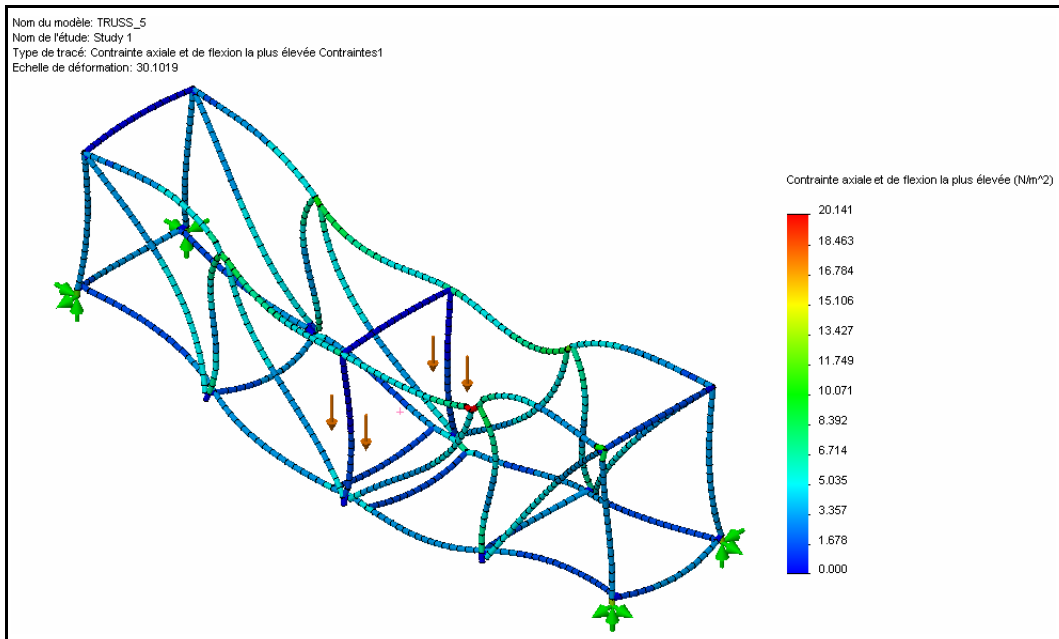


Projet de conception de pont avec le logiciel SolidWorks®



Dassault Systèmes SolidWorks
Corporation
300 Baker Avenue

En dehors des États-Unis : +1-978-371-5011
Télécopie : +1-978-371-7303
Courrier électronique : info@solidworks.com
Web : <http://www.solidworks.com/education>

© 1995-2010, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, une société de Dassault Systèmes S.A., 300 Baker Avenue, Concord, Mass. 01742 USA. 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 et 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 ne peut être considéré comme une modification ou un amendement d'une disposition quelconque, en particulier des garanties, du Contrat de licence.

Avis de brevets

Le logiciel de CAO 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 ; et des brevets non américains (EP 1 116 190 et JP 3 517 643 par exemple).

Le logiciel eDrawings® est protégé par le brevet américain 7 184 044 ; le brevet américain 7 502 027 ; et le brevet canadien 2 318 706. Brevets américains et non américains en instance.

Marques et noms de produits pour les produits et services SolidWorks

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

CircuitWorks, Feature Palette, FloXpress, PhotoWorks, TolAnalyst et XchangeWorks sont des marques de DS SolidWorks.

FeatureWorks est une marque déposée de Geometric Software Solutions Ltd.

SolidWorks 2011, SolidWorks Enterprise PDM, SolidWorks Simulation, SolidWorks Flow Simulation et eDrawings Professional sont des noms de produits 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

Mention relative aux droits restreints du gouvernement des États-Unis. L'utilisation, la duplication ou la révélation par le gouvernement des États-Unis sont soumises aux restrictions énoncées dans la section FAR 52.227-19 (Logiciel informatique commercial - Droits limités) et la section DFARS 227.7202 (Logiciels informatiques commerciaux et documentation relative aux logiciels informatiques commerciaux) et le contrat de licence, selon le cas.

Contractant/Fabricant :

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts 01742 USA

Avis de droits d'auteur pour les produits SolidWorks Standard, Premium, Professional et Education

Certaines parties de ce logiciel © 1986-2010 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Tous droits réservés.

Certaines parties de ce logiciel © 1986-2010 Siemens Industry Software Limited. Tous droits réservés.

Certaines parties de ce logiciel © 1998-2010 Geometric Ltd.

Certaines parties de ce logiciel © 1996-2010 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

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

Certaines parties de ce logiciel © 2001 - 2010 Luxology, Inc. Tous droits réservés, brevets en instance.

Certaines parties de ce logiciel © 2007 - 2010 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 cours.

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

Pour obtenir de plus amples informations sur les droits d'auteurs, consultez la boîte de dialogue Aide >A propos de SolidWorks.

Avis de droits d'auteur pour les produits SolidWorks Simulation

Certaines parties de ce logiciel © 2008 Solversoft Corporation.

PCGLSS © 1992-2007 Computational Applications and System Integration, Inc. Tous droits réservés.

Avis de droits d'auteur pour le produit Enterprise PDM

Outside In® Viewer Technology, © Copyright 1992-2010, Oracle.

© Copyright 1995-2010, Oracle. Tous droits réservés.

Certaines parties de ce logiciel © 1996-2010 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

Avis de droits d'auteur pour les produits eDrawings

Certaines parties de ce logiciel © 2000-2010 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 © 1998-2010 Open Design Alliance. Tous droits réservés.

Certaines parties de ce logiciel © 1995-2009 Spatial Corporation. Ce logiciel est fondé en partie sur le travail d'Independent JPEG Group.

Table des matières

Leçon 1 : Présentation	1
Utilisation de ce manuel	2
Qu'est-ce que le logiciel SolidWorks ?	2
Prérequis	2
Conventions utilisées	3
Avant de commencer	3
Analyse d'une structure à l'aide de SolidWorks et de SolidWorks Simulation	6
Leçon 2 : Conception de structure.....	7
Qu'est-ce qu'une structure ?	8
Conceptions de structure.....	9
Poutres triangulées	9
Poutres	10
Résistance	11
Forme de la section transversale	12
Déplacement.....	12
Matériau	14
Parois avec poutres à treillis	15
Triangles.....	15
Leçon 3 : Utilisation du formulaire de flexion	17
Utilisation des formules de flexion.....	18
Ordre de grandeur	18
Démarrage de SolidWorks et ouverture d'une pièce.....	19
Ajout de SolidWorks Simulation	19
La géométrie du modèle.....	20
Simplification de l'analyse	20
La poutre en appui simple.....	21
Déplacements imposés	21

Chargements externes	21
Modèle théorique	21
Pourquoi les poutres en appui simple sont-elles importantes ?.....	22
Données requises pour le calcul de poutre.....	23
Collecter les données.....	24
Affecter un matériau	25
Propriétés de section.....	26
Utilisation de l'outil Mesurer.....	28
Formulaire de flexion	29
Leçon 4 : Analyse de la structure.....	31
Analyse de la structure.....	32
Qu'est-ce que SolidWorks Simulation ?	32
Analyse structurelle.....	33
Phases de l'analyse structurelle	34
Cycle de conception	35
Modifications du modèle.....	35
Création d'une étude.....	36
Arbre de création FeatureManager et arbre d'études Simulation	37
L'environnement	37
Définition des unités	40
Prétraitement.....	40
Matériau	40
Déplacements imposés	41
Forces externes.....	42
Maillage du modèle.....	45
Analyse	46
Attentes	46
Eléments de terminologie	47
Flexion et déplacement	47
Tension et compression	48
Contraintes	48
Limite d'élasticité.....	48
Coefficient de sécurité.....	49
Post-traitement	49
Interprétation des résultats.....	50
Création d'un nouveau tracé	51
Itération des modifications	52
Détermination de la charge	52
Modification des données de simulation.....	52
Conclusion	53

Leçon 5 : Modification des conceptions.....	54
Ajout à la conception.....	55
Ouverture du modèle.....	55
Etude existante.....	55
Modification de la charge.....	56
Cadre d'entretoisement.....	57
Ouverture du modèle.....	57
Etude existante.....	57
Qu'a apporté l'entretoisement croisé ?	58
Utiliser les tracés.....	58
Facteur de tracé des déformations.....	58
Superposition du modèle.....	59
Le maillon le plus faible.....	60
Utilisation d'une sonde	61
Modification du format des nombres	62
Solution.....	63
Achèvement de l'entretoisement	64
Comparaison des contraintes.....	64
Poutres supérieures	66
Rapport résistance sur poids	67
Comparaison d'efficacité	68
Pour en savoir plus.....	69
Lecture du tracé.....	70
Leçon 6 : Utilisation d'un assemblage.....	71
Création d'un assemblage.....	72
Essai à l'aide du bloc de test	72
Modification du modèle.....	74
Détection de collision.....	75
Mise à jour de l'analyse	76
Leçon 7 : Création de mises en plan de la structure	78
Mises en plan	79
Création d'une mise en plan et de vues	79
Qu'est-ce qu'une table de liste des pièces soudées ?	81
Pourquoi les deux éléments sont-ils de la même longueur ?	82
Bulles.....	83
Leçon 8 : Rapports et SolidWorks eDrawings®	84
Rapports et SolidWorks eDrawings.....	85
Création d'un rapport.....	85
SolidWorks eDrawings® pour le partage des informations	88

Avantages présentés par les eDrawings	88
Affichage des eDrawings	88
Création d'un fichier SolidWorks eDrawings	89
L'interface utilisateur d'eDrawings	90
Fonctionnalités des eDrawings	90
Lecture d'une animation eDrawings	91
Enregistrement des eDrawings.....	91
Enregistrement de l'eDrawing	91
Pour en savoir plus.....	93
Leçon 9 : Construction et essai de la structure	94
Construction de la structure	95
Découpe à longueur.....	95
Essai de la structure	103
Création de la travée	103
Détails	103
Application de la charge	104
Utilisation d'objets courants de poids connus.....	104
Glossaire	105

Leçon 1

Présentation

A la fin de cette leçon, vous devriez être capable de :

- 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 apprendre les principes de l'analyse de structure à l'aide de SolidWorks et SolidWorks Simulation, intégrés dans une procédure de conception créative par itération.

Dans ce projet, vous allez apprendre par la pratique lors de la réalisation d'une analyse de structure.

Qu'est-ce que le logiciel SolidWorks ?

SolidWorks est un logiciel d'automatisation des conceptions. Vous pouvez avec SolidWorks esquisser vos idées et faire des expériences avec 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 en ligne suivants, intégrés au logiciel SolidWorks :

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

Vous pouvez accéder aux tutoriels en ligne en cliquant sur **?, Tutoriels SolidWorks, Tous les tutoriels SolidWorks (Groupe 1)**. Le tutoriel en ligne redimensionne la fenêtre de SolidWorks pour s'exécuter à son côté.

Alternativement, vous pouvez suivre les leçons répertoriées ci-dessous dans l'ouvrage *Introduction à la conception mécanique avec SolidWorks* :

- Leçon 1 : Utilisation de l'interface
- Leçon 2 : Fonctionnalités 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
Bold Sans Serif	Ce style est utilisé pour les commandes et les options de SolidWorks. Par exemple, Insertion , Bossage signifie choisissez l'option Bossage à partir du menu Insertion .
Typewriter	Ce style est utilisé pour les noms de fonctions et de fichiers. Exemple, Sketch1 (Esquisse1).
17 Etape à accomplir	Les étapes de ces leçons sont numérotées en caractères du type bold sans serif.

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.

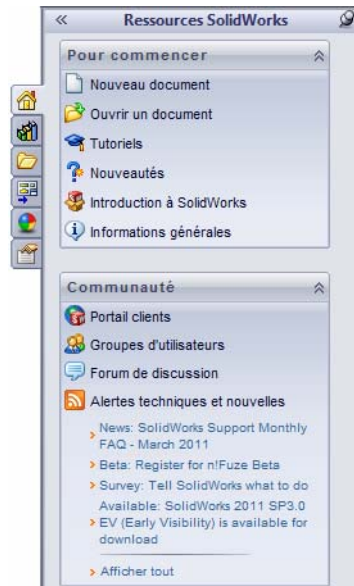
1 Démarrez SolidWorks.

Démarrez l'application SolidWorks par le menu **Démarrer**.

2 Ressources SolidWorks.

Cliquez sur l'onglet **SolidWorks Resources**

 puis sur **Student Curriculum**.



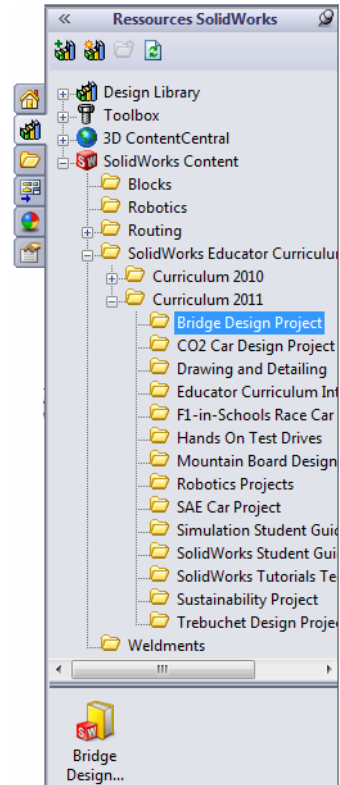
3 Contenu SolidWorks.

Développez le dossier SolidWorks Educator Curriculum (Programme d'enseignement de SolidWorks).

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.



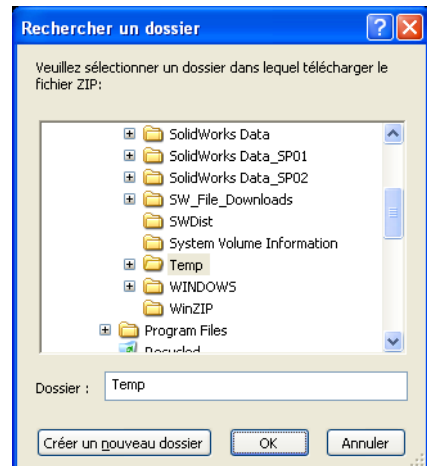
4 Télécharger le fichier Zip.

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**.

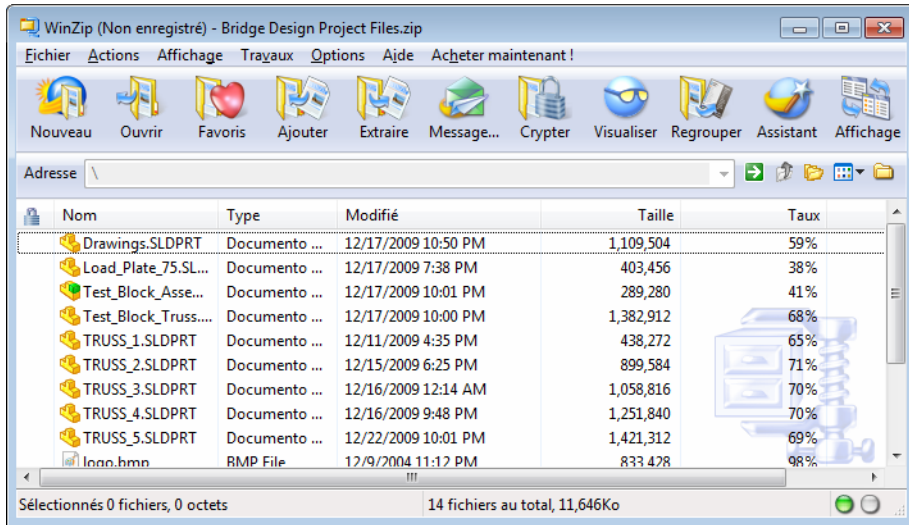


Conseil : Rappelez-vous où vous l'avez enregistré.

5 Ouvrir le fichier Zip.

Parcourez les dossiers jusqu'à celui où vous avez enregistré le fichier Zip dans 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 dans 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 : Rappelez-vous où vous l'avez enregistré.

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 95).

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, complète avec une liste de pièces soudées. Si vous disposez d'une imprimante, vous pourrez imprimer un exemplaire de votre mise en plan.

Leçon 2

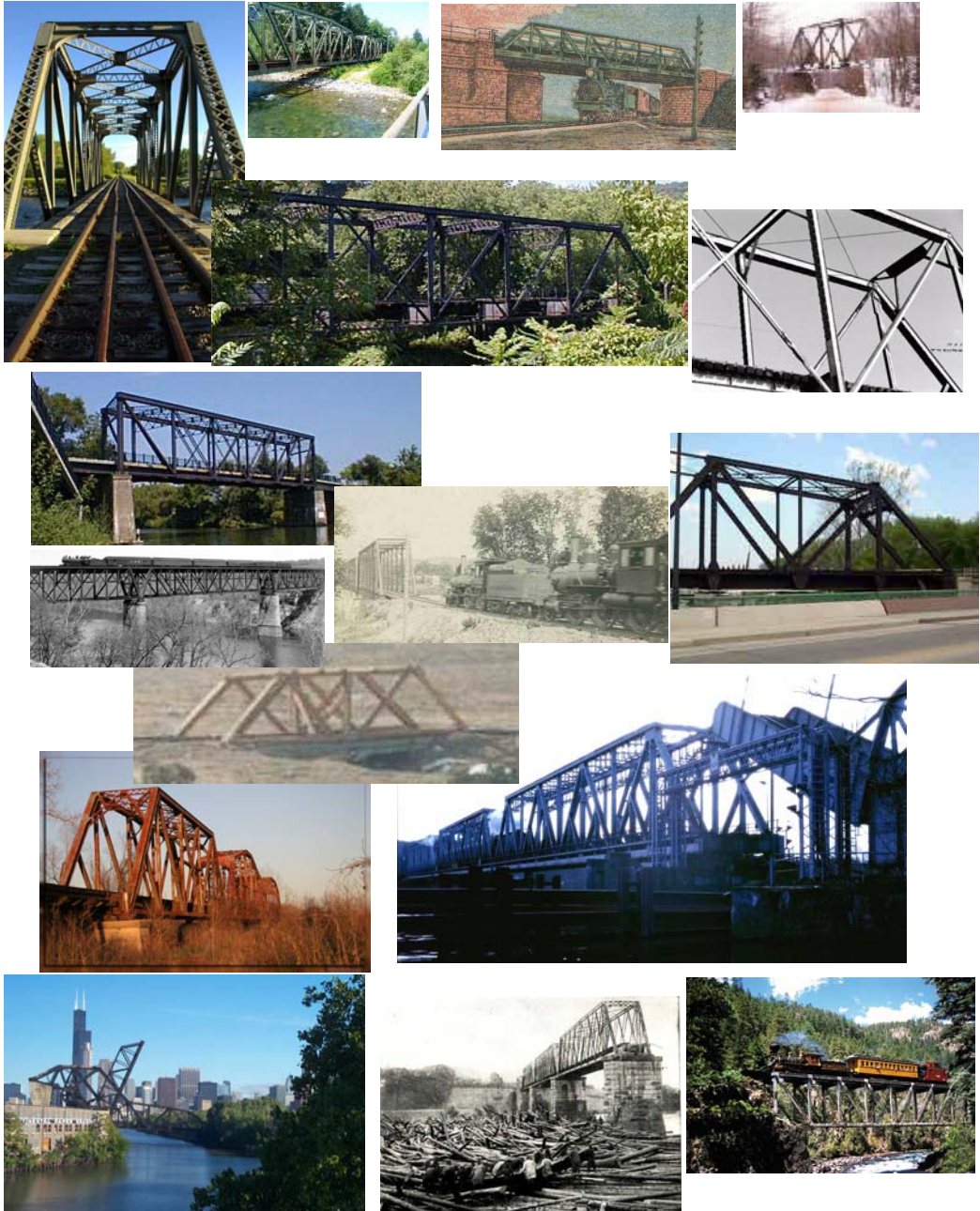
Conception de structure

A la fin de cette leçon, vous devriez être capable de :

- 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, de trafics automobiles ou piétons. Vous en voyez des exemples 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

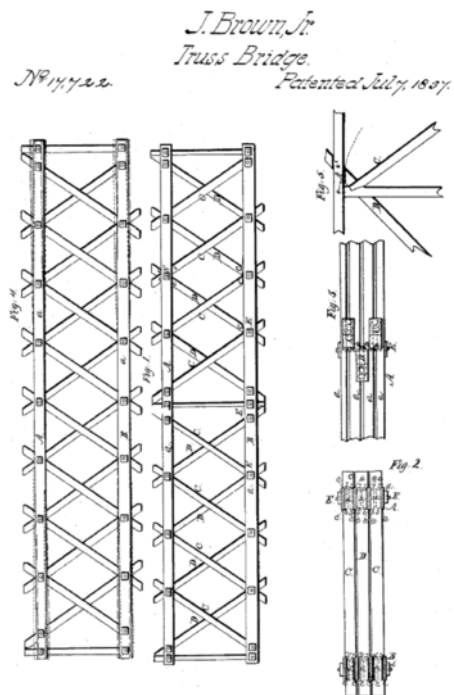
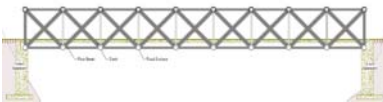
Les poutres triangulées sont des types de structures spécifiques couramment utilisés sur les ponts de chemin de fer. Elles sont le plus souvent constituées d'une surface de route ou de rail (tablier), de deux parois et parfois d'entretoises supérieures. Vous allez analyser une conception de poutre triangulée.



