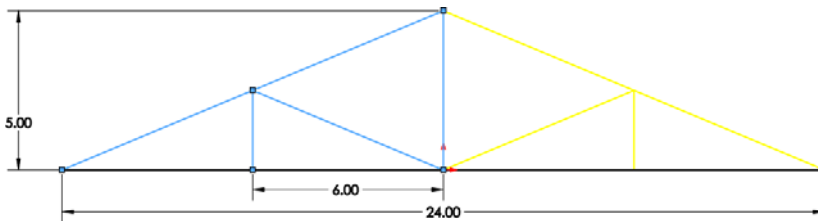
25 Entités à symétriser.

Cliquez sur **Entités symétriques**  puis sur les trois lignes indiquées ci-dessous.



26 Symétrie par rapport à.

Cliquez dans le champ **Symétrie par rapport à**, puis sur la ligne de construction verticale comme indiqué. Cliquez sur .



27 Quitter l'esquisse.

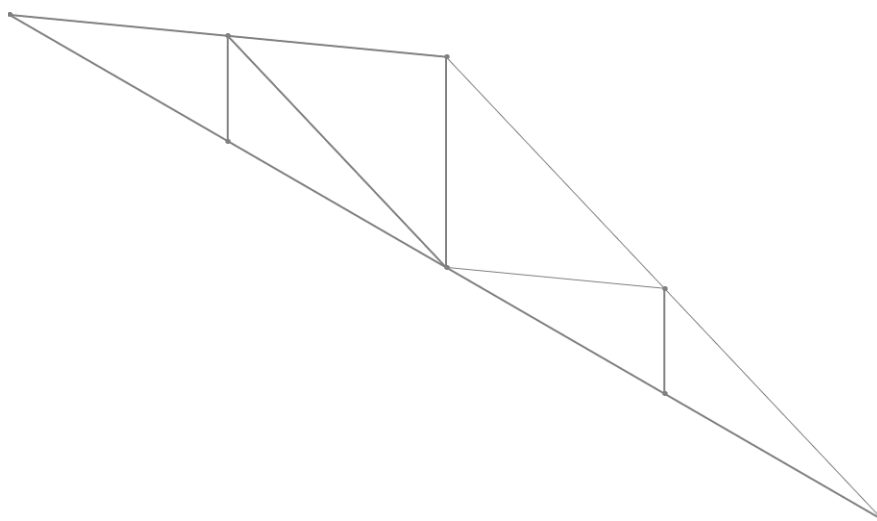
Cliquez sur **Quitter l'esquisse**  dans le coin supérieur droit de l'écran.

28 Enregistrer.

Cliquez sur **Enregistrer** .

29 Passer à une vue isométrique.

Cliquez sur **Orientation de la vue**  et cliquez sur **Isométrique** .



Ajout d'éléments mécano-soudés

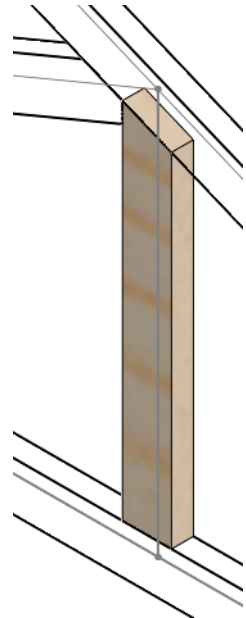
Les éléments mécano-soudés sont ajoutés à l'aide de la géométrie d'esquisse avec un profil sélectionné.

Élément mécano-soudé

La longueur d'un élément mécano-soudé est déterminée par la longueur et l'emplacement de la ligne sélectionnée.

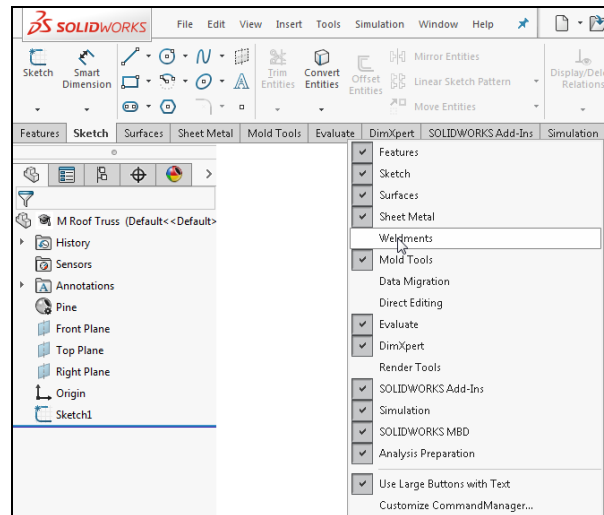
Groupe

Les groupes sont des ensembles de sélections qui obligent un élément mécano-soudé à s'ajuster par rapport aux autres. Cela permet d'ajuster automatiquement chaque élément mécano-soudé à la taille et la forme correctes.




