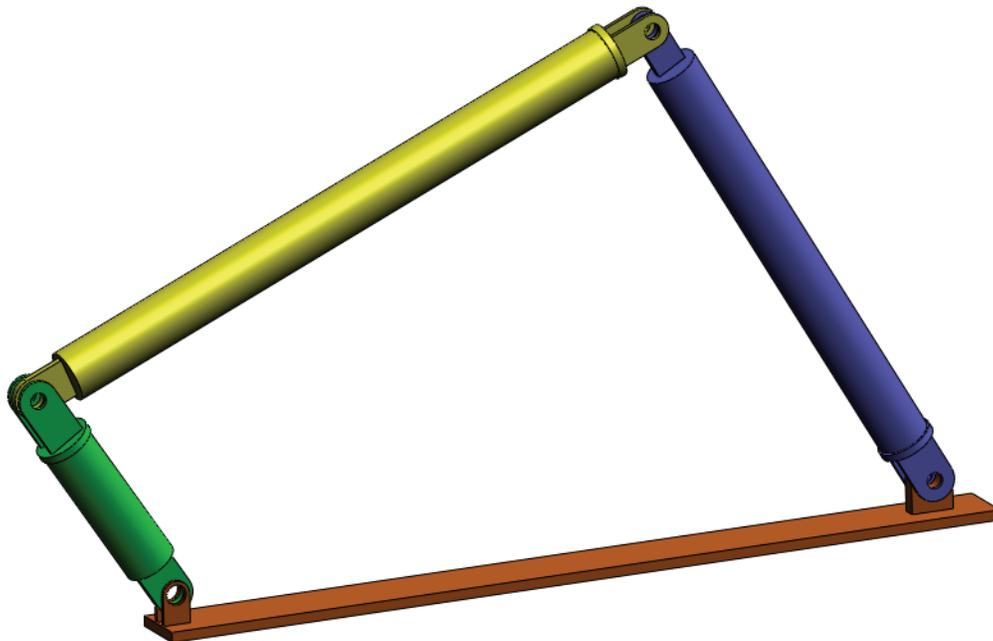




Série :
*Conception mécanique
et Technologie*

Introduction aux applications d'analyse de mouvement avec SolidWorks Motion, Guide de l'enseignant



Dassault Systèmes SolidWorks Corporation
300 Baker Avenue
Concord, Massachusetts 01742 Etats-Unis
Téléphone : +1-800-693-9000

Appels internationaux : +1-978-371-5011
Télécopieur : +1-978-371-7303
Email : info@solidworks.com
Web : <http://www.solidworks.com/education>

© 1995-2010, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, une société Dassault Systèmes S.A., 300 Baker Avenue, Concord, Mass. 01742 Etats-Unis. Tous droits réservés.

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

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

Le logiciel constituant l'objet de ce document est fourni sous licence, et ne peut être utilisé 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 des termes de ce contrat de licence, y compris ses garanties.

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 ; 7 853 940 ; 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 par le brevet canadien 2 318 706.

Brevets américains et non américains en instance.

Marques déposées et noms de produits des 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 Etats-Unis. L'utilisation, la duplication ou la révélation par le gouvernement des Etats-Unis sont soumises aux restrictions énoncées dans la section FAR 52.227-19 (Logiciel informatique commercial - Droits limités), 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 Etats-Unis

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

Certaines portions 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 instance.

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

Pour plus d'informations sur les droits d'auteur, voir la rubrique d'aide > A propos dans SolidWorks.

Notifications 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.

Notifications 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.

Notifications 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 basé en partie sur le travail du groupe indépendant JPEG.

Introduction

A l'intention de l'instructeur

Ce document introduit les utilisateurs de SolidWorks au package logiciel de cinématique et dynamique de corps rigides de SolidWorks Motion Simulation. Les objectifs spécifiques de cette leçon sont les suivants :

- 1 présenter les concepts de base des analyses cinématiques et dynamiques de corps rigides ainsi que leurs avantages.
- 2 démontrer la facilité d'utilisation et le processus concis permettant de réaliser ces analyses.
- 3 présenter les règles de base des analyses cinématiques et dynamiques de corps rigides.

La structure de ce document est similaire à celle des leçons du Guide SolidWorks pour l'enseignant. Le Livret de travail de l'étudiant SolidWorks Motion Simulation *renferme des pages correspondant à celles de cette leçon.*

Remarque: Le but de cette leçon n'est pas d'enseigner toutes les fonctionnalités de SolidWorks Motion Simulation. Elle a seulement pour but de présenter les concepts de base et les règles régissant l'exécution des analyses cinématiques et dynamiques de corps rigides ainsi que le processus concis qui les permet.

Disque DVD de ressources pédagogiques de l'édition d'enseignement

Un disque DVD *Education Edition Curriculum and Courseware* est fourni avec ce cours.