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

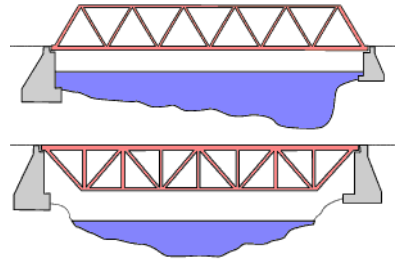
Poutre triangulée de type Brown

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 les poutres entretoises (diagonales) pour la soutenir.



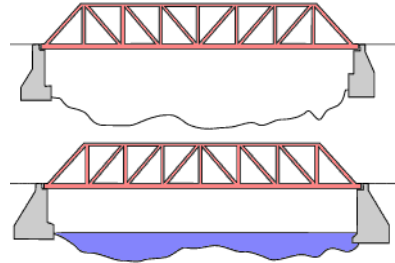
Poutre triangulée Warren

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



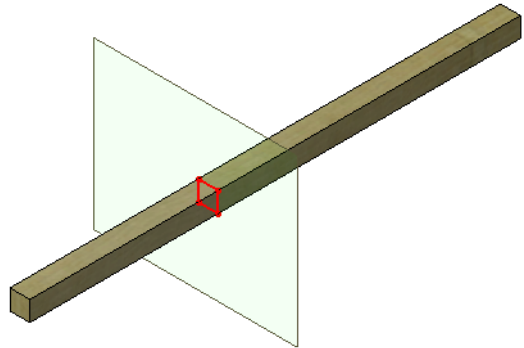
Poutres triangulées Pratt et Howe

Les poutres triangulées Pratt et Howe sont très comparables. Tout comme la poutre triangulée Warren inversée présentée ci-dessus, les deux ont des entretoises verticales et transversales. La différence est dans la direction des entretoises transversales.



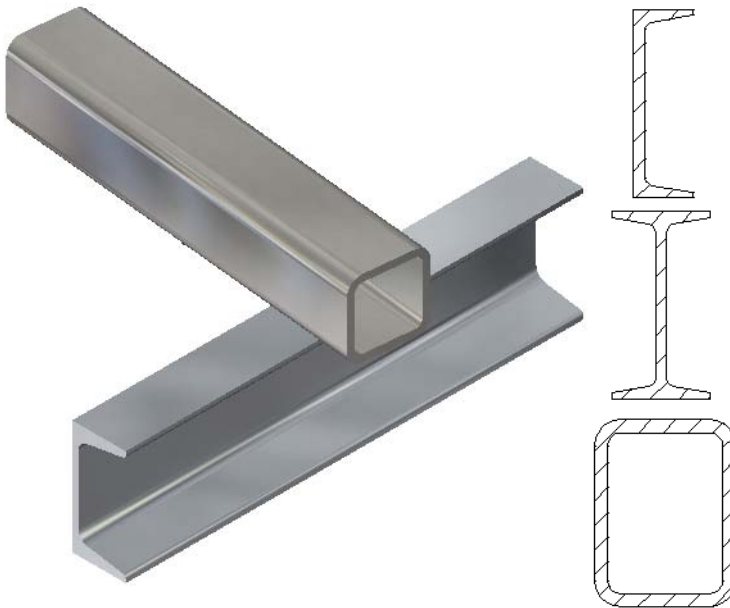
Poutres

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



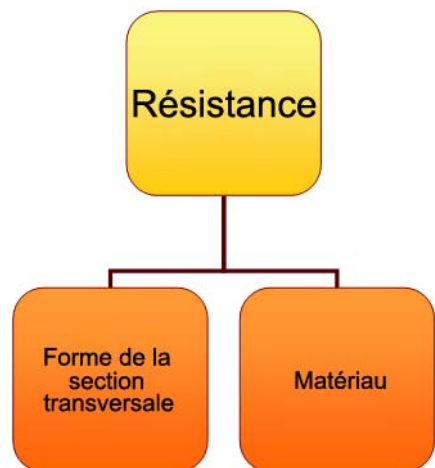
Poutres d'acier

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



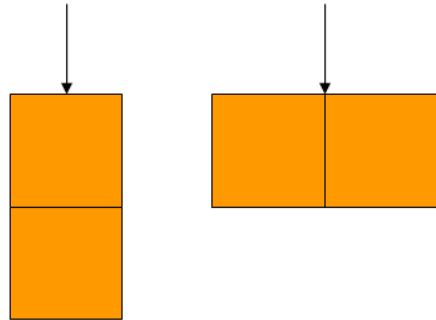
Résistance

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



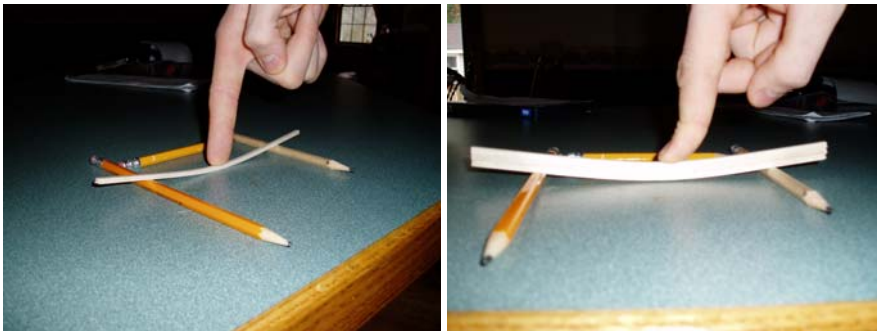
Forme de la section transversale

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.



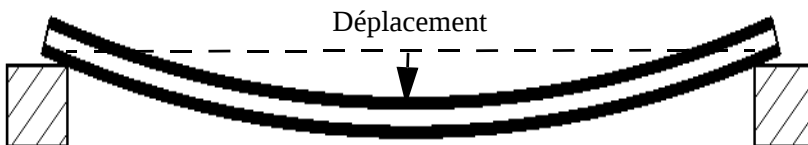
Essayez !

Remarquez la différence en 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.



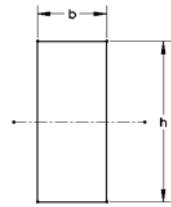
Déplacement

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 raison pour laquelle les poutres plus profondes sont plus résistantes est le **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.

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

Essayez 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.

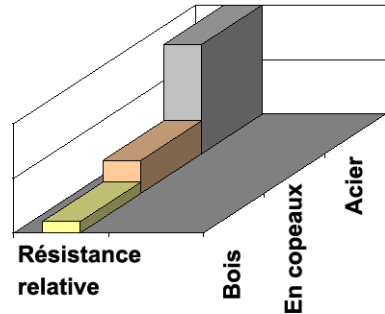
Nombre de sections transversales	Disposition des sections transversales	b	h	Moment d'inertie de zone
1		3,175 mm	3,175 mm	_____
2 empilées		3,175 mm	2 X 3,175 mm	_____
2 côte à côte		2 X 3,175 mm	3,175 mm	_____
3 empilées		3,175 mm	3 X 3,175 mm	_____

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 dont la poutre est constituée est un autre facteur critique de résistance de la poutre. Prenez par exemple ces trois matériaux : bois, cuivre et 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 et qu'il existe différents types de *propriétés du matériau*, telles que 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 bois en tant que matériau

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.

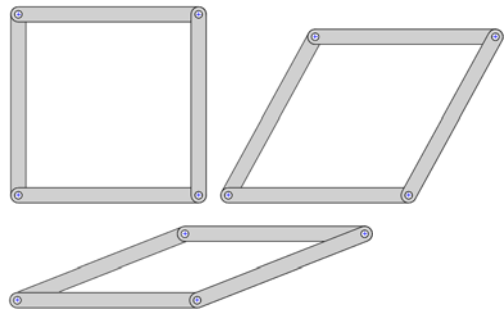
Parois avec poutres à treillis

Les parois latérales de poutres triangulées sont bien plus qu'un garde-corps 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.

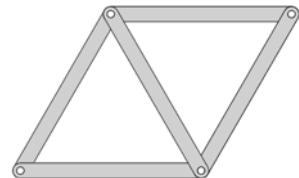
Triangles

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

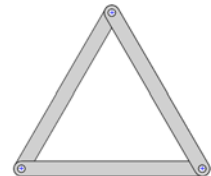
Imaginez par exemple un ensemble d'éléments reliés en forme de carré par des vis ou des tiges. En maintenant le bas immobile, appuyez sur le haut ou le côté. L'ensemble peut former un carré mais peut aussi se déformer facilement en parallélogramme aplati.



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.

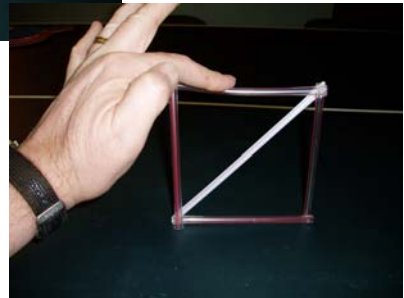
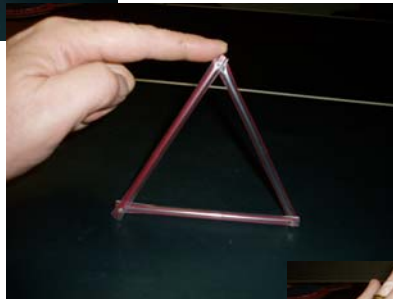
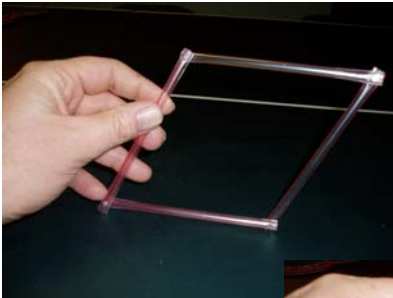


Avec les mêmes éléments et fixations, créez un triangle. Cette fois il y a moins d'éléments mais la stabilité est assurée.



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 3

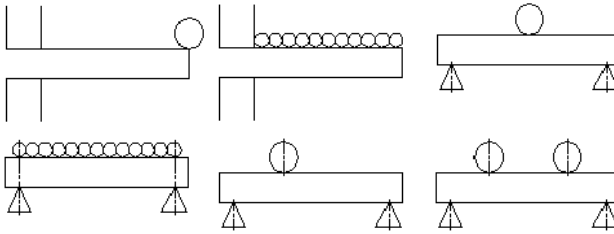
Utilisation du formulaire de flexion

A la fin de cette leçon, vous devriez être capable de :

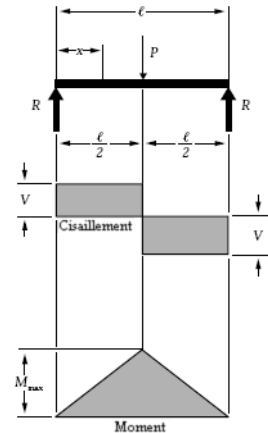
- Démarrer SolidWorks ;
- Charger le logiciel SolidWorks Simulation ;
- Ouvrir une pièce SolidWorks existante ;
- Comprendre une poutre en appui simple ;
- Affecter un matériau ;
- Calculer les propriétés de section ;
- Utiliser l'outil de mesure ;
- Utiliser le formulaire de flexion pour calculer un 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 comprennent généralement des formules et ont l'apparence suivante.



Ordre de grandeur

Le déplacement (voir « Déplacement » à la page 12) sera-t-il proche de 1 mm ? 10 mm ? La différence est de **10** fois supérieure à la différence précédente et s'accroît de ce qui est appelé un **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

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

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**. Cliquez sur **Compléments actifs** et **Démarrage** pour SolidWorks Simulation et SolidWorks Toolbox puis cliquez sur .

Cliquez sur **Outils, Compléments** et vérifiez que les cases **Compléments actifs** et **Démarrage** pour **SolidWorks Simulation** et **SolidWorks Toolbox** sont toutes deux cochées.

Compléments actifs

Démarrage

Compléments SolidWorks

- ☐ 3D Instant Website
- ☐ CircuitWorks
- ☐ FeatureWorks
- ☐ PhotoView 360
- ☐ ScanTo3D
- ☐ SolidWorks Design Checker
- ☐ SolidWorks Motion
- ☐ SolidWorks Routing
- ☒ SolidWorks Simulation
- ☒ SolidWorks Toolbox
- ☐ SolidWorks Toolbox Browser
- ☐ SolidWorks Utilities
- ☐ SolidWorks Workgroup PDM 2011
- ☐ TolAnalyst

OK Annuler

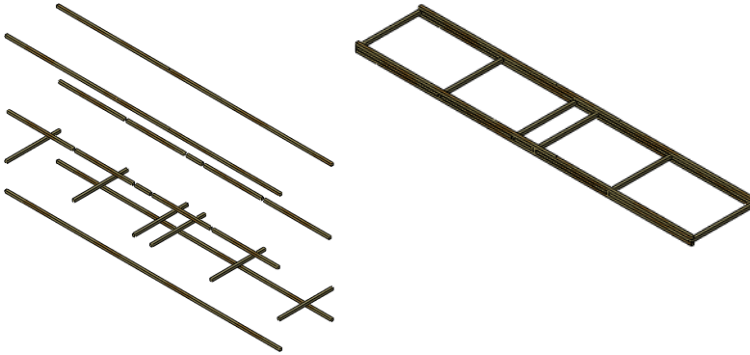
Cliquez sur **Ouvrir** .

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



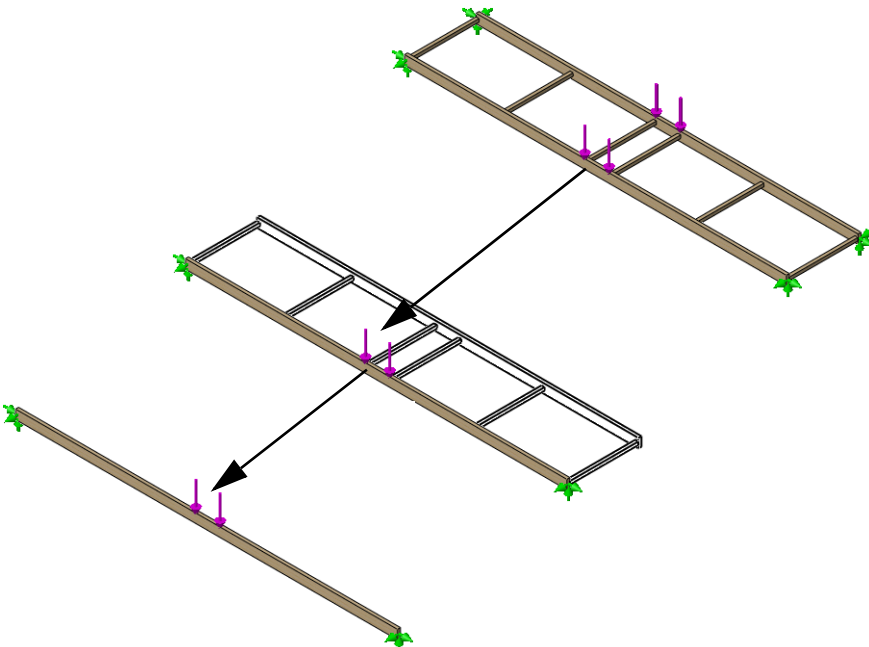
La géométrie du modèle

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 combinées 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 calcul de flexion est souvent appelé une « poutre en appui simple » où les points de contact ne sont pas complètement fixes et un chargement est appliqué. Vous devez connaître deux définitions importantes, celles des déplacements imposés et des chargements externes.

Déplacements imposés

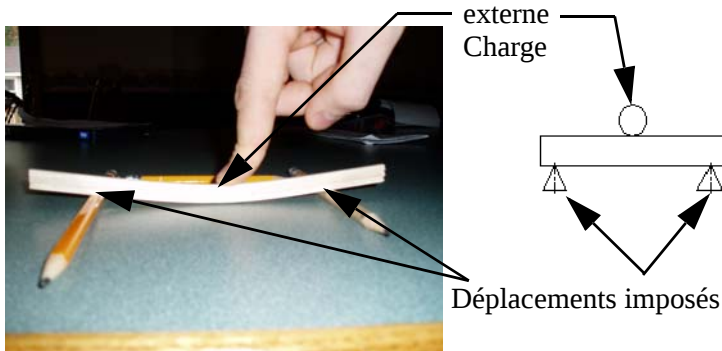
Les déplacements imposés servent à limiter les mouvements de certains points dans le modèle. Il s'agit généralement de points de contact. Ils sont également appelés contraintes.

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 demande 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.

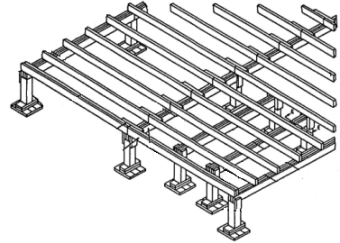


Pourquoi les poutres en appui simple sont-elles importantes ?

Bien que le modèle théorique puisse sembler très simple, il a des répercussions importantes. 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 en utilisant des 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.

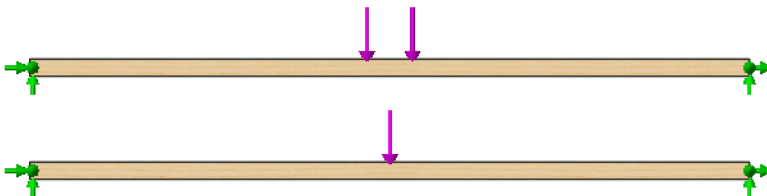


Remarque : Cet exemple est une « analyse simplifiée » qui prend un problème à 3 dimensions et le simplifie en problèmes à deux dimensions. Il faudrait toujours faire une analyse de simulation complète.

Hypothèses conservatives

Les ingénieurs utilisent souvent des « hypothèses conservatives » pour rendre l'analyse pire 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. Utiliser les extrémités de la structure est pire qu'utiliser les points de contact réels.
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 par matériau
Moment d'inertie	Propriétés de 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. Au nombre des unités usuelles dans les systèmes SI et IPS (pouce, livre, seconde) se trouvent les suivantes :

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 supposerons que la charge de poids totale sur la structure entière est de **40 N**. Nous en utiliserons la moitié, soit $40 \text{ N} / 2 = \mathbf{20 \text{ N}}$, 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

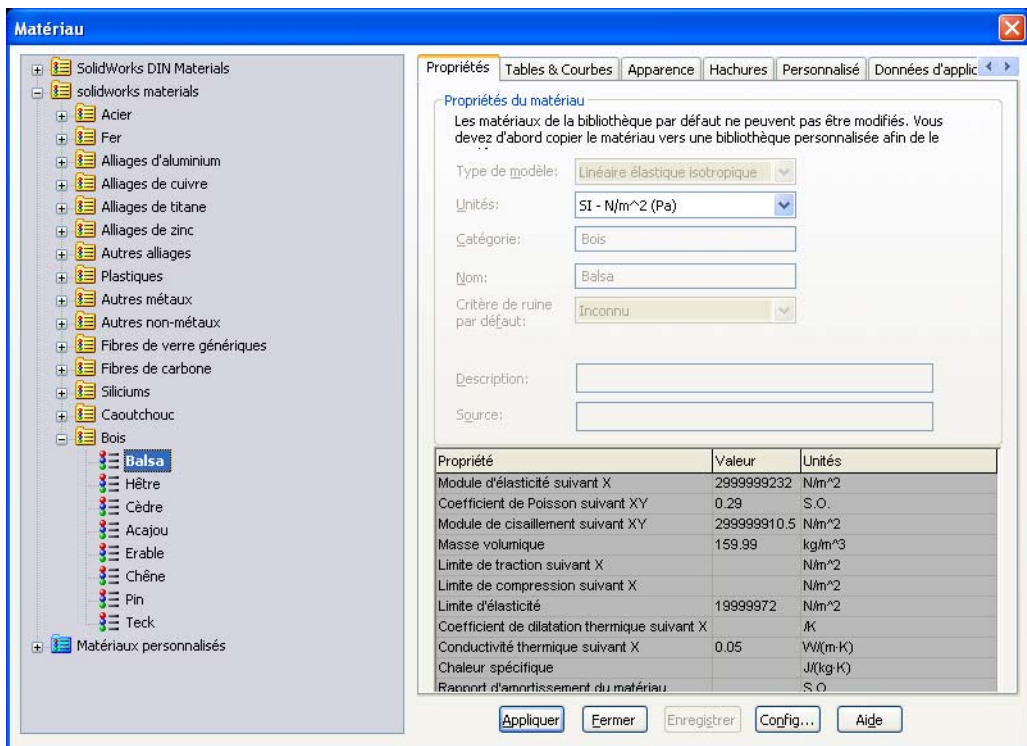
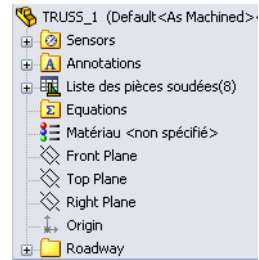
La première étape consiste à affecter un **Matériau** aux poutres du modèle. Nous voulons créer la structure en bois de balsa.