Onglets du Gestionnaire de commandes


Les onglets du Gestionnaire de commandes ne sont pas tous visibles. Si l'onglet **Constructions soudées** n'est pas visible, cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur n'importe quel onglet du Gestionnaire de commandes puis sur **Constructions soudées** pour l'afficher.

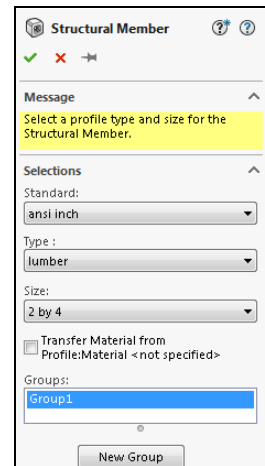
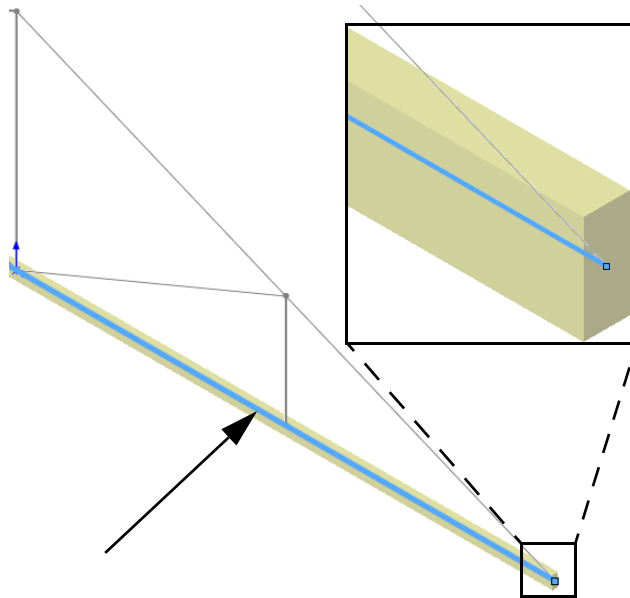


Comment y accéder

- Gestionnaire de commandes CommandManager : **Constructions soudées > Élément mécano-soudé** 
- Menu : **Insérer, Constructions soudées, Élément mécano-soudé**

30 Élément mécano-soudé.

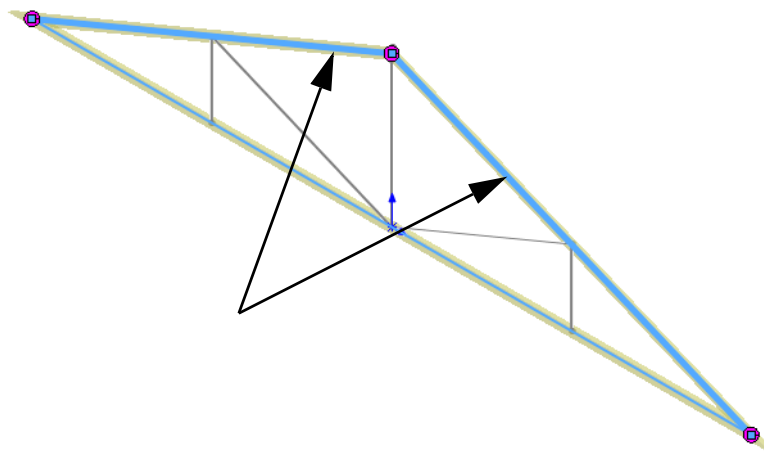
Cliquez sur **Élément mécano-soudé**  puis cliquez sur *ansi inch*, *lumber* et *2 by 4*. Cliquez sur la ligne horizontale inférieure comme indiqué. Ne cliquez pas encore sur OK.