L'installation du disque DVD crée un dossier nommé `SolidWorks Curriculum_and_Courseware_2011`. Celui-ci contient les répertoires relatifs à ce cours ainsi que plusieurs autres.

Les étudiants peuvent également télécharger le matériel du cours depuis SolidWorks. Cliquez sur l'onglet Ressources SolidWorks dans le volet des tâches et sélectionnez Student Curriculum.



Double-cliquez sur le cours que vous souhaitez télécharger. Appuyez sur la touche Ctrl et sélectionnez le cours pour télécharger un fichier Zip. Le fichier Lessons contient le matériel dont vous avez besoin pour compléter les leçons. Le Guide de l'étudiant renferme le fichier PDF du cours.

Il est également possible de charger le matériel du cours à l'intention des enseignants depuis le site Web de SolidWorks. Cliquez sur l'onglet Ressources SolidWorks dans le volet des tâches et sélectionnez Instructors Curriculum. Vous serez mené à la page Ressources de l'enseignant illustrée ci-dessous.

The screenshot shows the SolidWorks website's Educator Resources page. The page is titled "Educator Resources*" and provides a list of educational materials with their availability in various languages. The languages listed are ENG, FRA, DEU, ITA, ESP, JPN, CHS, CHT, PTB, SVE, and KOR. Each resource includes a description, a list of available files (Description, Student workbook, Teacher SolidWorks files, Instructor guide, Instructor Presentation), and a table indicating availability with 'X' marks.

Educator Resources*

Educator references including lesson plans, PowerPoint presentations, student goals, vocabulary, and student assessments. These materials are provided in a combination of project-based and topic-based formats.

Note: These Educator Resources are for SolidWorks 2010. For SolidWorks 2009 resources, [click here](#).

EDU Curriculum Introduction (2010)

Overview of the guides and resources listed below.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Curriculum introduction		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resources		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SolidWorks Teacher Guide (2010)

Includes lesson plans, presentations, student goals, vocabulary, and assessments.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	NOR	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Student workbook		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Student SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teacher SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Instructor Presentation		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Sustainability Project (2010)

Perform life cycle assessment.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Project workbook		X	X	X	-	X	X	X	-	-	-	-
SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Presentation		X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	X

SolidWorks® Simulation Educator Guide (2010)

An introduction to the principles of analysis using SolidWorks Simulation.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Student workbook		X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-
Examples		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-

SolidWorks® Flow Simulation Educator Guide (2010)

An introduction to the principles of fluid flow analysis using SolidWorks Flow Simulation.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Student workbook		X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Presentation		X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Lesson files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SolidWorks® Motion Educator Guide (2010)

From dynamics to kinematics, incorporate theory through virtual simulation.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Student workbook		X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	-
Examples		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	-

SAE Car Project (2010)

Design and Analyze Parts and Assemblies for Racing Competitions.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Project workbook		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Student files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Bridge Design Project (2010)

Use SolidWorks Simulation to analyze different loading conditions of the bridge.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Project workbook		X	X	X	-	X	X	X	-	-	-	-
Student files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Presentation		X	X	X	-	X	X	X	-	-	-	-

CO2 Car Design Project (2010)

Design and analyze a CO2 powered car. Make design changes to reduce drag.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Project workbook and SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Gamme de produits SolidWorks Simulation

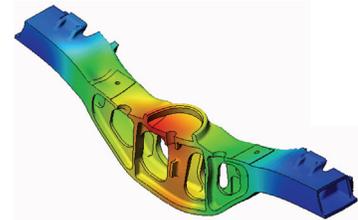
Ce cours se concentre sur la présentation de la dynamique des corps rigides à l'aide de SolidWorks Motion Simulation ; cependant, la gamme complète de produits couvre une grande variété de domaines d'analyses qui doivent être pris en compte. Les paragraphes ci-dessous listent la totalité des packages et modules offerts par SolidWorks Simulation.

Les études statiques proposent des outils pour l'analyse des contraintes linéaires des pièces et assemblages chargés au moyen de chargements statiques. Ce type d'étude répond aux questions type suivantes :

Ma pièce va-t-elle casser dans des conditions de chargements d'utilisation normales ?

La conception de ce modèle est-elle trop poussée ?

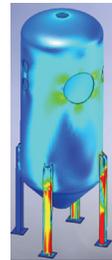
Ma conception peut-elle être modifiée pour améliorer le coefficient de sécurité ?



Les études de flambage analysent la performance des pièces minces chargées en compression. Ce type d'étude répond aux questions type suivantes :

Les pieds de mon enceinte sont suffisamment résistants pour ne pas se plastifier et défailir, mais sont-ils assez résistants pour ne pas s'effondrer à cause d'une perte de stabilité ?

Ma conception peut-elle être modifiée pour assurer la stabilité des composants minces de mon assemblage ?