4 Matériau.

Faites un double-clic sur la fonction **Matériau** et sélectionnez **Editer le matériau**. Développez les dossiers SolidWorks Materials (Matériaux SolidWorks) et Woods (Bois) 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 pour 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/m²**.

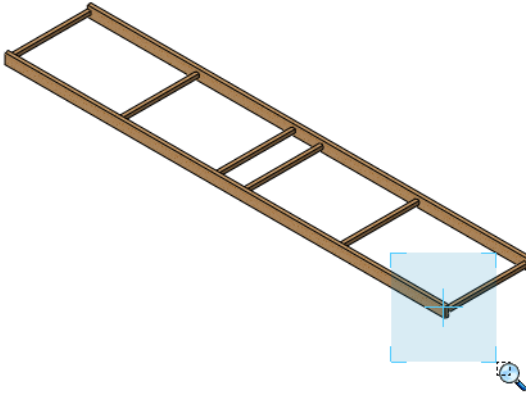
*Vous en apprendrez plus sur les matériaux, la construction et les essais dans des leçons ultérieures.

Propriétés de section

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

5 Zoom fenêtre.

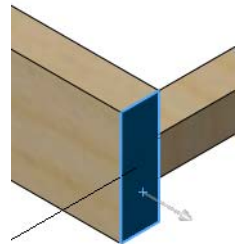
Cliquez sur **Affichage, Modifier, Zoom fenêtre** et faites glisser une fenêtre comme illustré, du haut à gauche vers le bas à droite, autour du coin de la structure.



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

6 Sélection de face.

Sélectionnez la face comme indiqué.

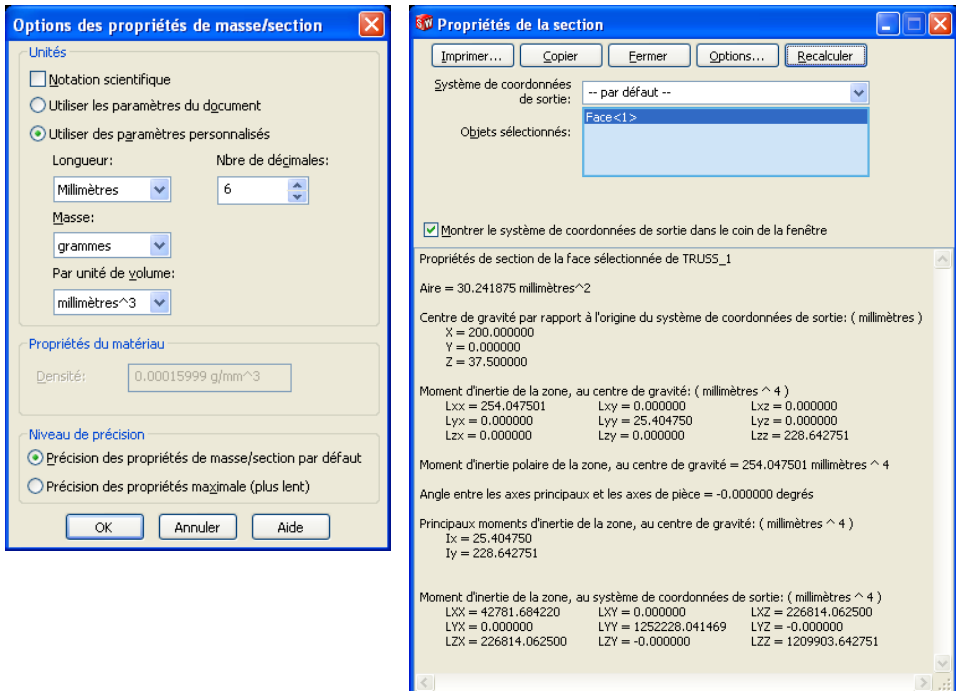


7 Propriétés de section.

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

Cliquez sur **OK** et **recalculez**.

Moments 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 fenêtre** ou appuyez sur la touche **f** pour retourner à l'affichage pleine taille.

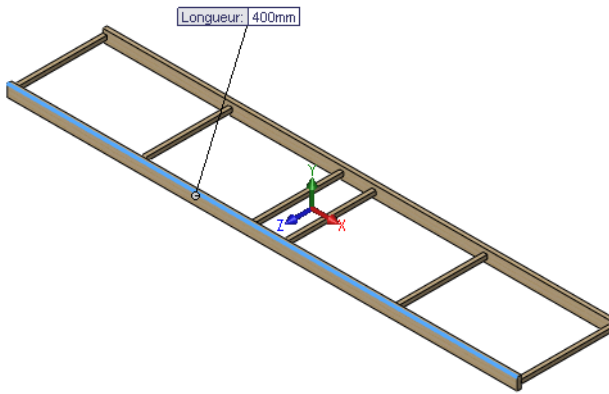
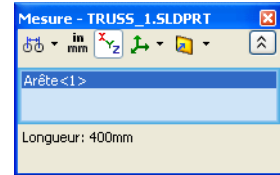
Utilisation de l'outil Mesurer

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

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 « x » dans le coin supérieur droit de la boîte de dialogue pour la fermer.

Formulaire de flexion

Le formulaire de flexion utilise les entrées pour déterminer le plus grand déplacement de la poutre. Extrayez les données du tableau « Collecter les données » à la page 24.

Remarque : Cette boîte de dialogue utilise la *déflexion* mais nous l'appellerons le *déplacement* dans tout le manuel.

11 Démarrer le formulaire de flexion.

Cliquez sur **Toolbox, Formulaire de flexion** .

12 Paramètres.

Effacez les valeurs du champ **Déflexion** (le bouton **Résoudre** 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 Taper 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)

Cliquez sur **Résoudre**. Le déplacement est d'environ **35 mm** à la charge (au centre de la poutre). Cliquez sur **Terminé**.

Remarque : Le bouton **Résoudre** ne deviendra actif que quand le champ **Déflexion** sera vide.

Questions

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

14 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 4

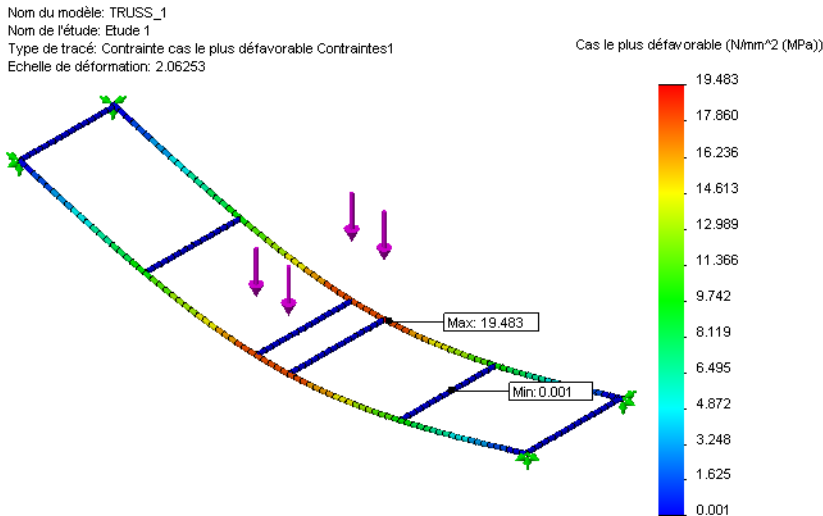
Analyse de la structure

A la fin de cette leçon, vous devriez être capable de :

- Comprendre ce que fait 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 ajouté dans 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 choses 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. Création d'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. Ceux-ci comprennent en particulier : 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.

$$\frac{\text{Maximum Stress under Loading}}{\text{Maximum Stress of the Material}} = FOS$$

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

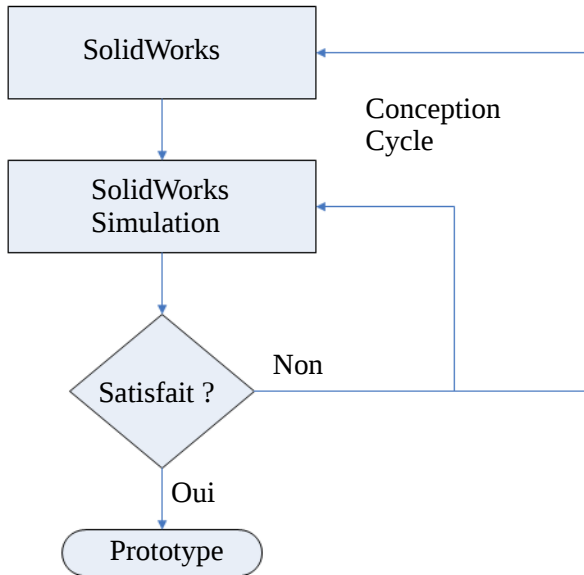
SolidWorks Simulation vous fait parcourir les différentes étapes de l'analyse structurelle. Voici ce qui se passe en arrière-plan :

- **Prétraitement** - A ce stade, vous devez ajouter les informations nécessaires sur la structure et l'environnement où elle se situe, 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.

Quand toutes les phases sont 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 de faire 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 d'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, en cycle 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 entretoises et vous allez voir 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 de pièce.

Cliquez sur **Ouvrir** .

Sur la fenêtre **Ouvrir**, parcourez les répertoires jusqu'au dossier Bridge Design Project\Student\Lesson 3.

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

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



Création d'une étude

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

SolidWorks Simulation utilise une **Etude** 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**

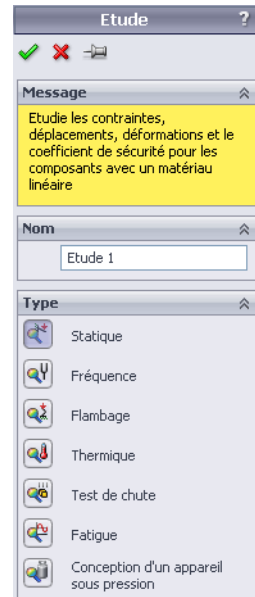
Dans ce projet, nous utiliserons une analyse **Statique**. Ce type d'étude sert à prédire à quels endroits une structure défaillira en raison des contraintes.

Allez à l'étude depuis le menu déroulant **Simulation**.

2 Créer une étude.

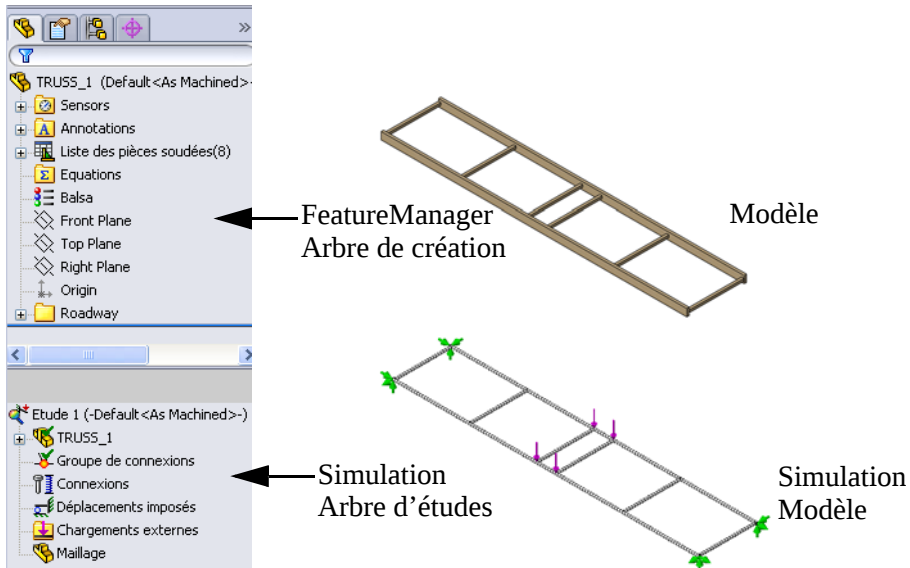
Cliquez sur **Simulation, Etude**. Utilisez le nom par défaut Study 1 (Etude 1) puis cliquez sur **Statique**.

Cliquez sur .



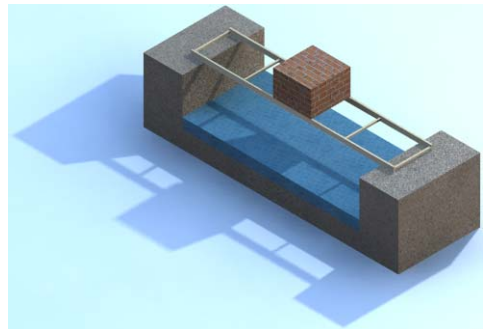
Arbre de création FeatureManager et arbre d'études Simulation

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.



L'environnement

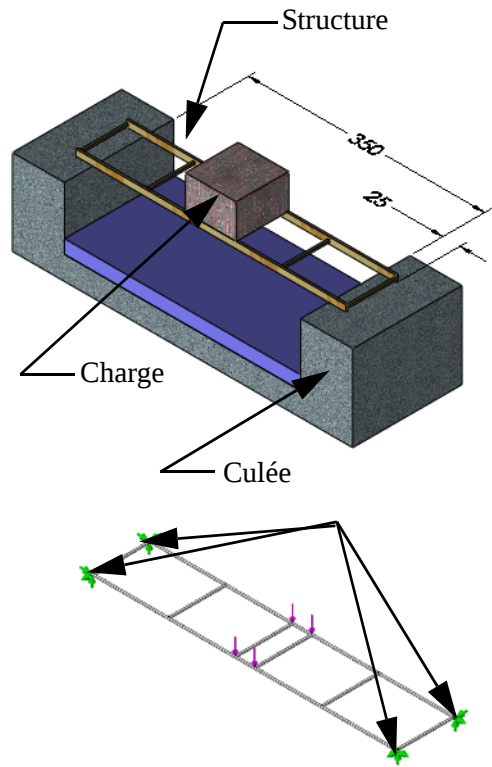
L'environnement décrit l'utilisation de la structure. Dans ce cas, le modèle représente une structure qui traverse une rivière. Connaissant l'emplacement de la structure et les chargements externes qu'elle doit subir, nous pouvons déterminer deux éléments critiques nécessaires pour SolidWorks Simulation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



Déplacements imposés

Les **déplacements imposés** sont les zones de la structure qui doivent être fixes et incapables de bouger. 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 culée ou la rive. La travée est toujours inférieure à la longueur totale de la structure.

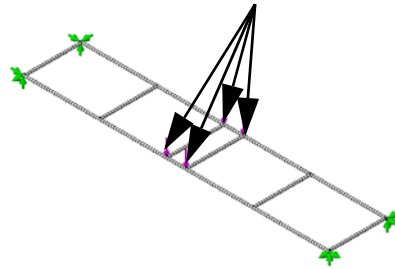
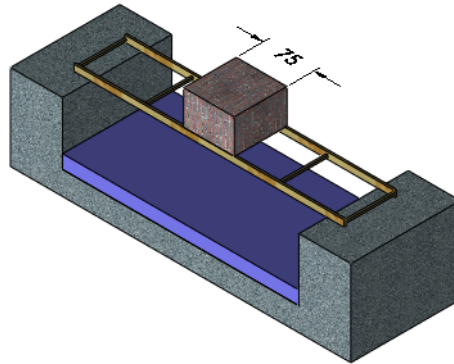
Les déplacements imposés sont définis aux extrémités du modèle en quatre emplacements.



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**.

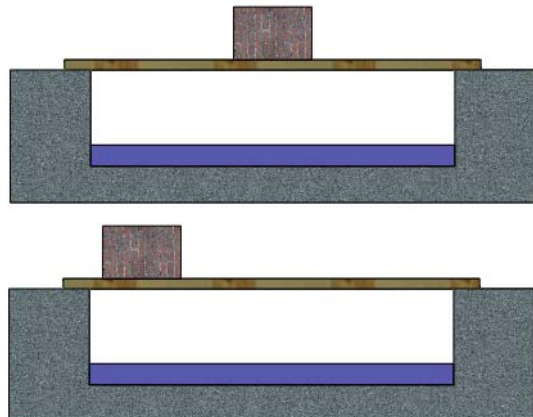
Il existe quatre points de chargement, un pour chaque point où les poutres sont connectées près du centre de la travée. La charge sur chaque point est donc $40 \text{ N} / 4 = 10 \text{ N}$ (environ 1 kg).



Pourquoi la charge est-elle au centre ?

Pour utiliser un modèle d'analyse structurelle, les ingénieurs effectuent souvent ce qu'on appelle une analyse « cas pire ». C'est le cas où la structure risque le plus de se rompre suite aux conditions d'environnement.

Le positionnement de la charge au centre de la travée est le cas pire 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 manuel. A quelle force maximale peut-elle résister ? Faites une estimation.

Force = _____ N

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

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

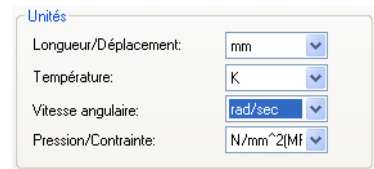
Définition des unités

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

3 Définir les unités.

Cliquez successivement sur **Simulation**, **Options** et **OK**. Cliquez sur l'onglet **Options par défaut**. Sous **Unités**, sélectionnez **mm** pour **Longueur/Déplacement** et **N/mm² (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

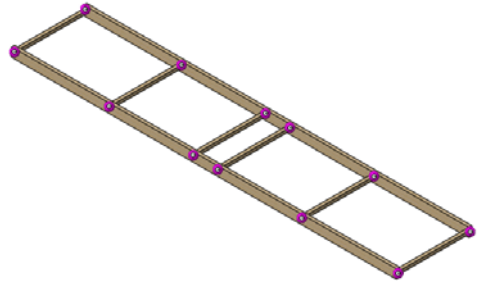
Le matériau est une valeur obligatoire qui définit les propriétés matérielles et l'apparence de la géométrie du modèle. Dans ce cas, il sera appliqué simultanément à toutes les poutres.

4 Définir le matériau.

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

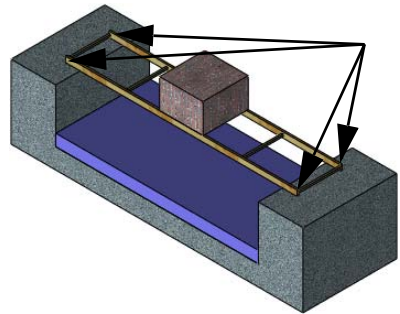
Que sont les connexions ?

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 culée.

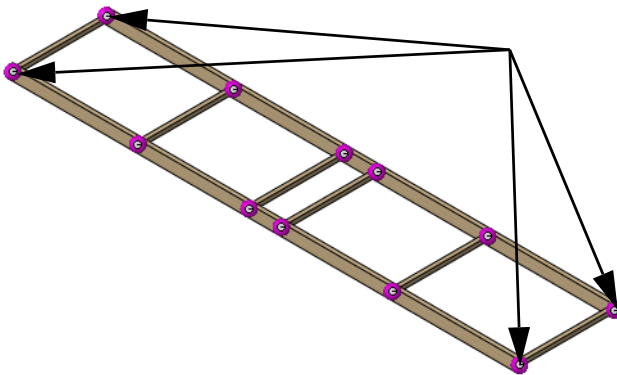


Quel type de déplacements imposés ?

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

5 Ajouter des déplacements imposés.

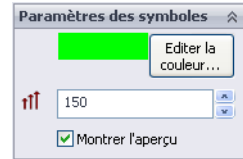
Cliquez sur **Simulation, Actions extérieures, Déplacements imposés**. Cliquez sur **Immobile (pas de translation)**  et sélectionnez les connexions comme montré.



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 .

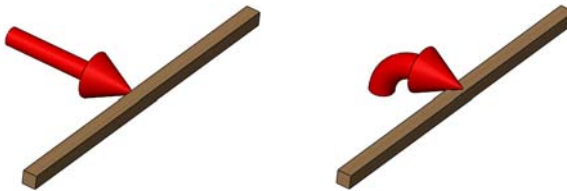


Forces externes

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.