Remarque : l'aperçu affiche l'orientation du profil tel qu'il est appliqué à la ligne.

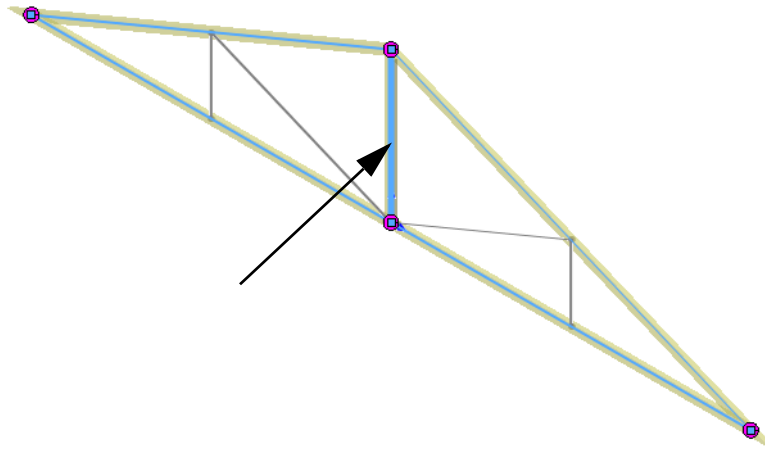
31 Nouveau groupe.

Cliquez sur **Nouveau groupe** et sélectionnez les deux lignes supérieures non horizontales/verticales. Ne cliquez pas encore sur OK.



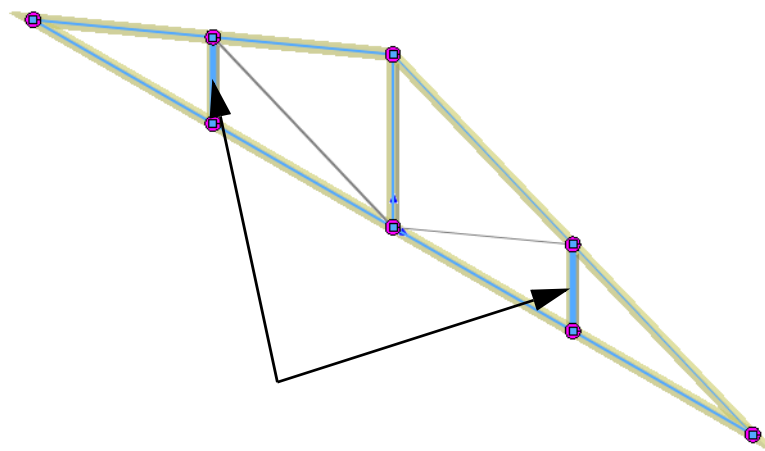
32 Nouveau groupe suivant.

Cliquez sur **Nouveau groupe** et sélectionnez la ligne de construction verticale. Ne cliquez pas encore sur OK.




33 Nouveau groupe suivant.

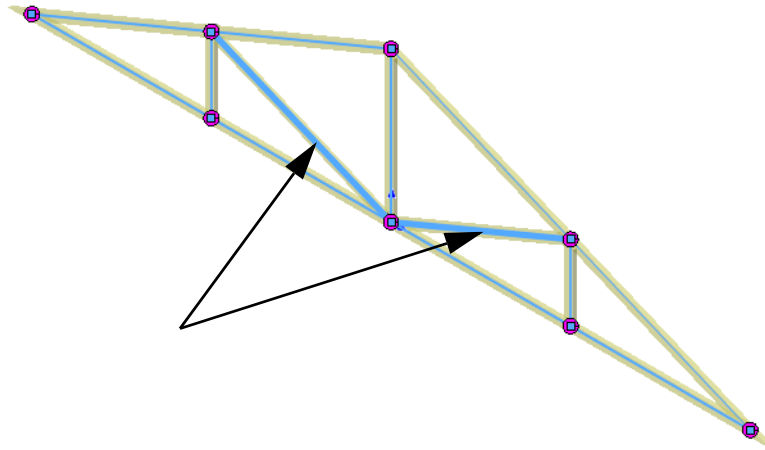
Cliquez sur **Nouveau groupe** et sélectionnez les deux lignes verticales extérieures. Ne cliquez pas encore sur OK.