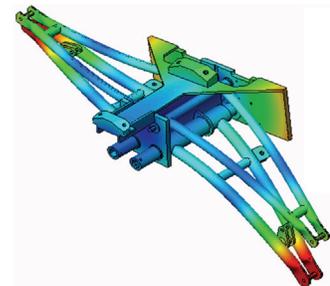


Les études fréquentielles proposent des outils d'analyse des modes et fréquences naturels. Une telle analyse est essentielle dans la conception ou dans de nombreux composants chargés à la fois de façon statique et dynamique. Ce type d'étude répond aux questions type suivantes :

Ma pièce va-t-elle résonner dans des conditions de chargements d'utilisation normales ?

Les caractéristiques de fréquence des composants conviennent-elles à l'application donnée ?

Ma conception peut-elle être modifiée pour augmenter les caractéristiques de fréquence ?



Les études thermiques proposent des outils d'analyse du transfert thermique par l'intermédiaire de la conduction, de la convection et du rayonnement. Ce type d'étude répond aux questions type suivantes :

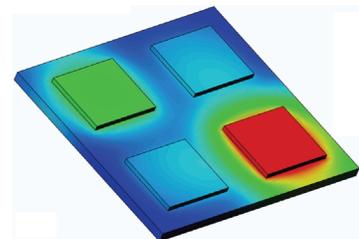
Les changements de température affecteront-ils mon modèle ?

Comment mon modèle fonctionne-t-il dans un environnement dont la température fluctue ?

Combien de temps faut-il pour que mon modèle se refroidisse ou surchauffe ?

Le changement de température entraîne-t-il une expansion de mon modèle ?

Les contraintes créées par le changement de température entraîneront-elles la défaillance de mon produit ? (Pour répondre à cette question, on utilisera des études statiques conjointement à des études thermiques).



Les études de chute servent à analyser la contrainte créée par des pièces mobiles rencontrant un obstacle. Ce type d'étude répond aux questions type suivantes :
 Que se passera-t-il si mon produit est manipulé sans précaution pendant le transport ou s'il tombe ?
 Comment mon produit se comporte-t-il s'il tombe sur du parquet, de la moquette ou du béton ?

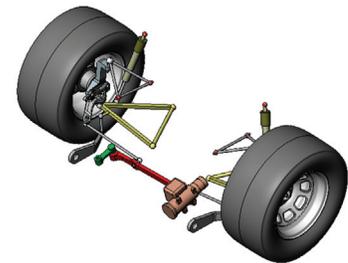


Les études d'optimisation sont appliquées pour améliorer (optimiser) votre conception initiale en fonction d'un ensemble de critères sélectionnés tels que, notamment, la contrainte maximale, le poids et la fréquence optimale. Ce type d'étude répond aux questions type suivantes :
 Puis-je changer la forme de mon modèle tout en conservant l'intention de conception ?



Ma conception peut-elle être rendue plus légère, plus petite ou moins chère sans compromettre la puissance de la performance ?

Les études de fatigue analysent la résistance des pièces et des assemblages chargés de façon répétée sur de longues périodes. Ce type d'étude répond aux questions type suivantes :



Est-il possible d'estimer avec précision la durée de vie de mon produit ?

Puis-je étendre la durée de vie du produit en modifiant ma conception actuelle ?

Mon modèle est-il sûr lorsqu'il subit des charges de force ou de température variables sur de longues périodes ?

Une nouvelle conception de mon modèle aidera-t-elle à réduire les dégâts provoqués par des forces ou une température variables ?

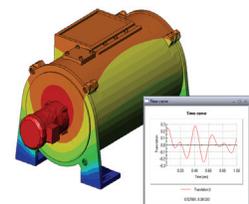
Les études non linéaires proposent des outils permettant d'analyser les contraintes dans des pièces et des assemblages subissant des chargements importants et/ou de grandes déformations. Ce type d'étude répond aux questions type suivantes :

Les pièces en caoutchouc (par exemple les joints toriques) ou en mousse réagiront-elles de façon satisfaisante sous une charge donnée ?

Mon modèle se plie-t-il excessivement dans des conditions d'utilisation normales ?

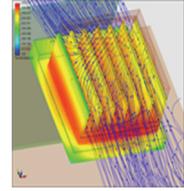


Les études dynamiques analysent les objets forcés par des charges variant avec le temps. Des exemples type sont les charges de choc de composants montés sur des véhicules, les turbines chargées par des forces oscillantes, les composants d'aviation chargés de façon aléatoire, etc. Les études linéaires (petites déformations structurales, modèles créés avec un matériau de base) ainsi que les études non linéaires (grandes déformations structurales, charges importantes et matériaux avancés) sont disponibles. Ce type d'étude répond aux questions type suivantes :



La conception de mes supports de moteur subissant des charges de choc quand mon véhicule rencontre un nid-de-poule sur la route est-elle sûre ? Quelle est l'importance de la déformation dans de telles circonstances ?