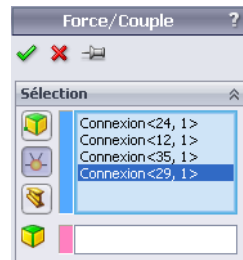
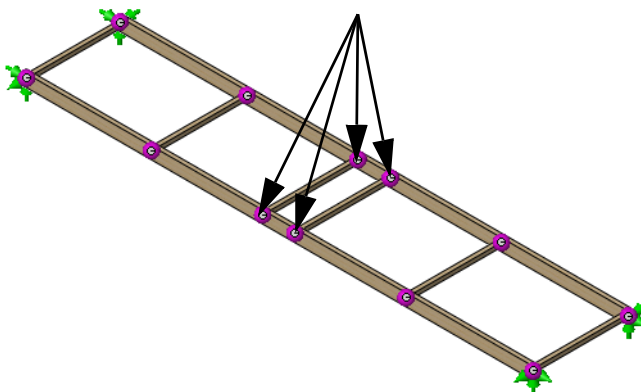
Gravité

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.

7 Ajouter des forces.

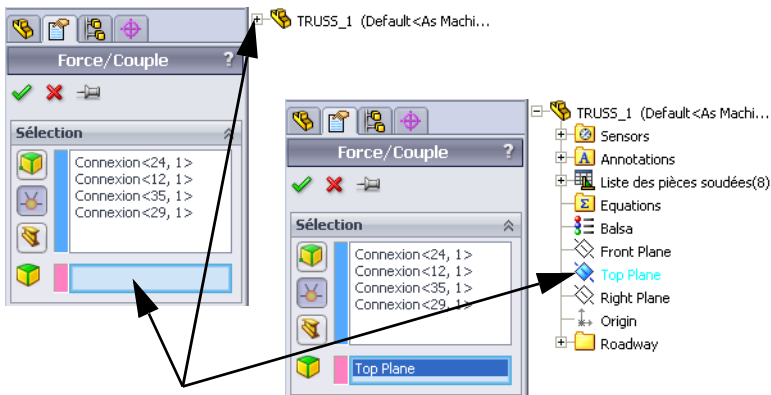
Cliquez sur **Simulation, Actions extérieures, Force**.

Cliquez sur **Connexions**  et sélectionnez les connexions comme montré.



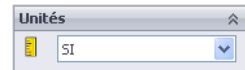
8 Définir la direction.

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



9 Définir les unités.

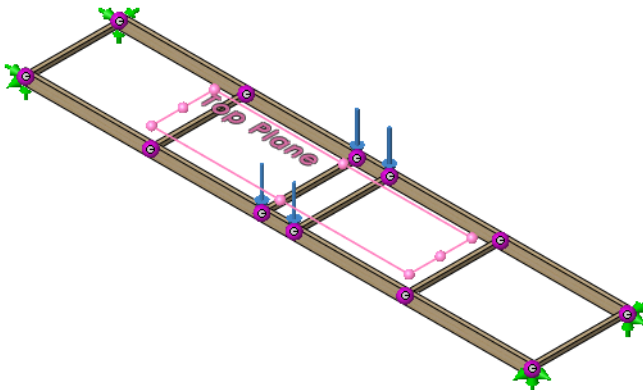
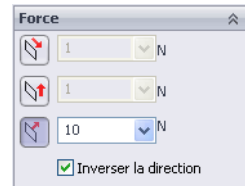
Vérifiez que les **Unités** sont définies sur **SI**.



10 Affecter la force.

Cliquez sur **Normal au plan**  et définissez la valeur à **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 **150**.

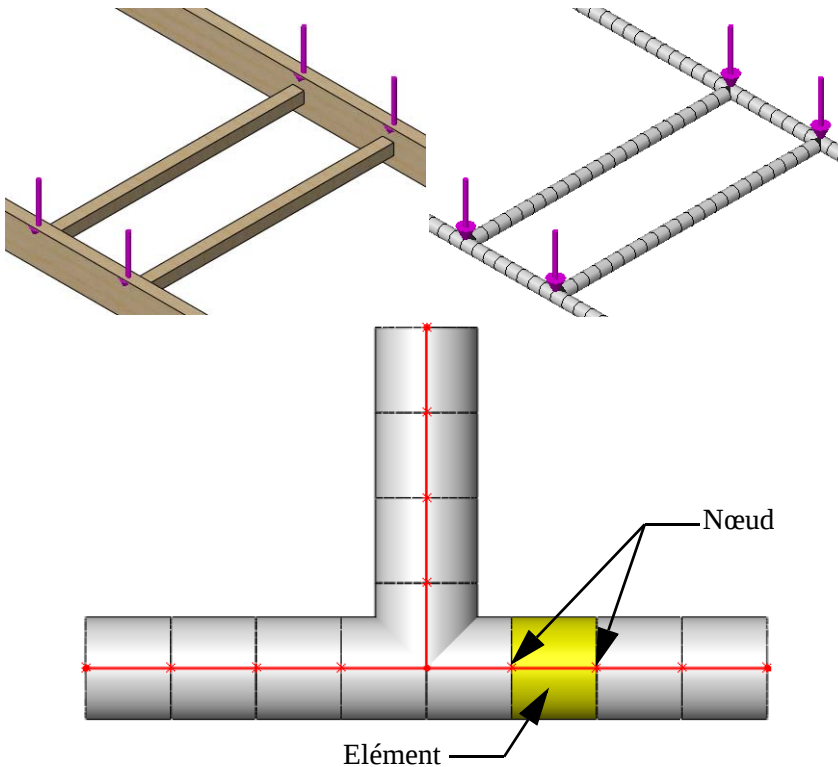
11 Enregistrer.

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

Conseil : C'est une bonne idée d'enregistrer périodiquement votre travail pour éviter la perte accidentelle de données.

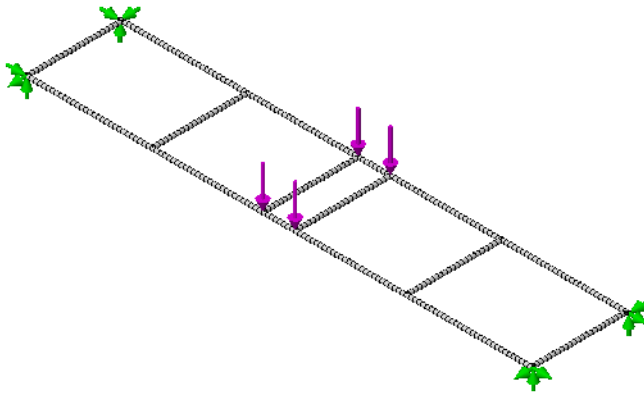
Maillage du modèle

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.



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 prend vos données et fait le travail pour trouver les résultats. Vous allez utiliser les paramètres par défaut, donc ces résultats apparaissent plus vite.

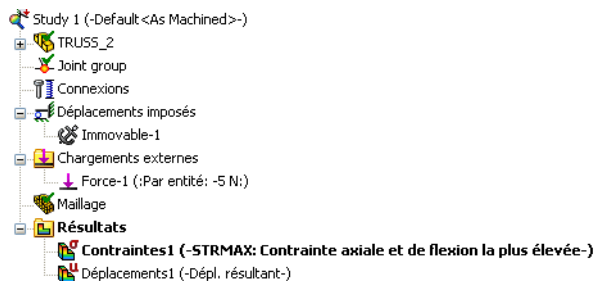
Attentes

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**.

13 Exécuter.

Cliquez sur **Simulation, Exécuter**. Lorsque l'analyse sera terminée, vous verrez deux fonctions dans le dossier Résultats de l'arbre d'études de Simulation.

La simulation est prête pour le post-traitement.



Eléments de terminologie

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

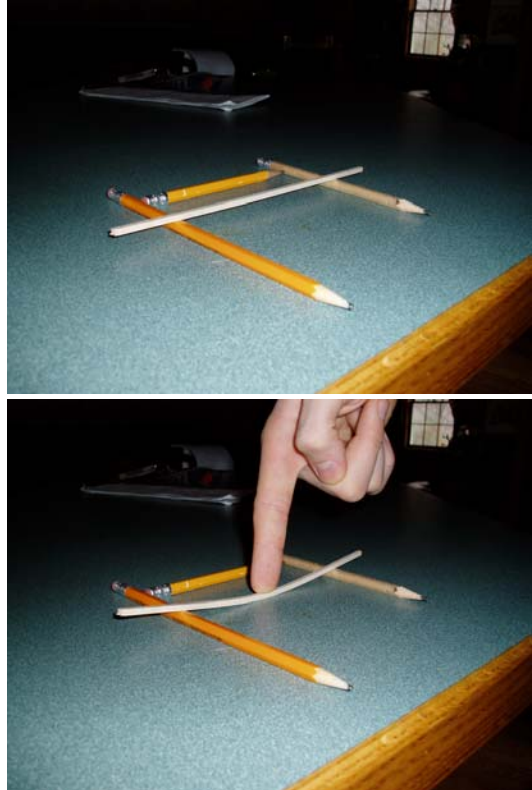
Flexion et déplacement

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 « pire cas » survient quand la charge se trouve au centre de la poutre.

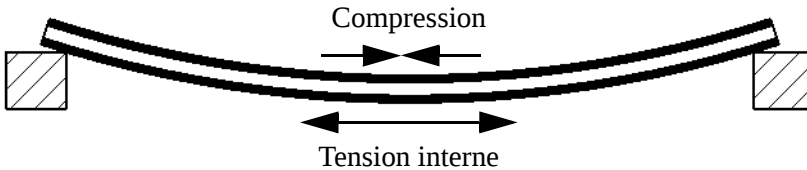
Il est possible de voir le déplacement s'il est assez important, mais il est généralement très faible.

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 le 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).



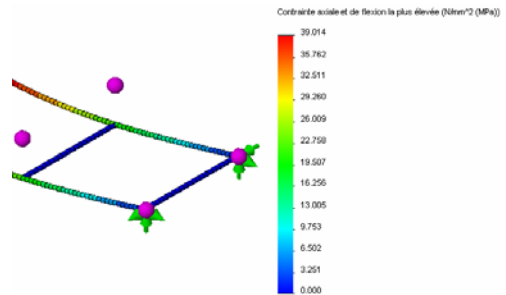
Recherchez **tension interne et compression** pour plus d'informations.

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 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 basée sur les 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 conception est . Si le **coefficient de sécurité** < 1 , la conception est un échec.

Remarque : Les ingénieurs utilisent le plus souvent un coefficient de sécurité supérieur à 2. Les structures sont généralement « prévues larges » 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 à modifier dans le dossier Results (Résultats) de l'arbre d'études de 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 :

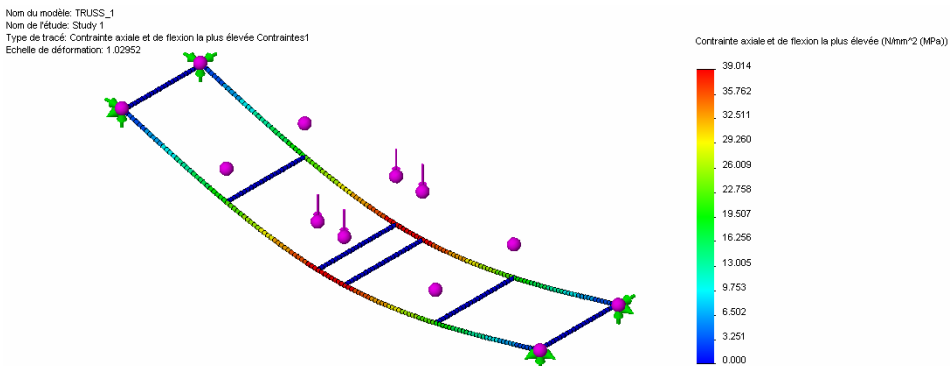
Stress 1 (-STRMAX-High axial and bending) et

Displacement1 (-Res disp-).

Le tracé de contrainte est sélectionné et affiché automatiquement.

14 Distribuer les contraintes.

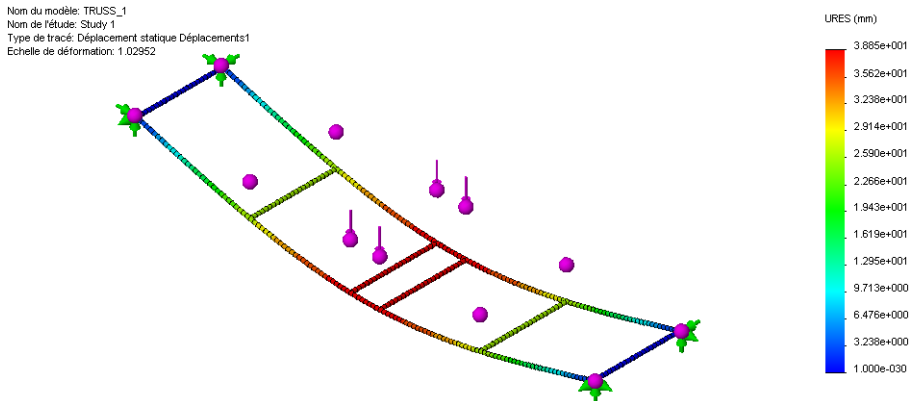
L'affichage présente le modèle avec déplacement. La **distribution des contraintes** est représentée par les couleurs sur le modèle déplacé. La légende indique la distribution ; les couleurs chaudes sont pour les contraintes élevées, les couleurs froides pour les contraintes plus faibles.



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 nous disent quelles sont les plus grandes. Qu'est-ce qu'un MPa ? Voyons ce que ces résultats veulent dire. Voici les résultats jusqu'ici (*les vôtres peuvent être différents*) :

Contrainte	Déplacement.
39,014 MPa (Mégapascals)	3,885e + 001 mm

Nombres

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

3,880e+001 veut dire $3,880 \times 10^1$ ou $3,880 \times 10^1 = 3,880 \times 10 = \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Qu'est-ce que cela fait 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, elle mesurent la force/superficie. 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 : combien de contrainte la structure peut-elle supporter ? La meilleure solution consiste à créer un tracé de **coefficient de sécurité**. Ce processus comprend trois étapes.

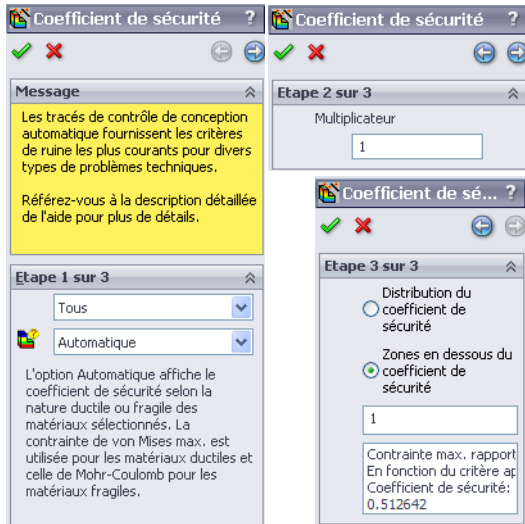
16 Tracé du coefficient de sécurité.

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

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

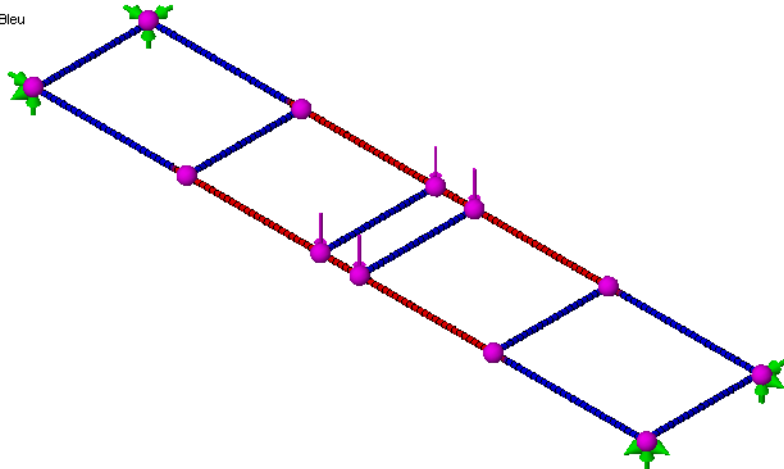
Gardez le **Multiplicateur** à 1 puis cliquez sur **Suivant** ➡.

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



Remarque : Le coefficient de sécurité actuel est indiqué à 0,512642 (soit environ 0,5) dans la boîte de dialogue. Cette valeur est inférieure au minimum (au moins 1).

Nom du modèle: TRUSS_1
Nom de l'étude: Study 1
Type de tracé: Coefficient de sécurité Coefficient de sécurité1
Critère : automatique
Rouge < CS = 1 < Bleu



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 réduction de 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 X 10 N = 40 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 X 40 N = 20 N** ou **5 N** par face

L'itération va nous permettre de réanalyser 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.

17 Modifier le chargement externe.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur la fonction Force-1 (:Par élément : -10 N :) et sélectionnez **Editer la définition**. Définissez la charge à **5 N** 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 Fermer 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 5

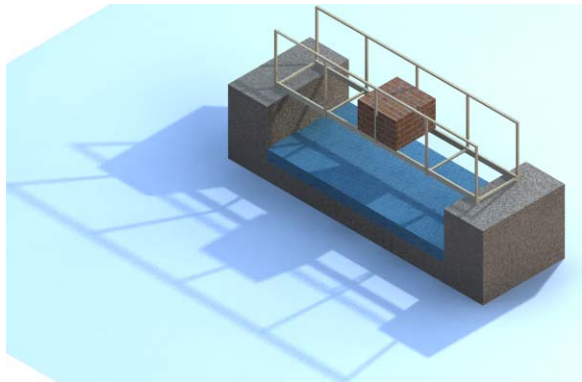
Modification des conceptions

A la fin de cette leçon, vous devriez être capable de :

- 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 de pièce.

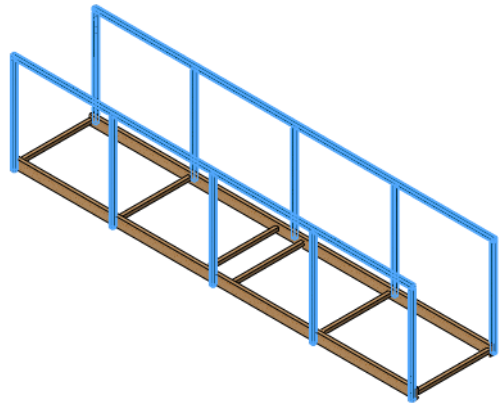
Cliquez sur **Ouvrir** .

Dans la fenêtre **Ouvrir**, parcourez les répertoires jusqu'au dossier **Lesson 5**.

Sur la fenêtre **Ouvrir**, parcourez les répertoires jusqu'au dossier **Bridge Design Project\Student\Lesson 5**.

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

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

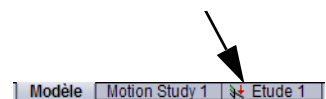


Etude existante

Cette pièce est la même que la précédente, avec l'ajout des parois. Elle a aussi une étude **Study 1** avec 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 est dotée de déplacements imposés, de chargements externes et d'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.

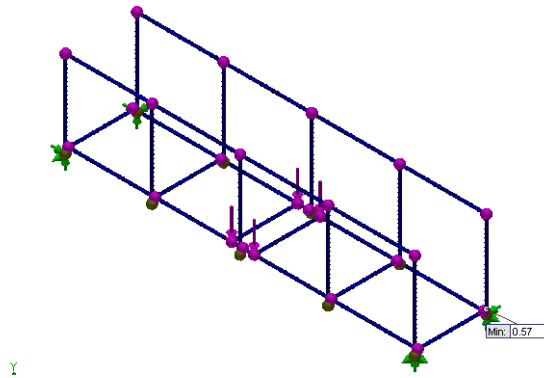
4 Tracé du coefficient de sécurité.

Cliquez avec le bouton droit de la souris sur le dossier **Results** dans l'arbre d'études de 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 50.

5 Etiquettes.

Cliquez à l'aide du bouton droit sur le résultat **Factor of Safety 1** (-Automatic-) et sélectionnez **Options de graphique**. Cliquez sur **Montrer annotation min** puis sur .

Nom du modèle: TRUSS_2
Nom de l'étude: Study1
Type de tracé: Coefficient de sécurité Coefficient de sécurité1
Critère : automatique
Rouge < CS = 1 < Bleu



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, ici encore en visant 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.

$20 \text{ N} \times 0,57 = 11,4 \text{ N}$ chaque charge est $11,4 \text{ N} / 4 = \mathbf{2,85 \text{ N}}$

6 Modifier le chargement externe.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur la fonction **Force-1** (:Par élément : -10 N :) et sélectionnez **Editer la définition**.

Définissez la charge à **2,85 N** et cliquez sur .

7 Exécuter de nouveau.

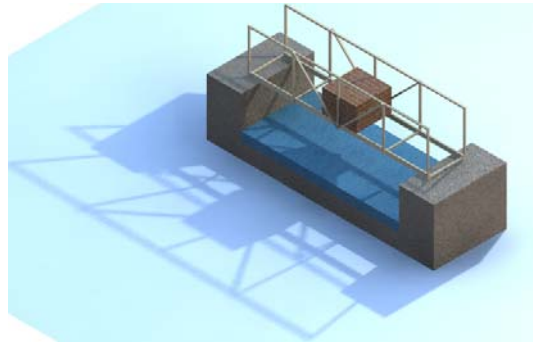
Cliquez sur **Simulation, Exécuter** pour exécuter l'analyse de nouveau. Le coefficient de sécurité minimum devrait de nouveau être proche de **1**.