34 Nouveau groupe final.

Cliquez sur **Nouveau groupe** et sélectionnez les deux lignes extérieures non horizontales/verticales.


Cliquez sur .

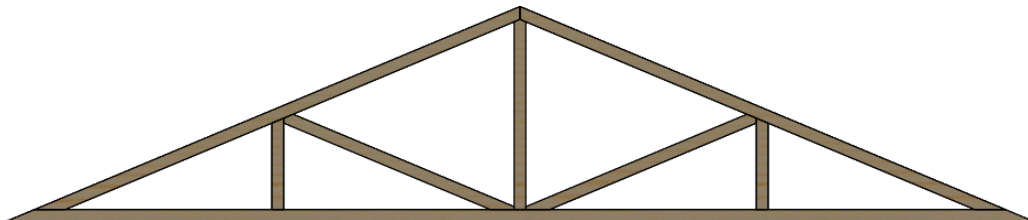


35 Passer à une vue de face.

Cliquez sur **Orientation de la vue**  et cliquez sur **Face** .

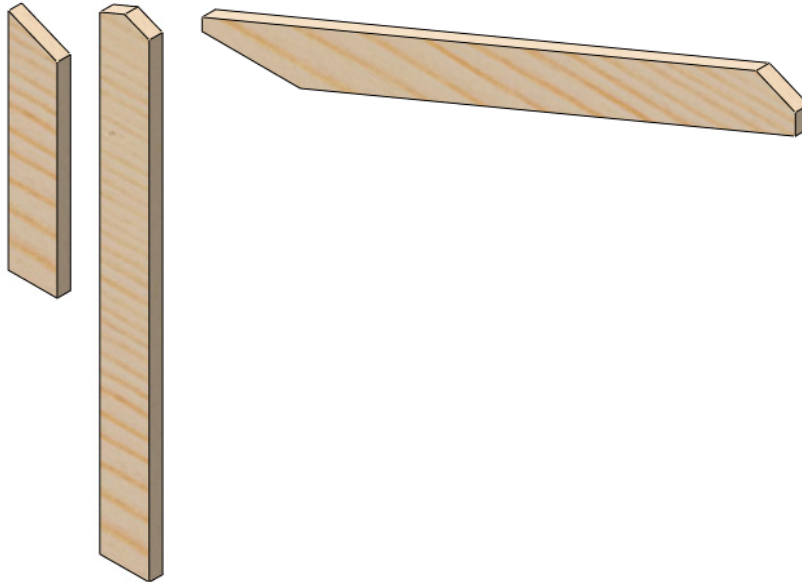
36 Cacher l'esquisse.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur *Sketch1* (Esquisse1), puis sélectionnez **Cacher** .




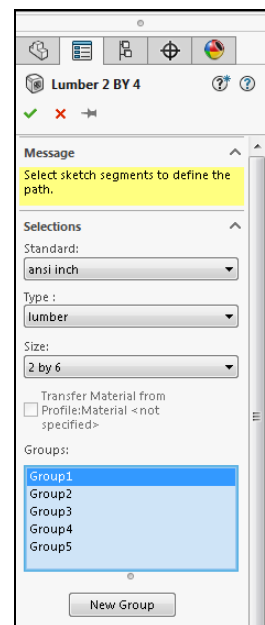
Corps multiples

Le résultat de l'ajout d'éléments mécano-soudés est la création de corps multiples dans la pièce. Grâce à l'utilisation de **Nouveau groupe**, chaque élément est ajouté à la bonne taille et la bonne forme.




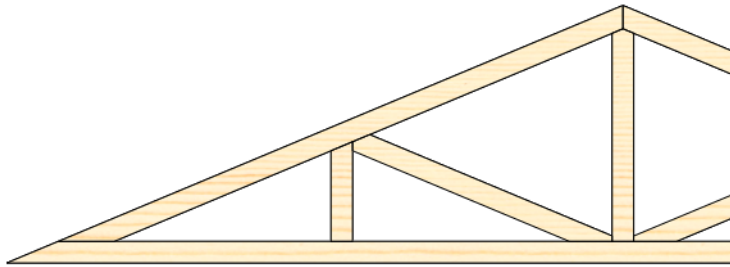
37 Éditer la fonction.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur la fonction *Structural Member1* (élément mécano-soudé1) puis sur **Editer la fonction** .