Flow Simulation permet à l'utilisateur d'analyser le comportement et les effets du déplacement des fluides à l'intérieur des pièces et des assemblages ou autour d'eux. Le transfert de chaleur dans les fluides et les solides est également examiné. Les effets de la température et de la pression peuvent ensuite être transférés dans des études SolidWorks Simulation pour poursuivre l'analyse de contraintes. Ce module répond aux questions type suivantes :



Le fluide se déplace-t-il trop rapidement et va-t-il créer des problèmes dans ma conception ?

Le fluide en déplacement est-il trop chaud ou trop froid ?

Le transfert thermique à l'intérieur de mon produit est-il efficace ? Peut-il être amélioré ?

A quel point ma conception déplace-t-elle le fluide efficacement dans le système ?

Le module Composites permet aux utilisateurs de simuler des structures fabriquées à partir de matériaux composites laminés.

Ce module répond aux questions type suivantes :

Le modèle composite défaille-t-il sous le chargement donné ?

Est-il possible d'alléger la structure en utilisant des

matériaux composites sans compromettre la résistance et la sécurité ?

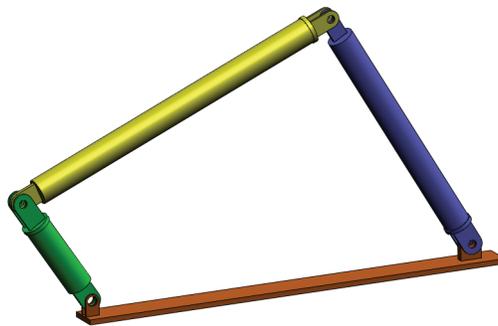
Les couches de mon matériau composite vont-elles se décoller ?



Fonctionnalités de base de SolidWorks Motion

Objectifs de cette leçon

Présenter l'analyse cinématique et dynamique comme outil complémentaire de la modélisation 3D par SolidWorks. Après cette leçon, les étudiants doivent comprendre les notions de base du comportement de mécanisme et voir comment SolidWorks Motion peut les aider à déterminer des paramètres importants de conception tels que les vitesses, accélérations, forces et moments, etc. Les étudiants pourront voir l'association de la puissance de la modélisation 3D et de l'analyse mécanique dans la procédure de conception.



Introduire l'analyse mécanique par un exercice d'apprentissage actif. L'exercice d'apprentissage actif de cette leçon est conçu pour faire les premiers pas, les étudiants n'ont que peu d'initiatives pour terminer l'exercice. Selon ce principe, les différentes étapes s'accomplissent avec un minimum de description.

Montrer aux étudiants une façon adéquate de simuler correctement leurs mécanismes conçus avec SolidWorks Motion.

Sommaire

- ❑ Discussion en classe
- ❑ Exercice d'apprentissage actif – Analyse de mouvement d'un mécanisme à 4 barres
 - Ouverture du document 4Bar .SLDASM
 - Vérification du menu SolidWorks Motion
 - Description du modèle
 - Passage à SolidWorks Motion Manager
 - Composants fixes et mobiles
 - Contraintes d'assemblage SolidWorks pilotant le déplacement
 - Spécification du mouvement d'entrée
 - Exécution de la simulation
 - Vérification des résultats
 - Création d'un tracé de trajectoire
- ❑ Evaluation de 5 minutes
- ❑ Discussion en classe – Calcul du couple nécessaire pour créer le mouvement
- ❑ Pour en savoir plus – Modification de la géométrie
- ❑ Exercices et projets – Etude
- ❑ Récapitulatif de la leçon

Discussion en classe

Demander aux étudiants d'identifier les mécanismes autour d'eux et leurs comportements. Leur demander comment un logiciel de simulation de mouvement peut être intéressant pour un ingénieur. Ils peuvent prendre exemple sur la tringlerie à 4 bras.

Réponse

Le logiciel de simulation de mouvement permet d'étudier le déplacement, la vitesse et l'accélération des composants mobiles. En simulant par exemple une tringlerie à 4 barres, l'étudiant peut aborder les paramètres correspondant à chaque barre.

De plus, le logiciel de simulation de mouvement donne aussi les forces et moments de réaction sur chaque contrainte. Cette information donne à un ingénieur une idée du couple nécessaire pour entraîner le mécanisme à 4 barres.

Les forces de réaction et forces agissant sur chaque composant peuvent être exportées vers une analyse de contraintes SolidWorks Simulation pour étudier les effets de ces forces (déformation et contrainte) sur le composant.

Le logiciel de simulation de mouvement peut faciliter la conception de ressorts, d'amortisseurs et cames nécessaires pour le fonctionnement de votre mécanisme. Il peut également faciliter le dimensionnement des moteurs et actionneurs nécessaires pour piloter le mouvement du mécanisme.