8 Fermer la pièce.

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

Cadre d'entretoisage

Dans une leçon précédente, l'intérêt des triangles et des entretoises croisées a été discuté (« Triangles » à la page 15). Nous allons nous intéresser à une structure avec des entretoises croisées pour voir comment cela modifie les résultats. Comme précédemment, la charge reste aux valeurs précédentes (**3,45 N** en quatre emplacements) et tout est identique à l'exception des entretoises supplémentaires.



Ouverture du modèle

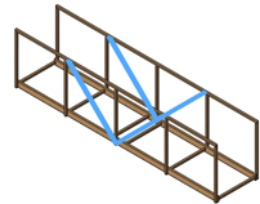
1 Ouvrir le fichier de pièce.

Cliquez sur **Ouvrir** .

Dans la fenêtre **Ouvrir**, parcourez les répertoires jusqu'au dossier **Leçon 5**.

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

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

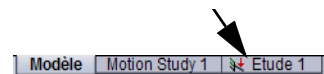


Etude existante

Cette pièce est la même que la précédente, avec l'ajout des parois. Elle a aussi une étude **Study 1** avec 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 est dotée de déplacements imposés, de chargements externes et d'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 à l'étape 5 de la page 56).

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 à **4,5 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**.

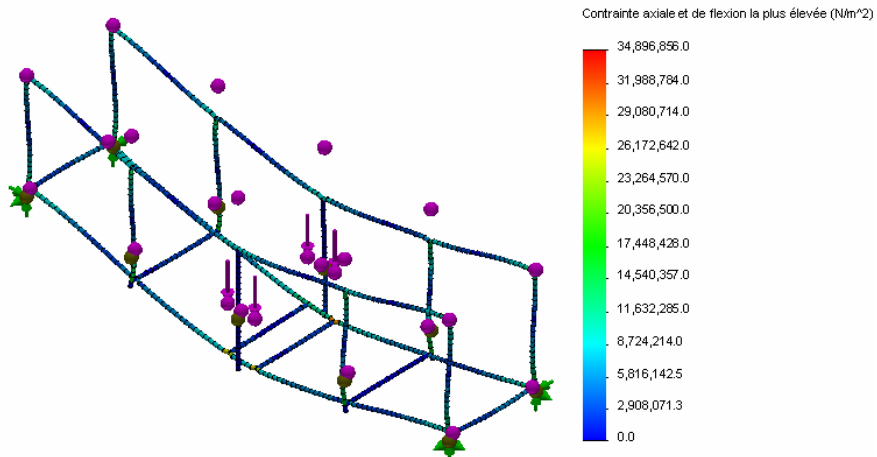
Qu'a apporté l'entretoisement croisé ?

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

6 Tracé des contraintes.

Faites un double-clic sur le tracé **Stress1 (-STRMAX : Highest axial and bending-)** pour voir le tracé des contraintes.

Nom du modèle: TRUSS_3
Nom de l'étude: Study 1
Type de tracé: Contrainte axiale et de flexion la plus élevée Contraintes1
Echelle de déformation: 10.8642



Utiliser les tracés

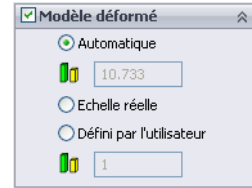
De nombreuses options permettent de rendre les tracés plus faciles à lire et comprendre. Nous allons examiner certaines des options permettant de modifier l'apparence.

Facteur de tracé des déformations

La déformée du tracé des contraintes peut utiliser un déplacement exagéré, qui peut être très important. Pour exagérer le déplacement, vous pouvez définir la déformée sur une valeur **Automatique** ou **Définie par l'utilisateur** de votre choix.

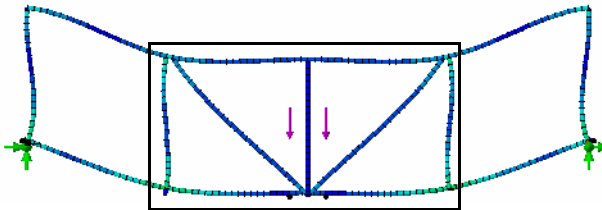
7 Déformée.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur le tracé Stress1 (-STRMAX : Highest axial and bending-) et sélectionnez **Editer la définition**. Vérifiez que les options **Déformée** et **Automatique** sont sélectionnées. Cliquez sur .



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.



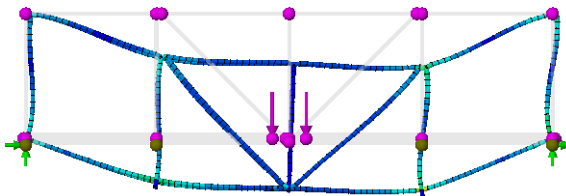
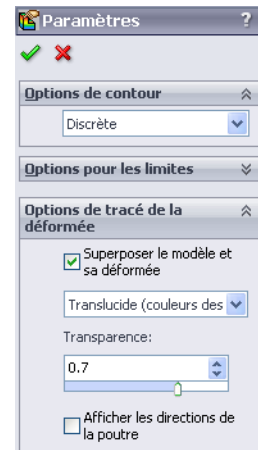
Superposition du modèle

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

9 Paramètres.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur le tracé Stress1 (-STRMAX : Highest axial and bending-) et sélectionnez **Paramètres**.

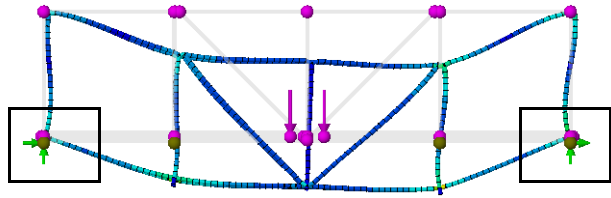
Sous **Options de contour**, sélectionnez **Discret**. Sous **Options de tracé de la déformée**, cliquez sur **Superposer le modèle et sa déformée** et définissez la **Transparence** sur 0,7. Cliquez sur .



Remarque : Le titre et les tableaux de couleurs peuvent être déplacés en glissant-déposant.

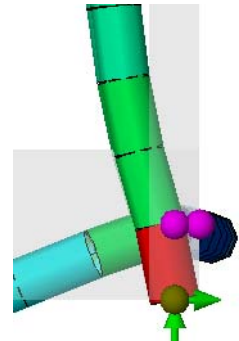
Le maillon le plus faible

Vous connaissez sans doute l'expression « le maillon faible » ? La signification littérale est 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 ou 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 avant pour le voir.

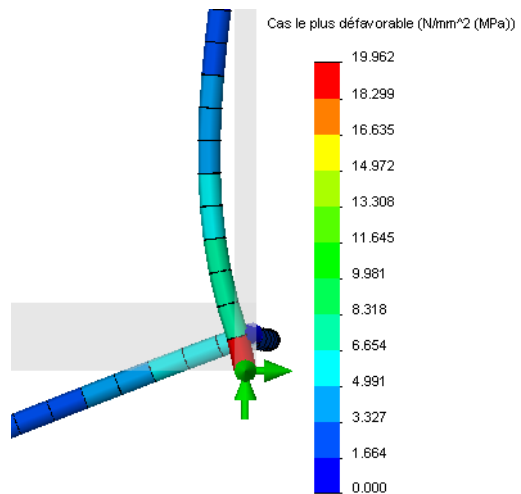


Couleurs de distribution des contraintes

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 jaune/rouge/orange, la plus faible en 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**, c'est le point de défaillance.



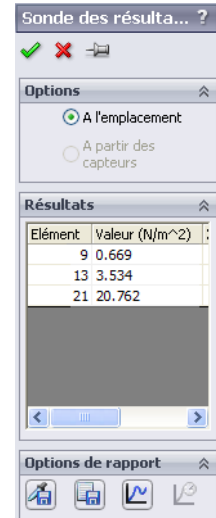
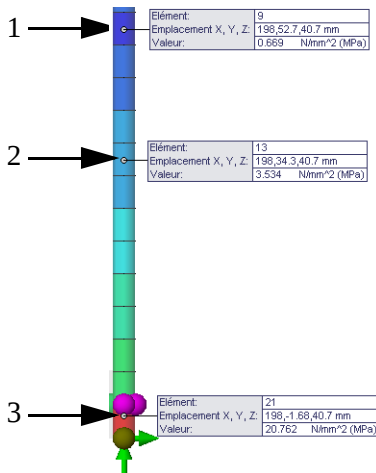
Utilisation d'une sonde

Les sondes vous permettent d'obtenir des informations plus profondes à partir d'un tracé en sélectionnant directement les éléments. Cet 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.

10 Ajouter une sonde.

Cliquez sur **Simulation, Outils résultats, Sonde**.

Sélectionnez les éléments en ordre, de haut en bas, comme indiqué. La valeur de contrainte augmente de façon marquée du premier au dernier élément sélectionné.

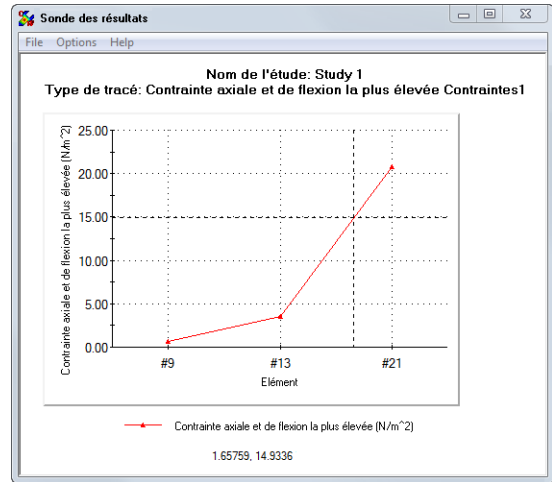


Remarque : Faites des sélections similaires à celles qui sont indiquées. Les étiquettes que vous voyez peuvent avoir des valeurs et des nombres d'éléments légèrement différents.

11 Tracé.

Cliquez sur **Tracé**  pour créer la **Sonde des résultats**. Le tracé montre que les changements de la valeur de contrainte entre ces quelques éléments est énorme.

Cliquez sur le « 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** .

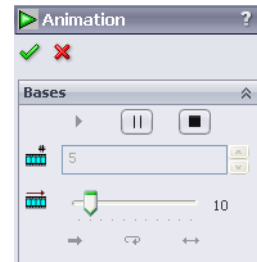
13 Déformée.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur le tracé **Stress1 (-STRMAX : Highest axial and bending-)** 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 aussi le même nombre dans trois formats différents.

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

15 Déplacement.

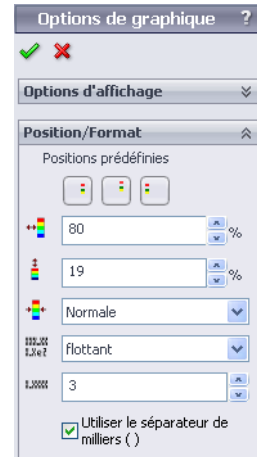
Faites un double-clic sur le tracé **Displacement1** (-Res disp-). Les valeurs de déplacement tendent à être faibles et, dans ce tableau, elles vont de 0 à environ 4 mm. Elles sont en notation scientifique, mais seraient plus faciles à lire en format décimal.

16 Options de tableaux.

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. Quelle solution pensez-vous la meilleure pour ce problème ?

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

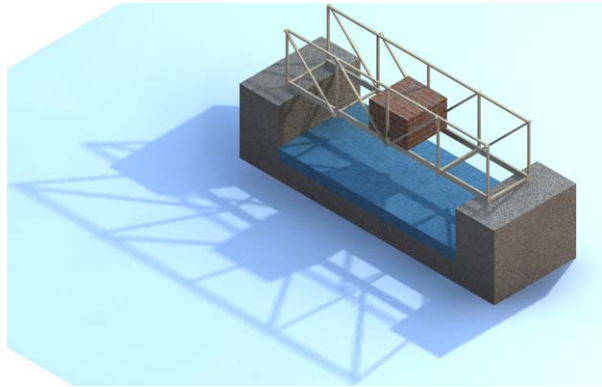
Nous allons choisir la solution 2 puis optimiser la charge sur la structure.

17 Fermer la pièce.

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

Achèvement de l'entretoisement

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



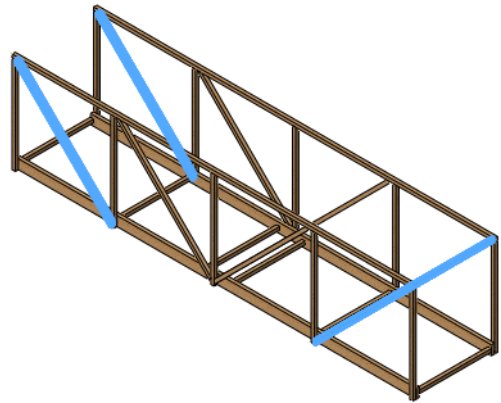
1 Ouvrir le fichier de pièce.

Cliquez sur **Ouvrir** .

Dans la fenêtre **Ouvrir**, parcourez les répertoires jusqu'au dossier **Structure**.

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** 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**.

$$4,90 \times 4,5 \text{ N} = \text{_____ N}$$

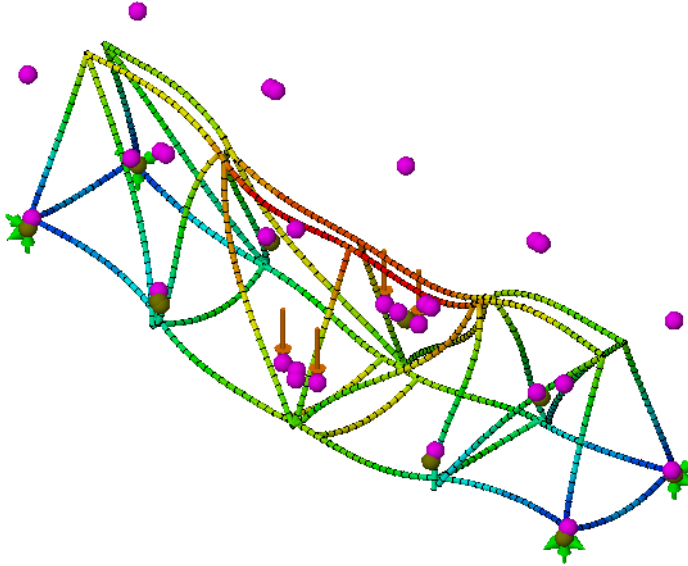
Modifiez la charge externe de la fonction **Force-1** et réglez-la sur **22 N**.

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.



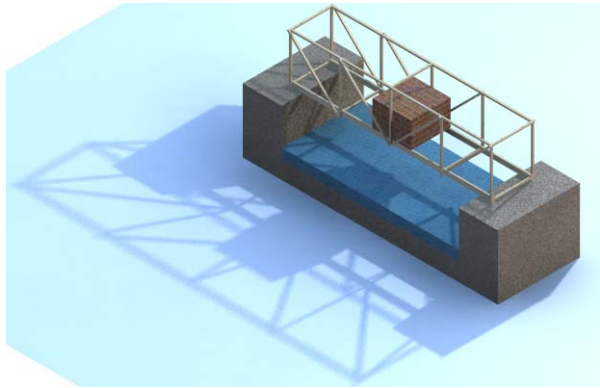
Les déplacements sont plus faibles mais vous pouvez remarquer que le modèle a une forme bizarre. Les parties supérieures des parois penchent vers l'intérieur. Nous devons ajouter des entretoises supplémentaires.

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.



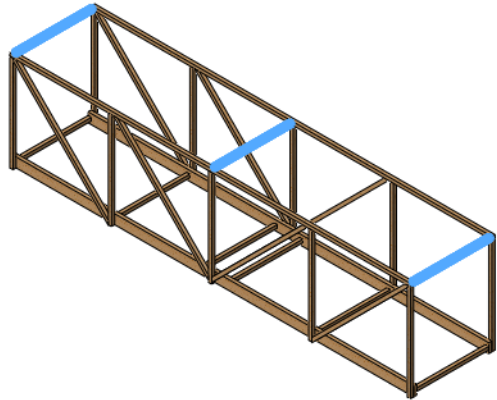
1 Ouvrir le fichier de pièce.

Cliquez sur **Ouvrir** .

Dans la fenêtre **Ouvrir**, parcourez les répertoires jusqu'au dossier **Structure**.

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

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



2 Optimiser la charge.

Cliquez sur l'étude existante, **Study 1**.

3 Analyse et modifications.

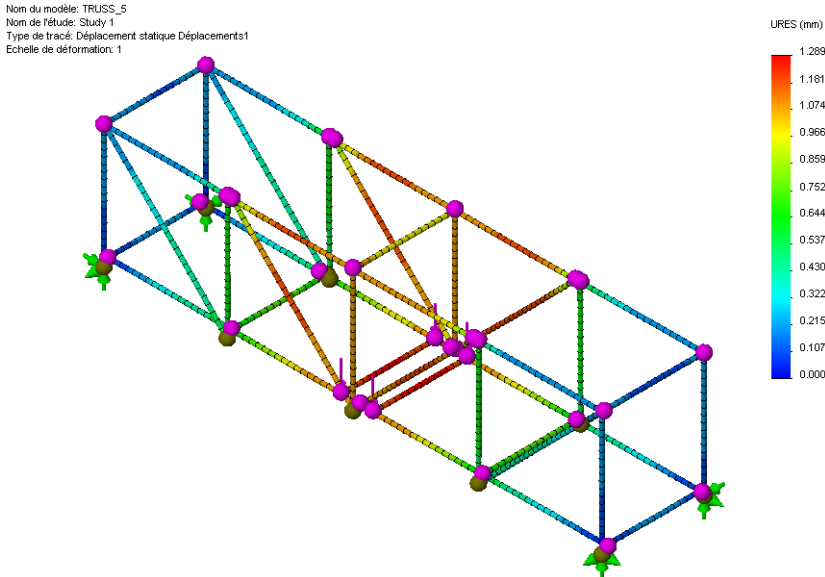
Exécutez l'analyse et créez un tracé de coefficient de sécurité. Le coefficient de sécurité doit être juste en dessous de **1**.

Pour augmenter le coefficient de sécurité au-dessus de 1, ramenez la charge à **20 N** 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

C'est seulement une des nombreuses structures pouvant être conçues pour supporter une charge. S'il y avait trois structures différentes pouvant supporter trois charges différentes, comment déterminer la conception la plus efficace ? Le **rapport résistance sur poids** (charge maximale/poids de la structure) peut être utilisé.

Combien pèse notre structure ?

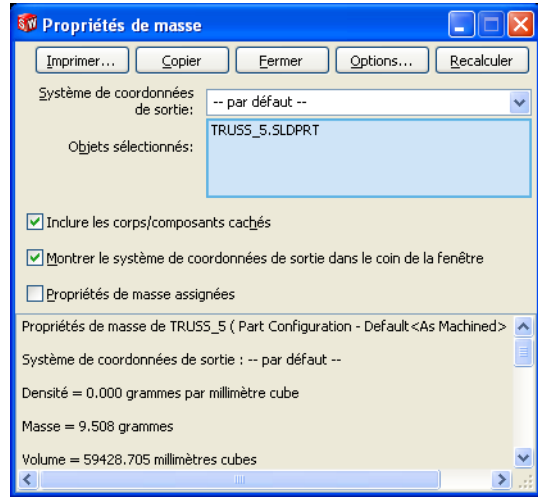
SolidWorks permet de trouver facilement les propriétés de masse. Elles ont été calculées automatiquement pour le modèle.