38 Modifier la taille.

Définissez la **Taille** sur 2 by 6 et cliquez sur .



39 Fermer la pièce.

Cliquez sur **Fichier, Fermer** puis cliquez sur **Enregistrer** pour enregistrer les modifications.

Terme	Définition
analyse	Procédure de modélisation du comportement d'une structure afin de déterminer si elle peut résister aux chargements externes pour lesquels elle a été conçue. La procédure calcule des grandeurs telles que les déplacements, contraintes et le coefficient de sécurité.
animer	Afficher un modèle ou un eDrawing sous forme dynamique. L'animation simule le déplacement ou affiche différentes vues.
Arbre d'Études Simulation	Structure arborescente similaire à l'Arbre de Création FeatureManager qui contient les fonctions composant la simulation.
Arbre de Création FeatureManager	L'Arbre de Création FeatureManager, sur le côté gauche de la fenêtre SOLIDWORKS, donne une vue de la conception de la pièce, de l'assemblage ou de la mise en plan active.
assemblage	Un assemblage est un document dont les pièces, éléments et autres assemblages (sous-assemblages) sont contraints ensemble. Les pièces et les sous-assemblages existent dans des documents distincts de l'assemblage. L'extension des noms des fichiers d'assemblage SOLIDWORKS est *.sldasm.
chargement externe	Force ou pression appliquée à une structure de l'extérieur. Pour une poutre de pont, ce pourrait être par exemple le poids d'un train.
coefficient de sécurité	Une valeur calculée dans une analyse et déterminant si une structure est suffisamment robuste pour résister aux chargements externes qui lui sont appliqués.
composant	Un composant est une pièce ou sous-ensemble d'un assemblage.
construction soudée	Structure basée sur une esquisse 2D ou 3D, un profil et des corps multiples dans une pièce unique.
contrainte	La contrainte décrit la partie du modèle qui ne peut pas se déplacer dans l'analyse.
contrainte	La contrainte est une quantité mesurée par une force par unité de surface dans une structure, induite par les charges externes appliquées à l'extérieur de la structure. Les unités courantes sont les pascals et les livres par pouce carré.
déplacement	Déplacement d'une poutre par rapport à sa position d'origine après application d'un chargement.

Terme	Définition
déplacement imposé	Les déplacements imposés servent à limiter les déplacements des points dans le modèle. Ils sont également appelés contraintes.
document	Un document SOLIDWORKS est un fichier contenant une pièce, un assemblage ou une mise en plan.
eDrawing	Représentation compacte d'une pièce, d'un assemblage ou d'une mise en plan. Les eDrawings sont suffisamment compacts pour être envoyés par e-mail. Ils peuvent être créés pour un certain nombre de types de fichiers de CAO, notamment les fichiers SOLIDWORKS et les fichiers contenant des données SOLIDWORKS.
élément	Forme simple utilisée pour représenter une partie du modèle. L'ensemble des éléments représente la totalité du modèle.
élément mécano-soudé	Corps simple dans une construction soudée représentant une poutre ou une longueur de bois d'œuvre.
environnement	Facteurs extérieurs ayant une influence sur la structure. Ils comprennent les chargements externes qui lui sont appliqués et les emplacements où les déplacements sont imposés.
esquisse	Une esquisse 2D est un ensemble de lignes et d'autres objets 2D sur un plan ou une face qui forme la base d'une fonction telle qu'une fonction de base ou de bossage. Une esquisse 3D est non plane et peut être utilisée pour indiquer la trajectoire lors de la création d'un lissage ou d'un balayage, par exemple.
étapes d'analyse structurelle	Les étapes d'une analyse générique incluant le prétraitement (configuration), l'analyse et le post-traitement (consultation des résultats). Précisément, nous utilisons SOLIDWORKS Simulation.
étude de simulation	Un dossier utilisé pour stocker une analyse complète, en particulier les matériaux, les déplacements imposés, les chargements externes et le maillage.
face	Une face est une zone sélectionnable (plane ou autre) d'un modèle ou une surface dotée de limites aidant à définir la forme du modèle ou de la surface. Par exemple, un parallélépipède rectangle a six faces.
feuille de mise en plan	Une feuille de mise en plan est une page d'un document de mise en plan.
flexion	Ce qui arrive à une poutre chargée le long de sa longueur. Parfois appelée courbure.
fonction	Une fonction est une forme individuelle qui, combinée avec d'autres fonctions, forme une pièce ou un assemblage. Les fonctions apparaissent toujours dans l'Arbre de Création FeatureManager.