Pour en savoir plus

Pour ce qui est de l'analyse structurelle, demander aux étudiants comment les forces agissant sur un objet particulier (dont les contraintes sont analysées avec SolidWorks Simulation) sont déterminées. Ces forces sont-elles toujours connues ou estimées à partir de formules connues ?

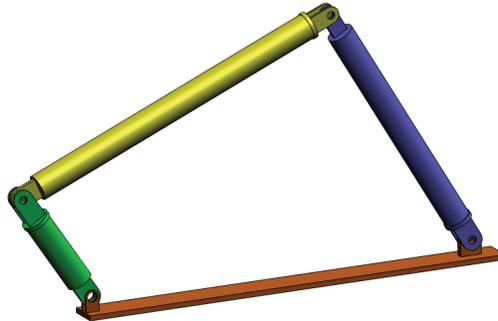
Réponse

Dans certains problèmes sur les mécanismes, ces charges peuvent être soit connues, soit négligées. Par exemple, dans une tringlerie à 4 barres, si la vitesse angulaire de rotation est faible, les forces agissant sur les éléments sont faibles et peuvent être négligées. Mais pour un mécanisme fonctionnant à haute vitesse tel que le cylindre et le piston d'un moteur, les forces peuvent être importantes et ne peuvent plus être négligées. Pour déterminer ces forces, on peut utiliser une simulation SolidWorks Motion et exporter ces forces vers une analyse de contraintes SolidWorks Simulation qui permettra d'étudier l'intégrité structurelle des composants.

Exercice d'apprentissage actif – Analyse de mouvement d'un mécanisme à 4 barres

Utilisez SolidWorks Motion Simulation pour effectuer l'analyse de mouvement de l'assemblage 4Bar . SLDASM illustré ci-dessous. La barre articulée verte reçoit un mouvement angulaire de 45 degrés en 1 sec en sens horaire ; on demande de calculer la vitesse angulaire et l'accélération des autres éléments en fonction du temps. Nous allons aussi calculer le couple nécessaire pour créer ce mouvement lors d'une discussion en classe.

Les instructions pas à pas sont données ci-dessous.



Ouverture du document 4Bar.SLDASM

- 1 Cliquez sur **Fichier, Ouvrir**. Dans la boîte de dialogue **Ouvrir**, parcourez les répertoires pour trouver l'assemblage 4Bar . SLDASM situé dans le dossier correspondant du dossier SolidWorks Curriculum_and_Courseware_2011 et cliquez sur **Ouvrir** (ou double-cliquez sur la pièce).

Vérification du complément SolidWorks Motion

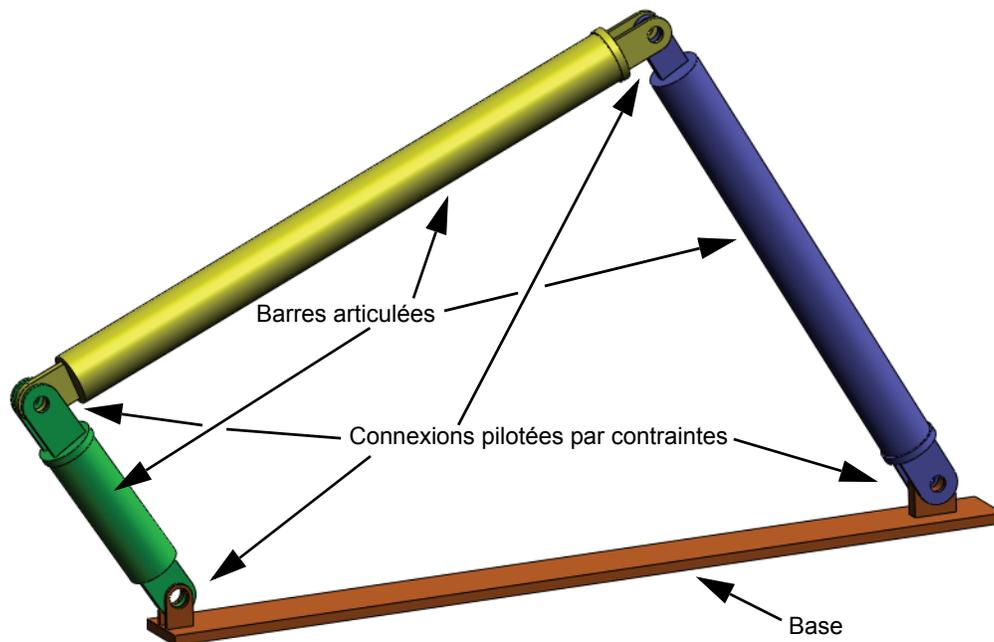
Vérifiez que le complément SolidWorks Motion est activé.

Pour cela :

- 1 Cliquez sur **Outils, Compléments**. La boîte de dialogue **Compléments** apparaît.
- 2 Vérifiez que les cases à côté de SolidWorks Motion sont cochées.
- 3 Cliquez sur **OK**.