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**. C'est 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

A 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)	11,4 N	7,418 g = ____N	_____
TRUSS_3 (Poutre triangulée_3)	18 N	8,266 g = ____N	_____
TRUSS_4 (Poutre triangulée_4)	88 N	9,130 g = ____N	_____
TRUSS_5 (Poutre triangulée_5)	80 N	9,508 g = ____N	_____

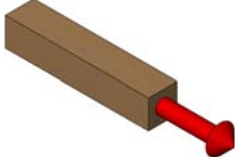
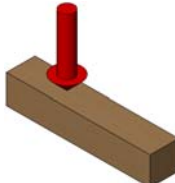
Quelle itération de la structure s'est révélée la plus efficace ? _____

6 Fermer la pièce.

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

Pour en savoir plus

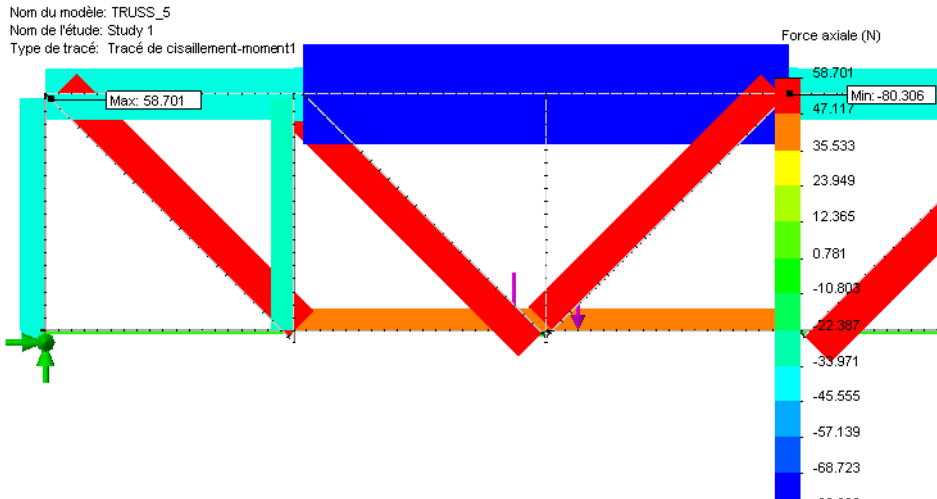
Chaque simulation peut avoir plusieurs tracés pour afficher les résultats de différentes façons, mais l'analyse de poutre est dotée d'un type unique, le **Diagramme de poutre**. Ce tracé peut être utilisé pour afficher plusieurs quantités directement sur les poutres. Les forces et cisaillements sont 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 de résultats et en sélectionnant **Définir des diagrammes pour les poutres**. Un des types ci-dessus doit aussi être sélectionné.

Lecture du tracé

A titre d'exemple, examinez un tracé utilisant la **Force axiale**. La force axiale dans les membres d'entretoise angulaires est représentée en rouge, ce qui signifie que la valeur se situe entre **47 N** et **53 N**. Les entretoises sont en état de tension parce que les valeurs de force axiale sont positives.



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

Leçon 6

Utilisation d'un assemblage

A la fin de cette leçon, vous devriez être capable de :

- 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.

Création d'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

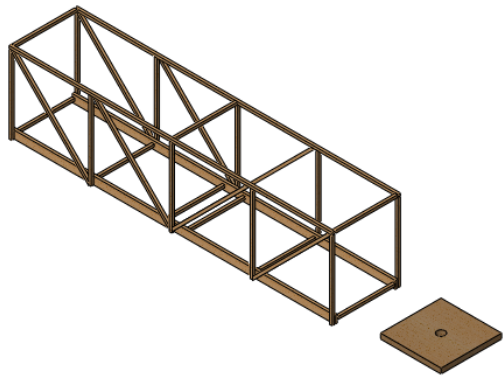
Si vous deviez construire et tester cette structure, elle devrait être conforme à certains critères de longueur, de largeur et de hauteur. Un des critères pourrait être de vérifier qu'un bloc de bois d'une certaine dimension et longueur pourrait traverser la structure.

1 Ouvrir le fichier d'assemblage.

Cliquez sur **Ouvrir** .

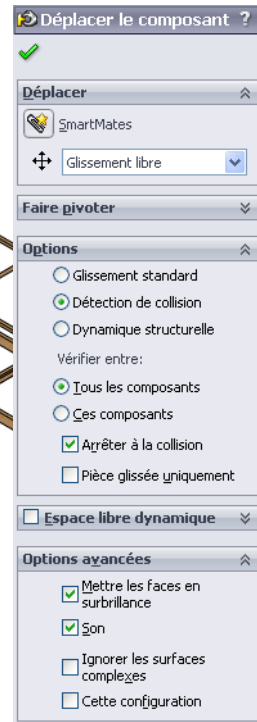
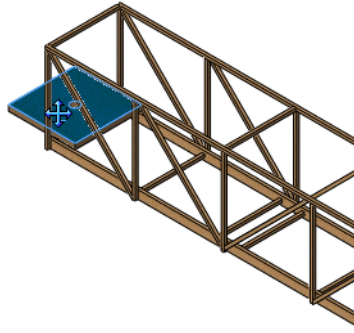
Sur la fenêtre **Ouvrir**, parcourez les répertoires jusqu'au dossier Bridge Design Project\ Student\Lesson 6. Sélectionnez Test_Block_Assembly.sldasm et cliquez sur **Ouvrir**.

L'assemblage inclut une copie de la structure précédente et une représentation d'un bloc de bois.



2 Déplacer le composant.

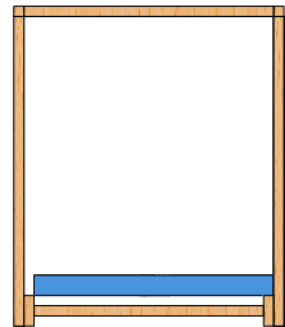
Sélectionnez le composant Load_Plate_75 et cliquez sur **Outils, Composant, Déplacer** dans la barre d'outils Assemblage. Dans la boîte de dialogue, cliquez sur **Détection de collision, Tous les composants, Mettre en surbrillance les faces** et **Son**. Sélectionnez Load_Plate_75 pour la déplacer dans 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 .



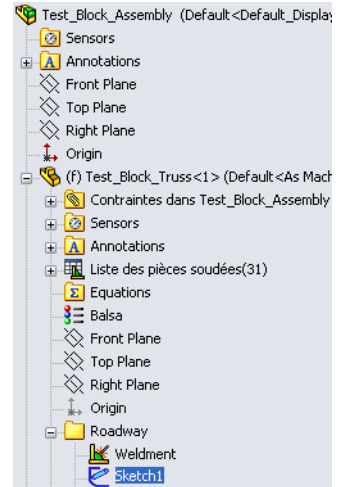
Modification du modèle

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

4 Développer les éléments.

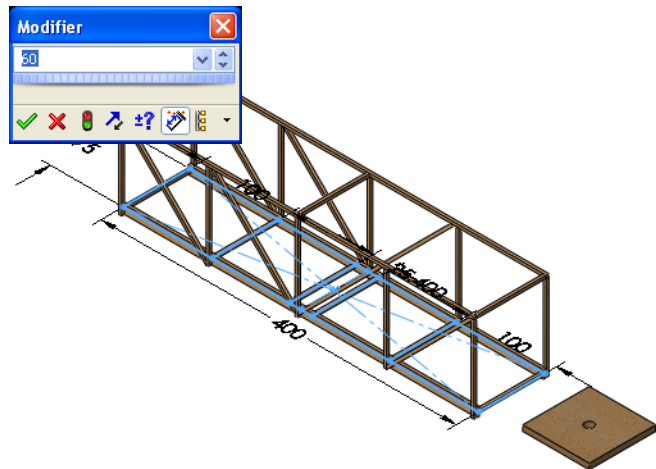
Dans le FeatureManager, faites un double-clic sur le composant **Test_Block_Truss** puis sur le dossier **Roadway (Route)** pour le développer.

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



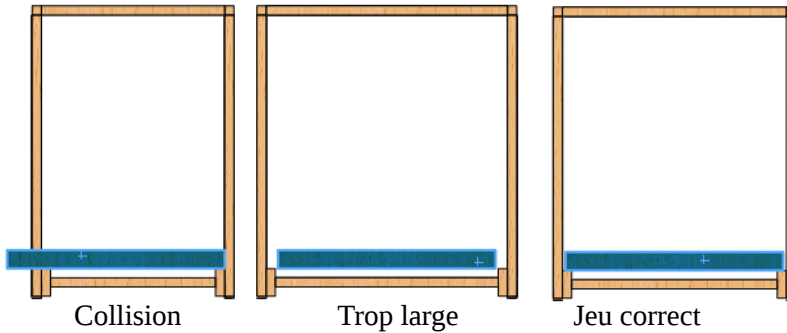
5 Modifier sa dimension.

Faites un double-clic sur la dimension **75** et changez-la à **60**. Cliquez sur **Reconstruire** puis sur . La pièce de structure change de dimension.



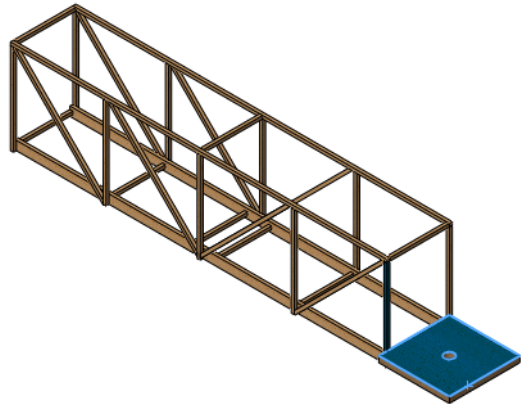
Détection de collision

Les jeux sont de faibles distances entre les pièces conçues pour leur permettre de s'assembler correctement. Si une pièce est trop petite ou trop grande, l'assemblage ne se montera pas correctement.



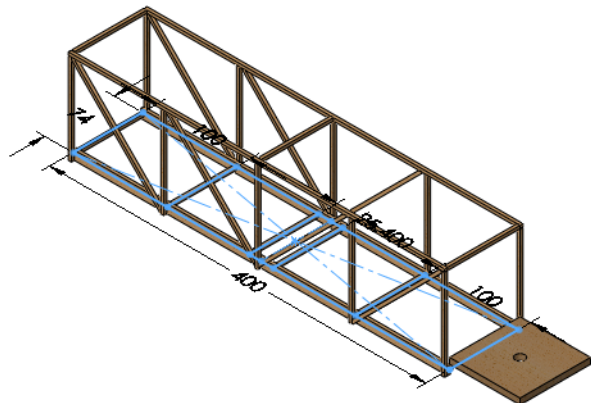
6 Déplacer.

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



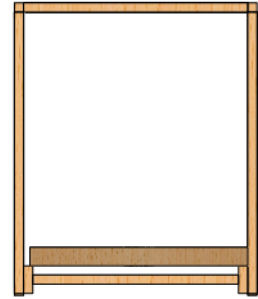
7 Augmenter la largeur.

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



8 Taille correcte.

Cette taille donne un petit jeu et permet de faire coulisser le bloc à travers.



9 Ouvrir la pièce.

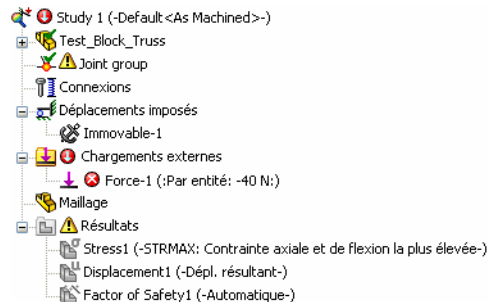
Cliquez à droite sur Test_Block_Truss dans le FeatureManager et sélectionnez **Ouvrir la pièce** . La pièce de structure s'ouvre dans sa propre fenêtre.

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



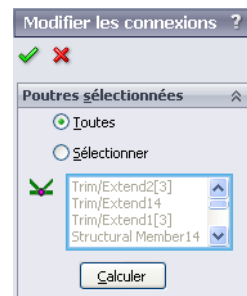
11 Groupe de connexions.

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

Cliquez sur **Calculer** et .

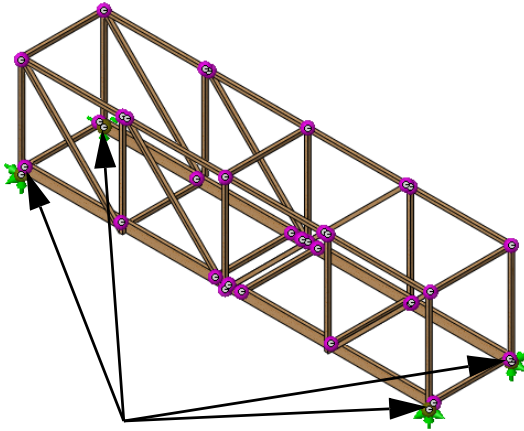
Le message vous fait savoir que : Joints are recalculated. Calculated joints may look same, but the order may be different. Re-definition of fixture/load/connection may be required.

(Les raccordements sont recalculés. Les raccordements calculés peuvent sembler les mêmes mais l'ordre peut être différent. Il peut être nécessaire de redéfinir les déplacements imposés, la charge ou la connexion.) Cliquez sur **OK**.



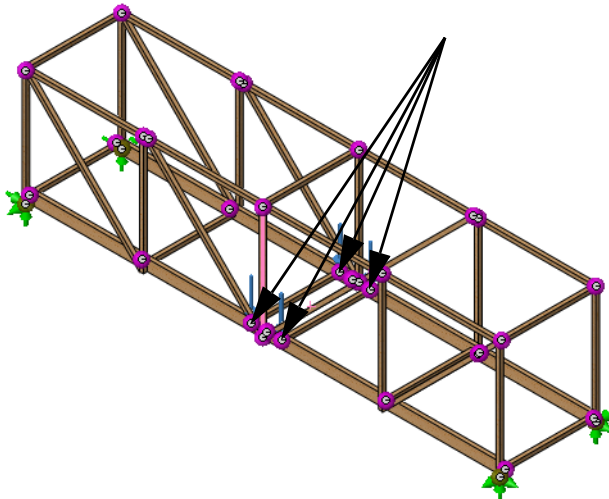
12 Déplacement imposé.

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



13 Charge.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur la charge externe **Force-1** (:Par élément : -40 N :) et sélectionnez **Editer la définition**. Cliquez dans le champ de sélection et sélectionnez les quatre mêmes raccordements comme indiqué puis cliquez sur .



14 Mailler et exécuter.

Cliquez avec le bouton droit de la souris sur la fonction **Maillage** et sélectionnez **Mailler et exécuter**. Les modifications ne sont pas significatives. Cliquez sur **Fichier, Fermer** et enregistrez toutes les modifications.

Leçon 7

Création de mises en plan de la structure

A la fin de cette leçon, vous devriez être capable de :

- Ajouter une vue de mise en plan de la pièce ;
- Créer une table de liste 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 dimension 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'ils représentent :

- **Forme** – Les *Vues* traduisent la forme d'un objet.
- **Taille** – Les *Dimensions* indiquent la taille d'un objet.
- **Autres informations** – 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.

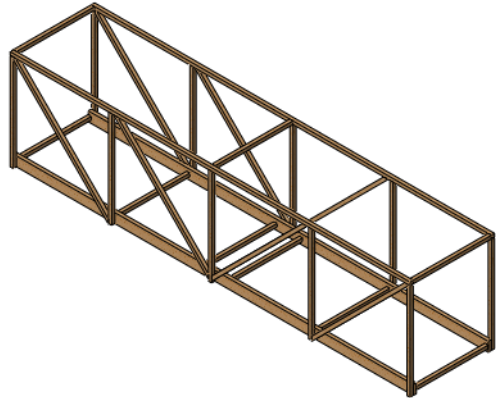
Création d'une mise en plan et de vues

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 pièce **Drawings (Mises en plan).**

Sur la fenêtre **Ouvrir**, parcourez les répertoires jusqu'au dossier Bridge Design Project\Student\Lesson 7.

La pièce est un modèle terminé de la structure.

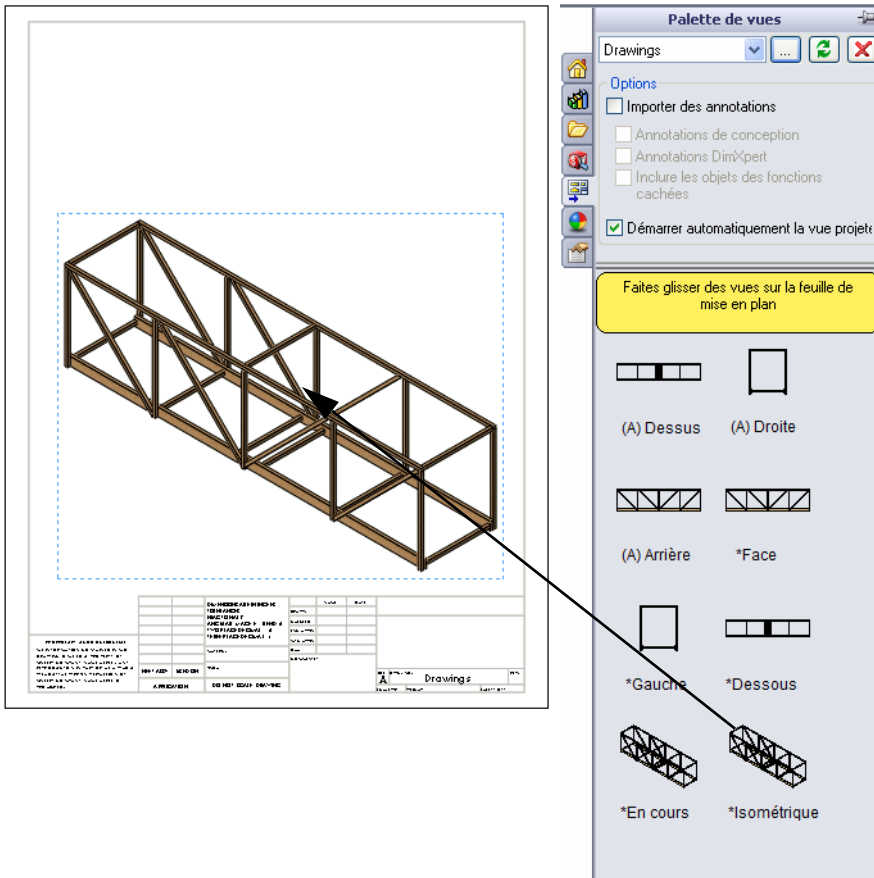
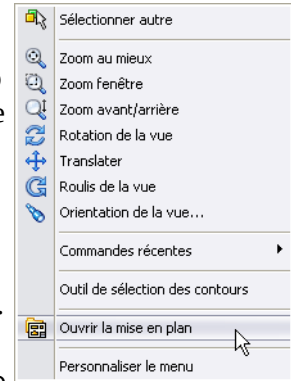


2 Ouvrir le fichier de mise en plan.

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. Pour l'ouvrir, cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur la zone graphique et sélectionnez **Ouvrir la mise en plan**.

3 Développer la palette de vues.

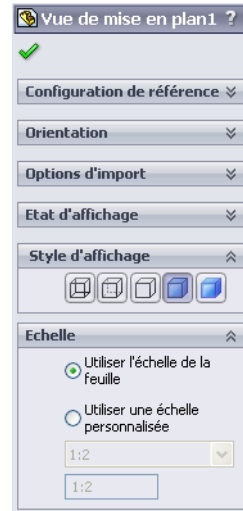
Cliquez sur la **Palette de vues**  pour la développer. La palette de vues contient des vues de la pièce en cours. Cliquez sur **Actualiser**  et désactivez **Importer des annotations**. Glissez et déposez une vue *Isométrique de la palette de vues vers la feuille de mise en plan.



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 de liste des pièces soudées ?

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

5 Liste des pièces soudées.

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

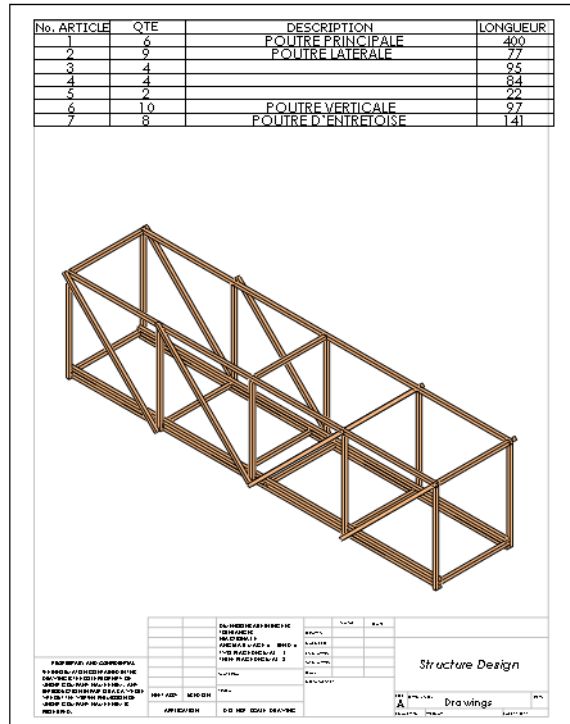
Sélectionnez le fichier **Bridge_Weldments.sldwldtbt** en tant que **Modèle de table**. Ce fichier est placé dans le même dossier que la pièce.

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



6 Placer la table.

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



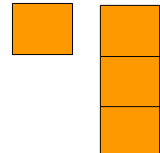
7 Redimensionner les colonnes.

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	C	D
No. ARTICLE	QTE	DESCRIPTION	LONGUEUR	
1	6	POUTRE PRINCIPALE	400	
2	9	POUTRE LATÉRALE	77	
3	4		95	
4	4		84	
5	2		22	
6	10	POUTRE VERTICALE	97	
7	8	POUTRE D'ENTRETOISE	141	

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

Une poutre différente 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.