Terme	Définition
ligne	Une ligne est une entité d'esquisse droite avec deux points d'extrémité. Une ligne peut être créée en projetant dans l'esquisse une entité externe, telle une arête, un plan, un axe ou une courbe d'esquisse.
limite d'élasticité	Limite de résistance d'une poutre basée sur les contraintes dans la poutre.
maillage	Processus de division du modèle en sections de petite taille appelées éléments.
matériau	Ce qui permet de créer les poutres de la structure. Dans une structure réelle, on utilise couramment de l'acier, mais il pourrait s'agir de bois ou de béton. Dans notre cas, nous utilisons du bois.
mise en plan	Une mise en plan est une représentation en 2D d'une pièce ou d'un assemblage en 3D. L'extension d'un fichier de mise en plan SOLIDWORKS est *.slddrw.
modèle	Un modèle est la géométrie volumique 3D dans un document de pièce ou d'assemblage. Si un document de pièce ou d'assemblage a plusieurs configurations, chacune d'entre elles est un modèle séparé.
newton	L'unité de force SI (m·kg·s ⁻²). Une force égale à un newton accélère une masse d'un kilogramme à la vitesse d'un mètre par seconde. En mesures anglaises traditionnelles, un newton représente environ 0,225 livres de force (lbf). Le newton a reçu son nom d'Isaac Newton (1642-1727). Il a été le premier à comprendre clairement la relation entre la force (F), la masse (m) et l'accélération (a) ; cette relation est exprimée par la formule $F = ma$.
nœud	Point servant à connecter et donner une forme aux éléments.
pascal	Unité de force SI (m·kg·s ⁻²) de pression et de contrainte. Elle est égale à un newton par mètre carré. En mesures anglaises traditionnelles, un pascal représente environ $145,04 \times 10^{-6}$ livres par pouce carré (psi). Puisqu'il s'agit d'une très petite quantité, les unités apparentées (mégapascals) et kPa (mille Pa) sont souvent utilisées. Le pascal est nommé ainsi d'après le célèbre mathématicien et physicien Blaise Pascal (1623-1662).
pièce	Une pièce est un objet 3D unique composé de fonctions. Une pièce peut devenir un composant dans un assemblage et peut être représentée en 2D dans une mise en plan. Il peut s'agir, par exemple, d'un boulon, d'un goujon, de plaques, etc. L'extension des noms des fichiers de pièce SOLIDWORKS est .sldprt.
poutre	Une poutre est un élément structural de section transversale constante. Elle est généralement chargée en flexion.
poutre triangulée	Une structure de pont simple couramment utilisée dans les chemins de fer.
profil de construction soudée	Esquisse 2D représentant la section transversale d'un élément mécano-soudé.

Terme	Définition
rectangle	Combinaison de quatre lignes composant une forme rectangulaire dans une esquisse.
répartition des contraintes	Une « carte » de couleurs affichant le degré de contrainte n'importe où sur la pièce. Les couleurs permettent de représenter des plages de valeurs de contrainte.
résistance	La force ou résistance d'une poutre fait intervenir à la fois la forme de sa section transversale (moment d'inertie) et son matériau.
SOLIDWORKS Simulation	Logiciel intégré dans SOLIDWORKS qui permet d'effectuer une analyse structurelle.
structure	Un ensemble de poutres utilisé pour former une pièce unique. Dans SOLIDWORKS, ce type de pièce s'appelle une construction soudée; il s'agit de plusieurs pièces soudées en une seule.
système d'unités	Combinaison d'unités de longueur, de masse et de temps habituellement définie par les sélections comme IPS ou MMGS.
tension et compression	Forces intérieures dans une poutre causées par la flexion.
vue nommée	Une vue nommée est une vue spécifique d'une pièce ou d'un assemblage (isométrique, dessus, etc.) ou un nom spécifié par l'utilisateur pour une vue particulière. Les vues nommées de la liste Orientation de la vue peuvent être insérées dans les mises en plan.
zone graphique	La zone graphique est la zone dans la fenêtre de SOLIDWORKS où apparaît la pièce, l'assemblage ou la mise en plan.