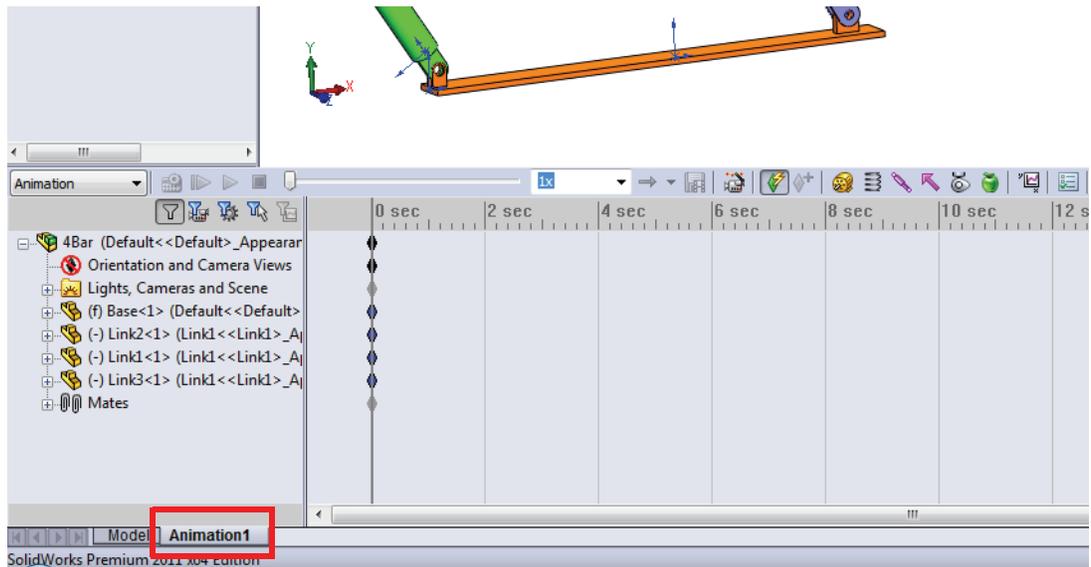
Description du modèle

Ce modèle représente une tringlerie usuelle à 4 barres. La partie Base est fixe et ne peut se déplacer. Elle reste toujours horizontale et, dans le monde réel, elle est fixée au sol. Les 3 autres barres articulées sont reliées entre elles et à la base par des tiges. Les barres peuvent pivoter autour des tiges dans le même plan et tout déplacement hors de ce plan est empêché. Lors de la modélisation de ce mécanisme dans SolidWorks, nous créons des contraintes pour mettre les pièces en place. SolidWorks Motion traduit automatiquement ces contraintes en connexions internes. Chaque contrainte a plusieurs degrés de liberté associés. Par exemple, une contrainte concentrique a deux degrés de liberté (translation et rotation autour de son axe). Pour plus de détails sur les contraintes et leurs degrés de liberté, consultez l'aide en ligne de SolidWorks Motion Simulation.



Passage à SolidWorks Motion Manager

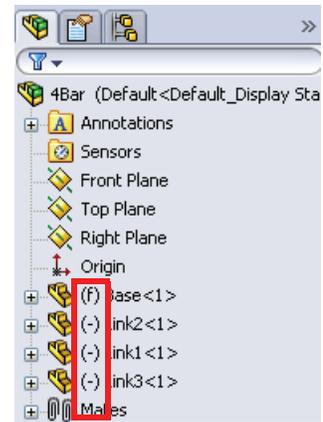
Passez à SolidWorks Motion en cliquant sur l'onglet **Animation1** dans le coin inférieur gauche.



Puisque SolidWorks Motion tire un profit maximal de SolidWorks Animator, l'aspect et la convivialité de *SolidWorksMotionManager* sont très similaires à ceux de SolidWorks Animator.

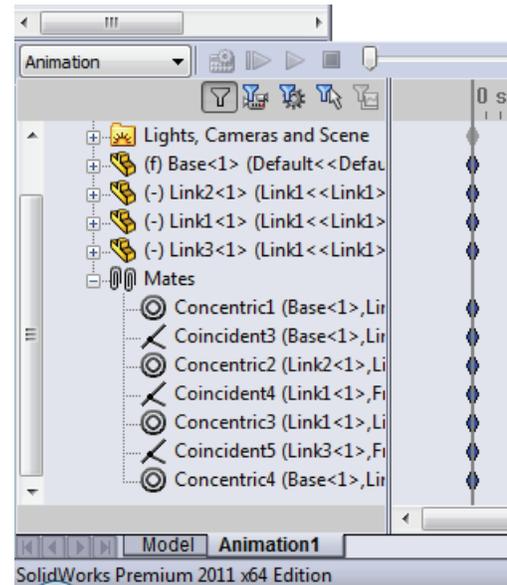
Composants fixes et mobiles

Les composants fixes et mobiles dans SolidWorks Motion sont déterminés par leur état **Fixe/Libéré** dans le modèle SolidWorks. Dans notre cas, le composant *Base* est fixe tandis que les 3 autres éléments se déplacent.