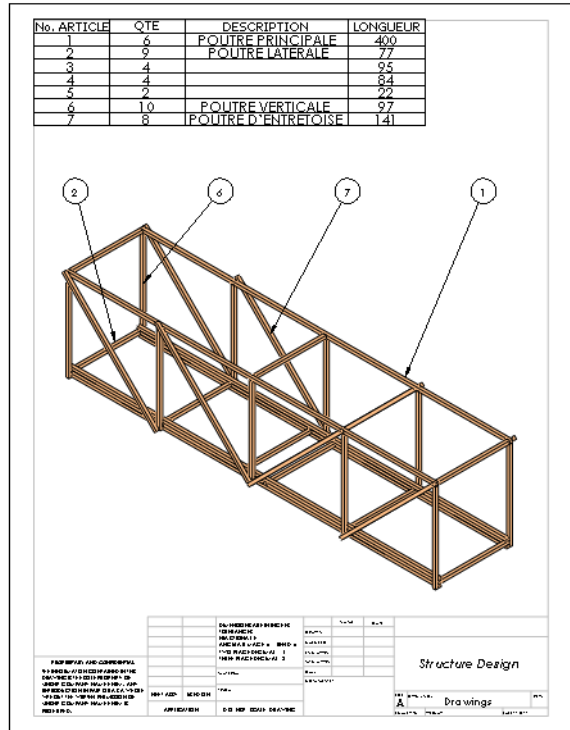
Bulles

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

8 Bulles.

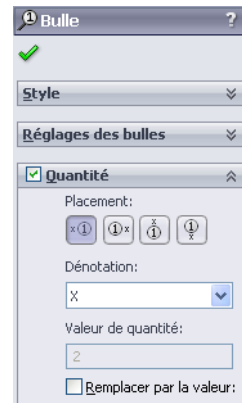
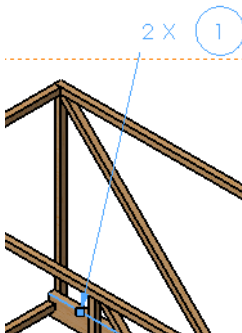
Sélectionnez **Bulle**  sur la barre d'outils Annotation. Cliquez sur l'élément puis cliquez pour positionner le texte. Répétez la procédure pour ajouter quelques bulles. Cliquez sur .

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



9 Quantités des 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 .



10 Fermer la mise en plan et la pièce.

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

Leçon 8

Rapports et SolidWorks eDrawings®

A la fin de cette leçon, vous devriez être capable de :

- 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

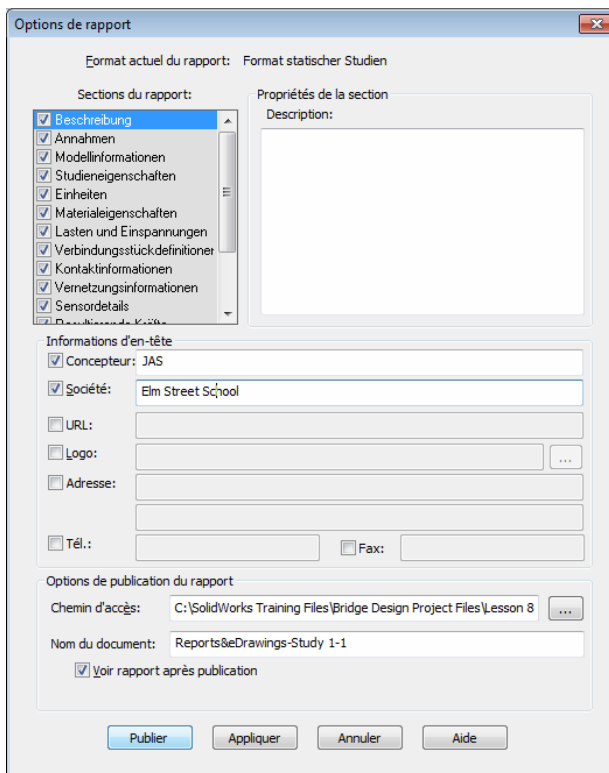
Il existe de nombreuses façons de générer des données à partir d'une analyse de structure. Un **Rapport**, par exemple, pour imprimer et consulter du texte et des données statiques. Utilisez les **SolidWorks eDrawings** pour consulter, partager et manipuler les tracés de résultats d'analyse sans avoir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

- 1 **Ouvrir le fichier de pièce Reports&eDrawings (Rapports et eDrawings).**
Sur la fenêtre **Ouvrir**, parcourez les répertoires jusqu'au dossier Bridge Design Project\Student\Lesson 8. Ouvrir le fichier de pièce Reports&eDrawings (Rapports et eDrawings). Exécuter l'analyse.

Création d'un rapport

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

- 2 **Rapport.**
Cliquez sur **Simulation, Rapport**.
- 3 **Boîte de dialogue.**
Cliquez sur **Designer** et **Société**. Sous **Designer**, entrez vos initiales. Sous **Société**, entrez le nom de votre établissement d'enseignement.

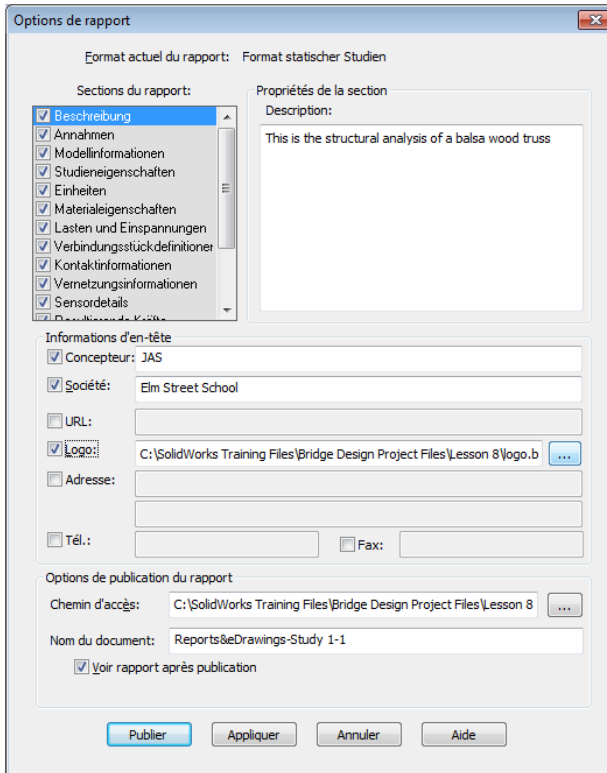


4 Logo.

Cliquez sur **Logo**. Cliquez sur le bouton **Parcourir** et sélectionnez le fichier logo.bmp dans le dossier Lesson 8.

5 Description.

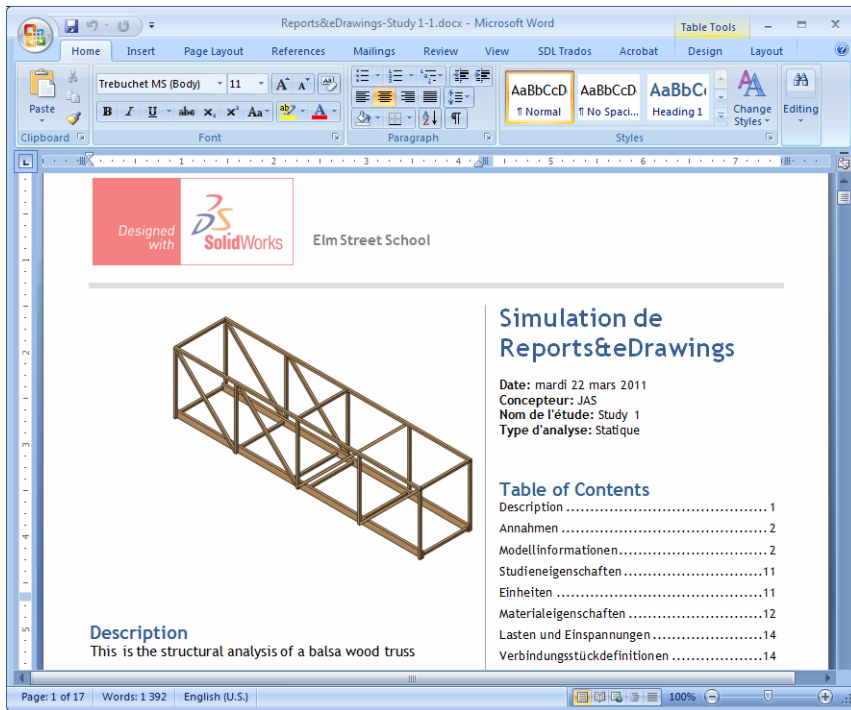
Cliquez sur **Description** et tapez This is the structural analysis of a balsa wood truss (Analyse structurale d'une entretoise en balsa) dans la section des commentaires, puis cliquez sur **Publier**.



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.



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

Les eDrawings® sont 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 les envoyer par courrier électronique, ils sont auto-affichables et beaucoup plus faciles à comprendre que les mises en plan 2D.

Avantages présentés par les 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 ;
- Cliquez sur  pour publier un eDrawing depuis n'importe quel fichier SolidWorks ;
- 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. A 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 donne la capacité d'effectuer des annotations et des corrections des eDrawings, pour améliorer 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. D'un clic, les eDrawings permettent de « 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**.

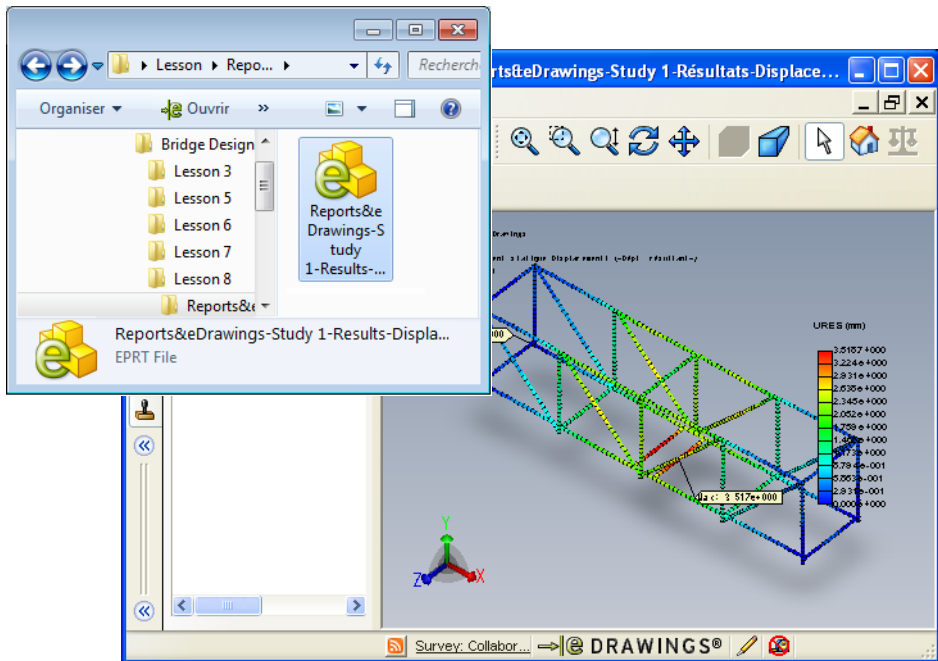
Le nom par défaut est au format :

nom de pièce-nom d'étude-résultats-type de tracé. Dans ce cas, il est **Reports&eDrawings-Study 1-Results-Displacement1.analysis**.

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. Cliquez sur **Suivant**. La fenêtre eDrawings s'affiche.



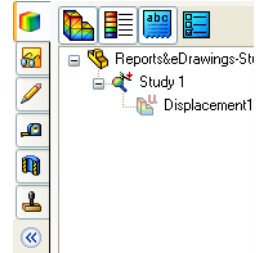
Remarque : Si c'est la première fois que vous utilisez eDrawings, le programme peut vous demander la permission de le charger.

L'interface utilisateur d'eDrawings

Vous disposez d'un choix de grands  ou petits  boutons sur les barres d'outils d'eDrawings. Les grands ont des étiquettes de texte. Pour alterner entre l'affichage des petits et grands boutons, cliquez sur **Affichage, Barres d'outils, Boutons agrandis**.

10 Paramètres.

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

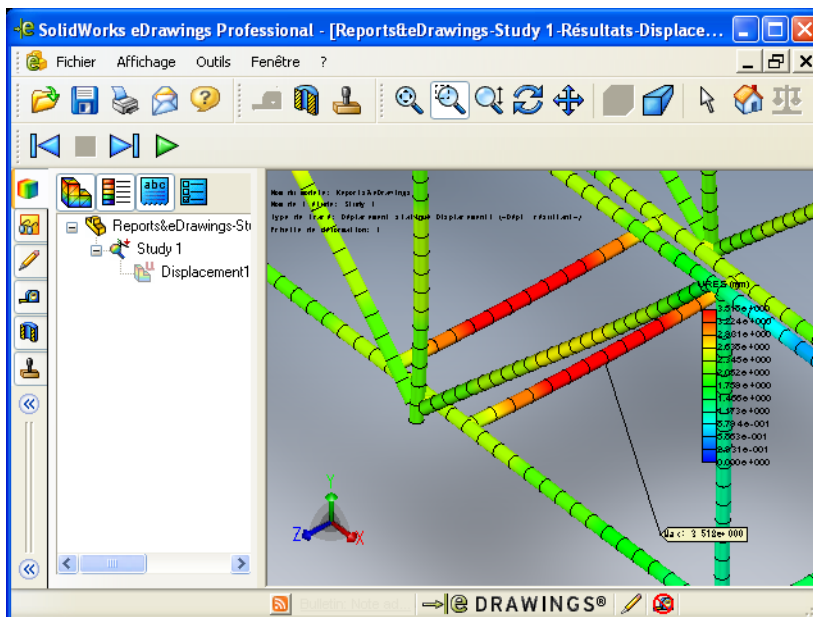


Fonctionnalités des eDrawings

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 définir cette séquence.

13 Arrêter l'animation.

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

14 Réinitialiser la vue.

Pour faire revenir l'animation au début de la séquence, cliquez sur **Accueil** .

Enregistrement des eDrawings

Cliquez sur **Enregistrer**  ou sur **Fichier, Enregistrer**, ou appuyez sur **Ctrl+S** pour enregistrer le fichier ouvert dans l'eDrawings Viewer. 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'en extraire l'eDrawings Viewer et ouvrir le fichier eDrawings, tous deux intégrés
- Fichiers HTML eDrawings
- Fichiers exécutables eDrawings
Vous pouvez enregistrer les fichiers eDrawings sous forme d'exécutables autoextractibles (*.exe) contenant le Viewer et le fichier eDrawings. 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

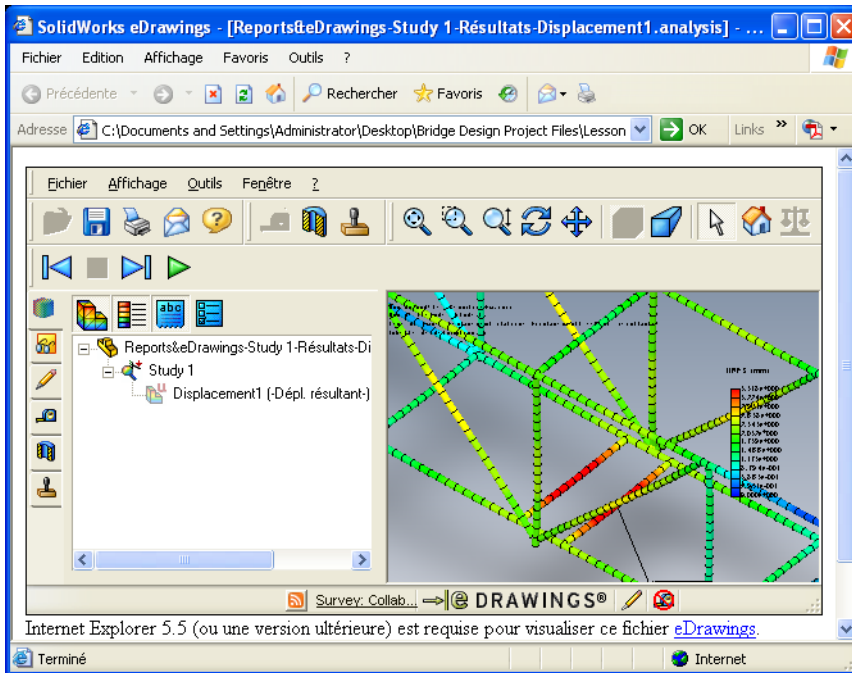
15 Enregistrer l'eDrawing.

Cliquez sur **Fichier, Enregistrer sous**. Sous **Type des fichiers** 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-Study 1.

16 Envoyer le fichier eDrawing par e-mail à votre instructeur.

Ouvrez le fichier HTML. Cliquez sur **Envoyer**  et envoyez l'eDrawing terminé à votre formateur sous forme de pièce jointe à un e-mail.

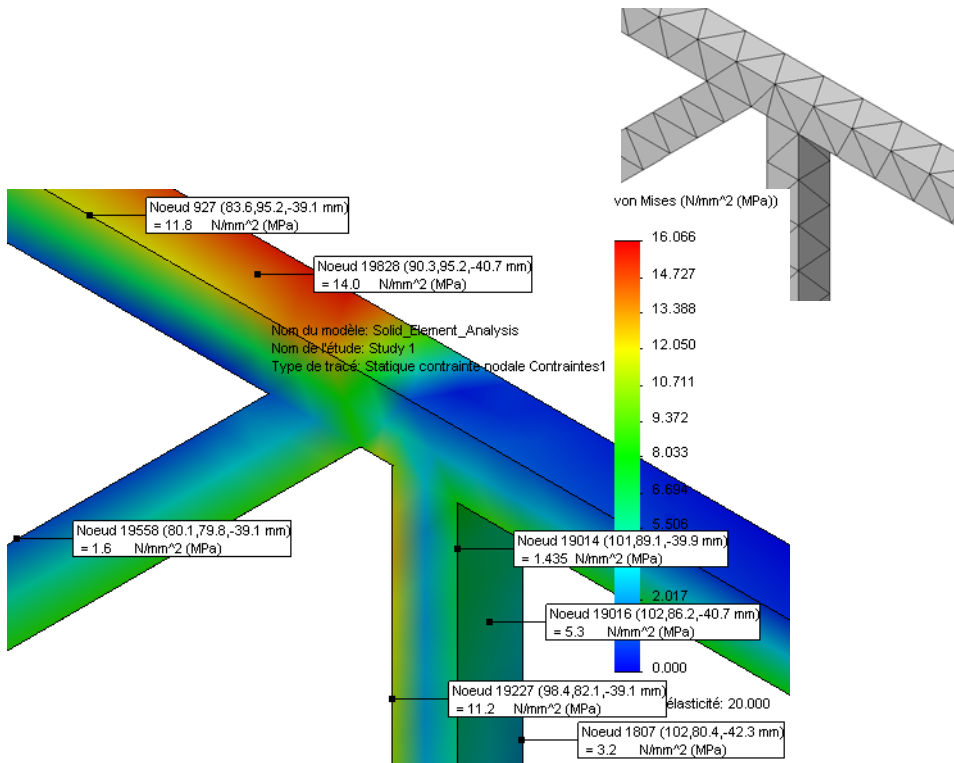


17 Fermer tous les fichiers.

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 explorer, ouvrez le fichier de 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 9

Construction et essai de la structure

A la fin de cette leçon, vous devriez être capable de :

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

Construction de la structure

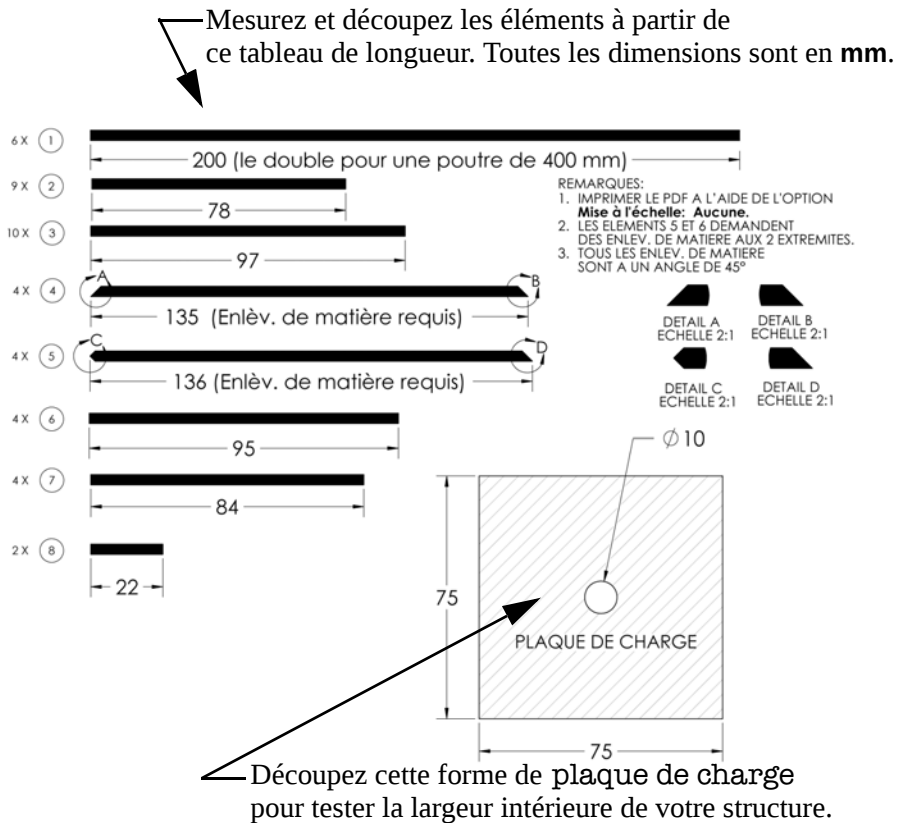
Si votre formation a choisi de construire et essayer la structure, vous aurez besoin de tiges de balsa de 1/8" x 1/8" (3,2 mm). Vous aurez besoin de longueurs d'au moins 400 mm (24"). De la colle et un couteau pour découper les baguettes de balsa sont aussi nécessaires.