Création automatique de connexions internes à partir des contraintes d'assemblage SolidWorks

Le mouvement du mécanisme est totalement défini par les contraintes SolidWorks.



Spécification du mouvement d'entrée

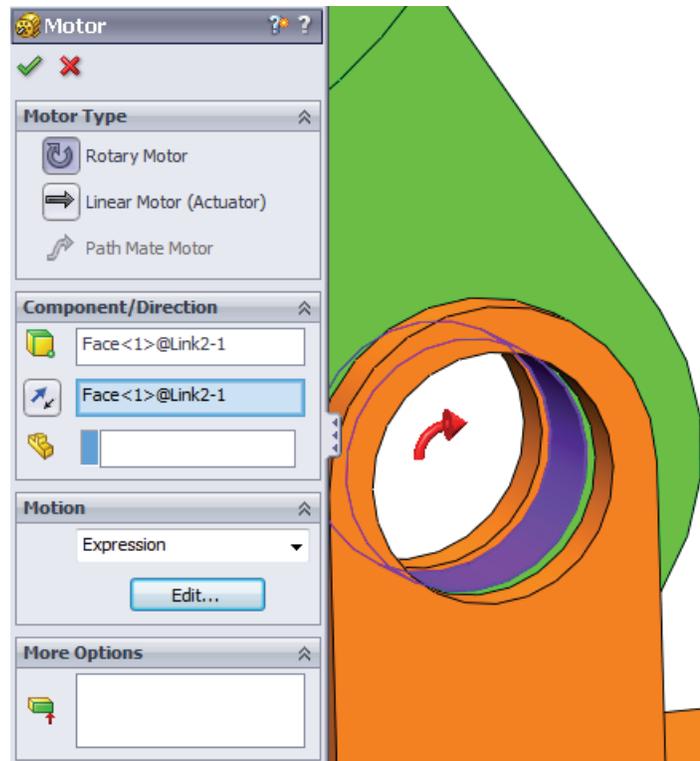
Nous allons ensuite définir un mouvement sur une des barres articulées. Dans cet exemple, nous voulons faire pivoter `Link2` (Barre articulée2) de 45 degrés en sens horaire autour de la `Base`. Pour cela, nous allons imposer un mouvement rotatif à `Link2` à l'emplacement de la contrainte concentrique qui simule la connexion par axe avec la `Base`. Le mouvement angulaire doit intervenir en 1 seconde et nous allons appliquer une fonction de pas afin de garantir la rotation sans heurt de `Link2` de 0 à 45 degrés.

Cliquez sur l'icône **Moteur**  pour ouvrir la boîte de dialogue **Moteur**.

Sous **Type de moteur**, sélectionnez **Moteur circulaire**.

Sous **Composant/Direction**, sélectionnez la face cylindrique de Link2 connectée par axe à la Base (voir la figure) pour les champs **Direction du moteur** et **Emplacement du moteur**. Le moteur est situé au centre de la face cylindrique sélectionnée.

Sous **Mouvement**, sélectionnez **Expression** pour ouvrir la fenêtre **Créateur de fonctions**.