Découpe à longueur

Il y a **43** éléments de **7** longueurs différentes nécessaires pour cette structure. 2 fichiers PDF peuvent vous être utiles pour la construction. Ils se trouvent dans le même dossier que ces instructions.

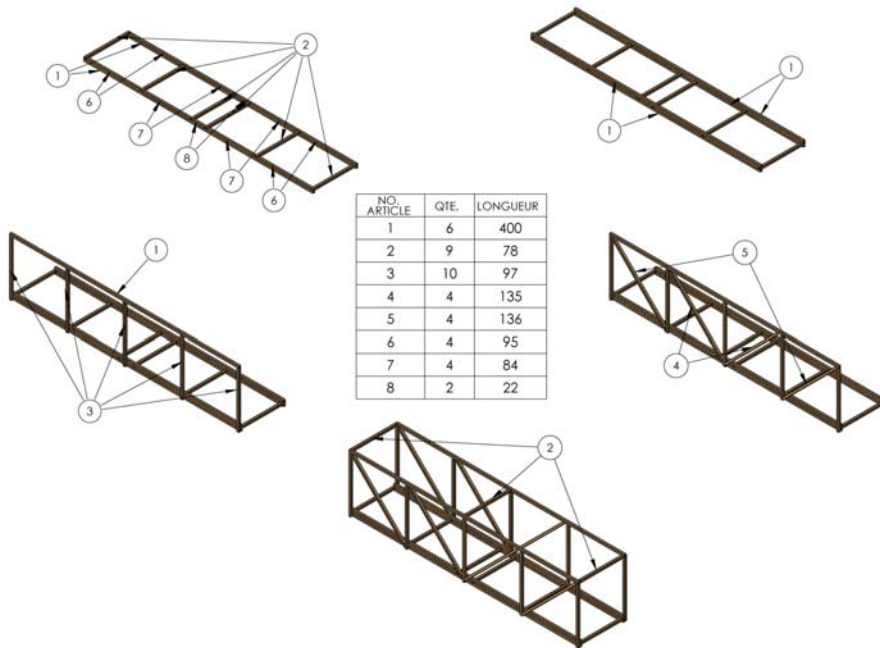
1 Ouvrir et imprimer des fichiers PDF.

Parcourez les répertoires jusqu'au dossier **_ENG**, ouvrez le fichier **Measuring Chart.PDF** et imprimez-le avec les précautions mentionnées dans le fichier PDF et dans la note ci-dessous.



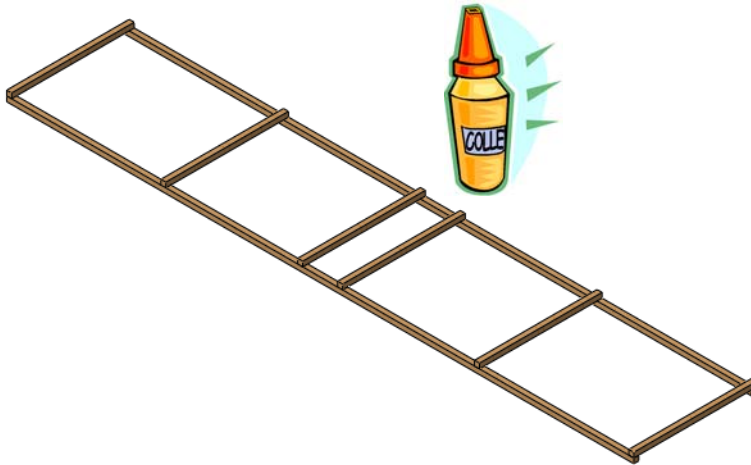
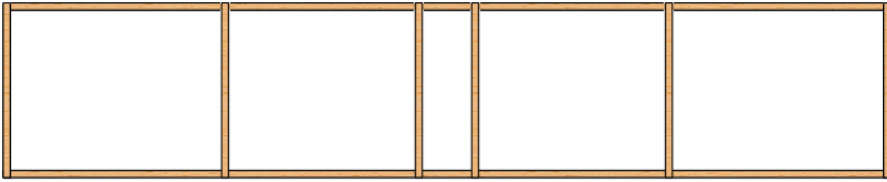
Remarque : Imprimez ce PDF à l'aide de l'option **Mise à l'échelle : Aucune** pour obtenir des valeurs exactes !

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



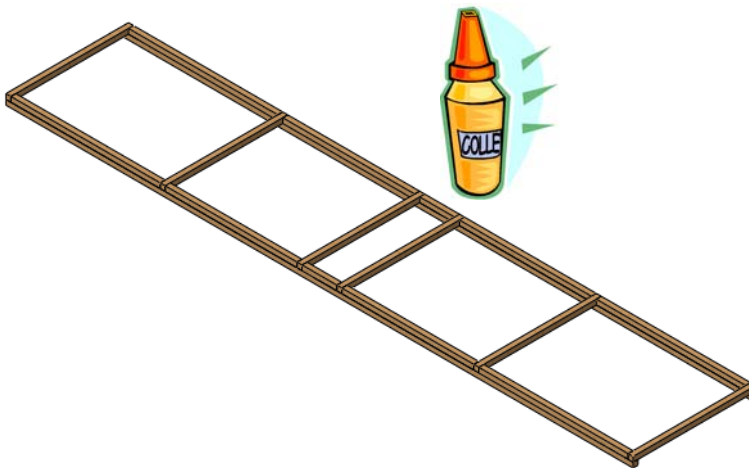
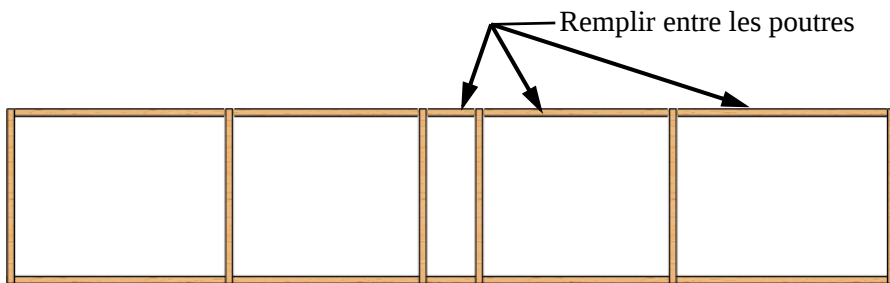
2 Cadre inférieur.

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



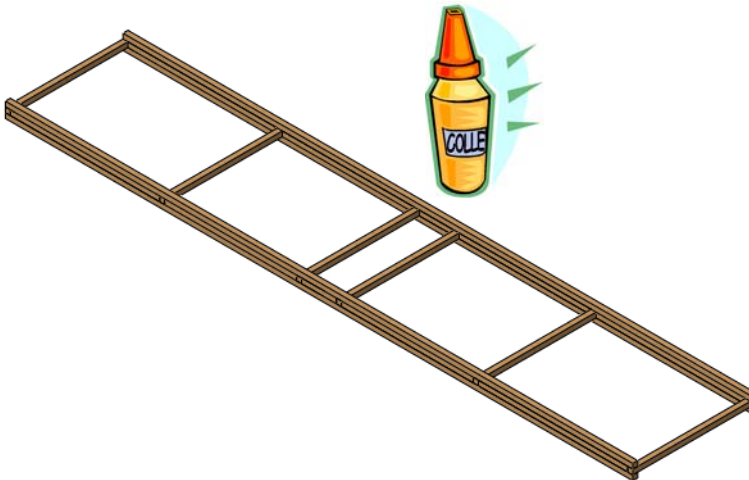
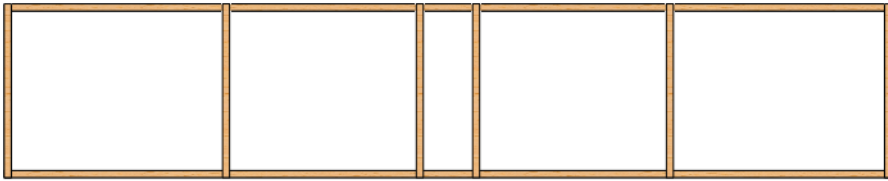
3 Poutres de remplissage.

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



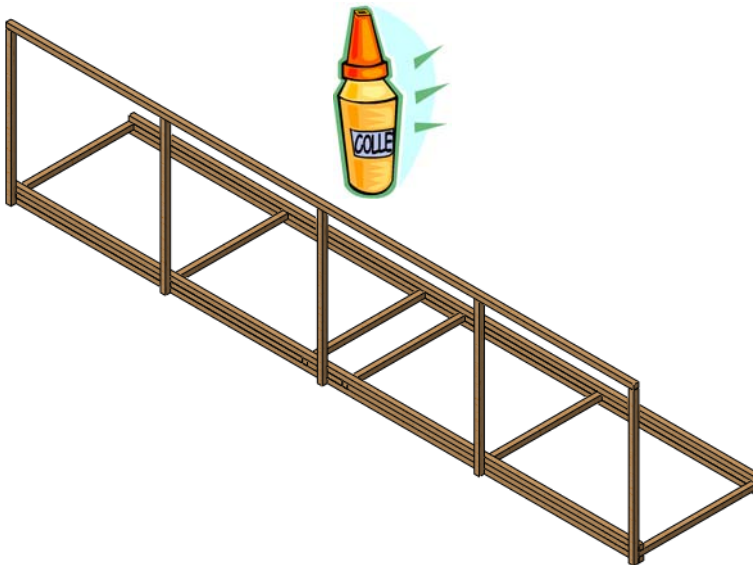
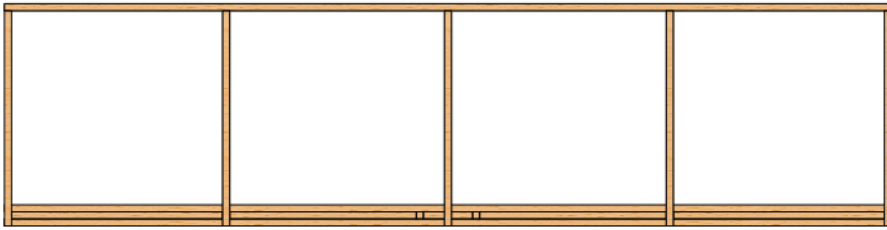
4 Longerons extérieurs triples.

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



5 Parois latérales.

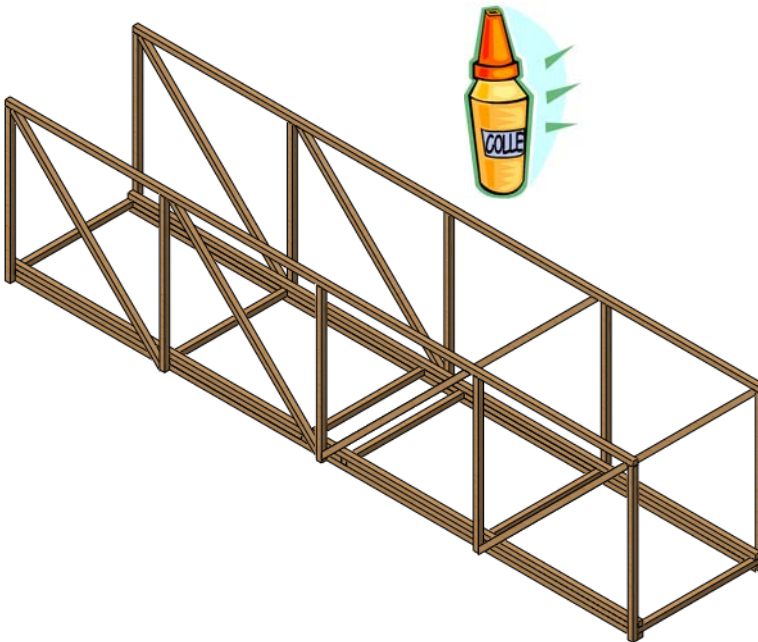
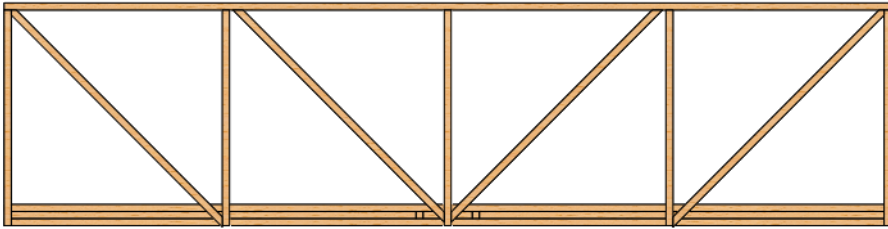
Collez toutes les poutres.



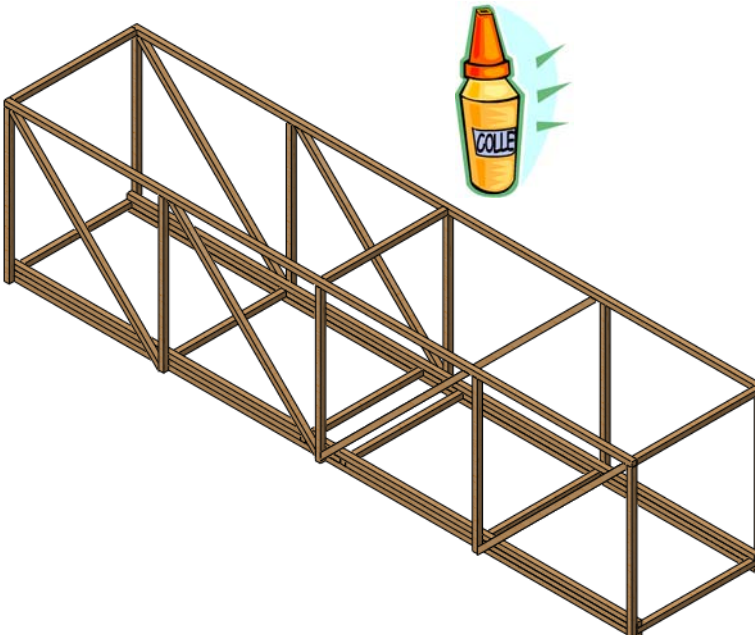
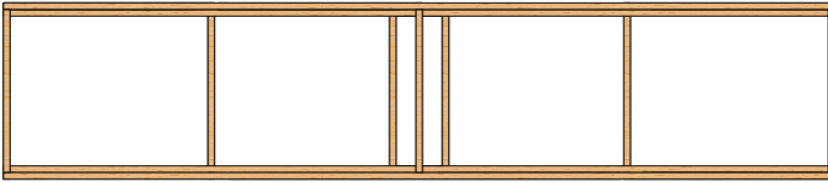
Conseil : Vous pouvez commencer par construire un côté et terminer les entretoises transversales (étape 6 à la page 101) avant de commencer l'autre côté.

6 Entretoisement transversal.

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



7 Supports supérieurs transversaux.
Collez toutes les poutres.



Essai de la structure

La structure peut être essayée en la mettant en travers d'une travée et en appliquant une charge au centre du pont. Voir les détails ci-dessous pour plus d'informations.

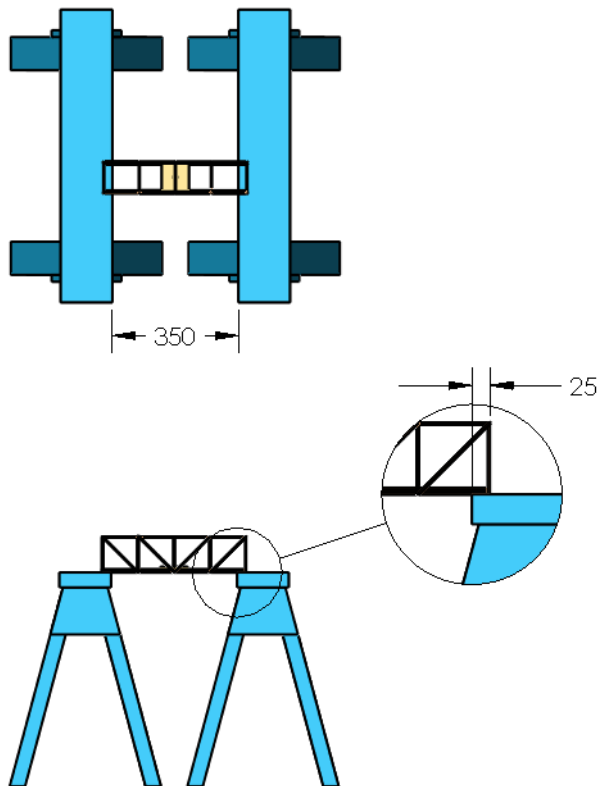
Création de la travée

Une façon de créer une travée consiste à placer deux tréteaux à une distance précise 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.

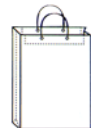
1 Penny ajoute une force de **0,0245 N** à la structure. Ce n'est pas beaucoup, et très loin de la charge totale que nous souhaitons utiliser pour l'essai. Quelqu'un a-t-il vraiment envie de compter des centaines ou des milliers de pièces pour chaque essai ? Il est possible d'utiliser des rouleaux de pièces utilisés couramment 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 bretelles de corde ou un matériau plus robuste à la plaque de charge en faisant passer les bretelles 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.



Glossaire

Terme	Définition
analyse	Procédure de modélisation du comportement d'une structure pour déterminer si elle peut résister aux chargements externes qu'elle est conçue pour recevoir. La procédure calcule des quantités 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'étude Simulation	Structure d'arborescence 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 sous-assemblages existent dans des documents distincts de l'assemblage. L'extension d'un nom de fichier d'assemblage SolidWorks est *.sldasm.
chargement externe	Force ou pression appliquée à une structure par l'extérieur. Pour une poutre de pont, ce pourrait être par exemple le poids d'un train.
coefficient de sécurité	Valeur calculée dans l'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.

Terme	Définition
contrainte	La contrainte est une quantité mesurée par une force par unité de surface dans une structure, induite par les chargements externes appliqués 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.
déplacement imposé	Les déplacements imposés servent à limiter les déplacements des points dans le modèle. Ils sont également appelés contraintes.
déplacement imposé	Le déplacement imposé décrit la partie du modèle qui ne peut pas se déplacer dans l'analyse.
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, contenant des données SolidWorks et les données SolidWorks Simulation.
élément	Forme simple utilisée pour représenter une partie du modèle de petites dimensions. L'ensemble des éléments représente la totalité du modèle.
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), spécifiquement, nous utilisons SolidWorks Simulation.

Terme	Définition
étude de simulation	Dossier dans lequel est stocké une analyse complète et qui comprend : 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. Aussi appelée flexion.
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.
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, c'est couramment de l'acier, mais il pourrait s'agir de bois ou de béton. 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.

Terme	Définition
newton	L'unité de force SI (m·kg·s). Une force de un newton accélère une masse d'un kilogramme au taux de un mètre par seconde. En mesures anglaises traditionnelles, un newton représente environ 0,225 livres de force (lbf). Le newton a reçu son nom en mémoire 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 $F = ma$.
noeud	Point servant à connecter et donner une forme aux éléments.
pascal	Unité de force SI (m·kg·s) de pression et de contrainte. Elle est égale à un newton par mètre carré. En mesures anglaises traditionnelles, un newton 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 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 structurel de section transversale constante. Elle est d'habitude chargée en flexion.
poutre triangulée	Une structure de pont simple utilisée couramment en chemins de fer.
répartition des contraintes	Une « carte » de couleurs affichant la valeur des contraintes 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.

Terme	Définition
SolidWorks Simulation	Logiciel intégré dans SolidWorks qui permet d'effectuer une analyse structurelle.
structure	Une collection de poutres utilisée pour former une pièce unique. Dans SolidWorks, ce type de pièce s'appelle un ensemble soudé ; il s'agit de plusieurs pièces soudées en une seule.
tension interne 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.