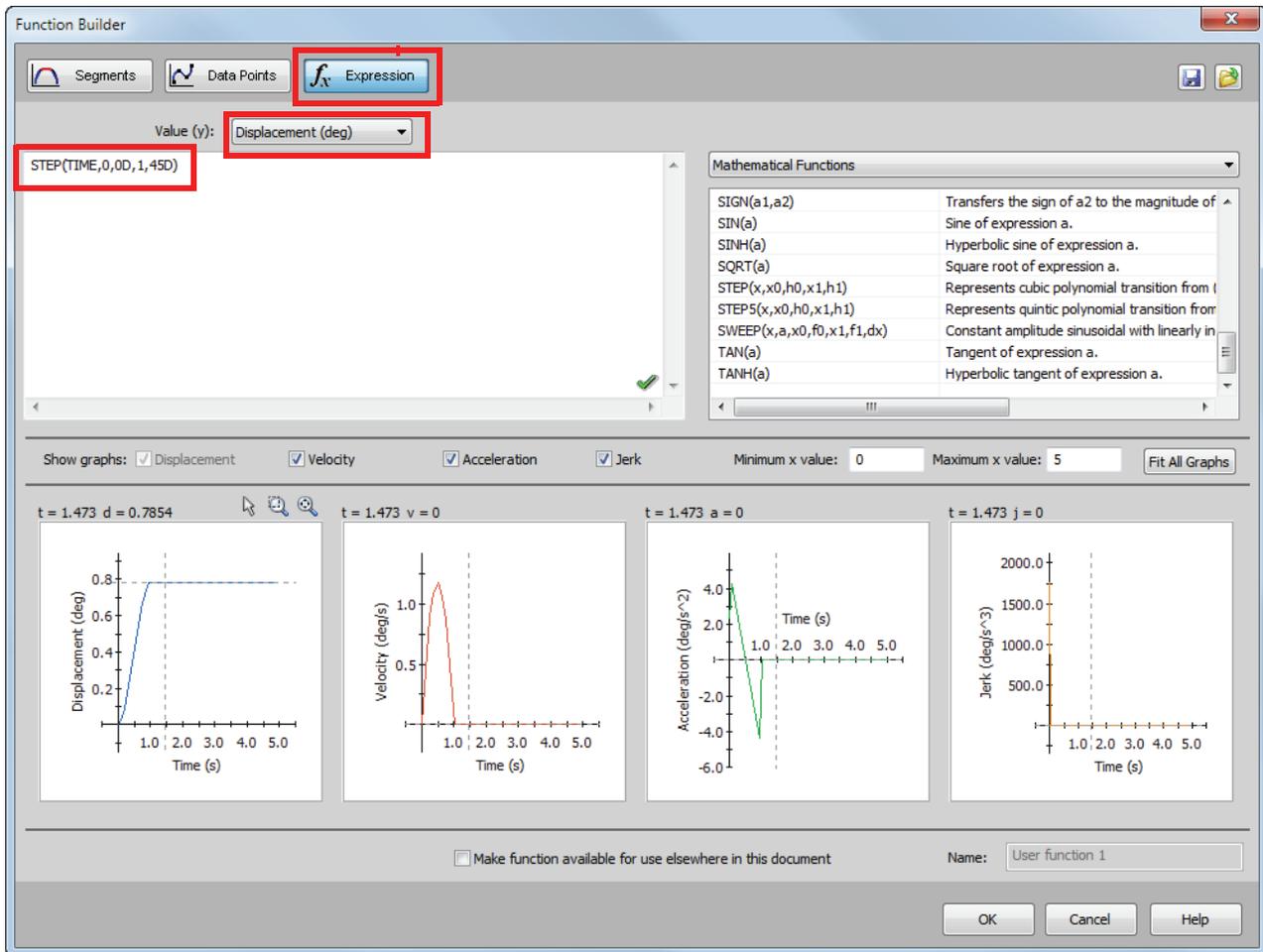
Remarque: Le dernier champ sous la boîte de dialogue de propriétés **Composant/direction**, **Composant à déplacer par rapport à**, permet de spécifier le composant de référence pour l'entrée de mouvement relatif. Puisque nous voulons déplacer Link2 par rapport à la Base fixe, ce champ n'est pas renseigné.

La dernière boîte de dialogue de propriétés, **Autres options**, permet à l'utilisateur de spécifier les Faces/arêtes de chargement pour le transfert des chargements de mouvement dans le logiciel d'analyse des contraintes SolidWorks Simulation.



Dans la fenêtre **Créateur de fonctions**, sélectionnez **Déplacement (deg)** comme **Valeur (y)** et entrez **STEP(TIME,0,0D,1,45D)** dans le champ **Définition de l'expression**.

Remarque: Vous pouvez aussi double-cliquer sur **STEP(x,h0,x1,h1)** dans la liste des fonctions disponibles qui se trouve dans la partie droite de la fenêtre **Créateur de fonctions**.



Les diagrammes du bas de la fenêtre **Créateur de fonctions** montreront les variations des déplacements, des vitesses, des accélérations et des saccades

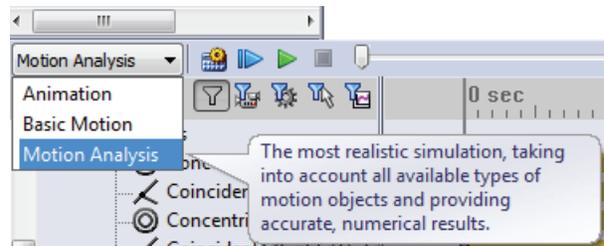
Cliquez deux fois sur **OK** pour fermer la fenêtre **Créateur de fonctions** et le PropertyManager **Moteur**.

Type d'analyse de mouvement

SolidWorks propose trois types de simulation de mouvement d'assemblage :

- 1 L'**Animation** est une simulation de mouvement simple qui ignore les propriétés d'inertie, les contacts, les forces et autres éléments similaires des composants. Elle est idéale pour vérifier, par exemple, les contraintes correctes ou les animations de base.
- 2 La **Simulation de mouvement standard** assure un bon réalisme en prenant en compte, par exemple, les propriétés d'inertie des composants. En revanche, elle ne reconnaît pas les forces appliquées en mode externe.
- 3 L'outil **Analyse de mouvement** est le plus évolué des outils d'analyse de mouvement ; il reflète tous les éléments d'analyse requis, par exemple propriétés d'inertie, forces externes, contacts, frottement de contrainte, etc.

Sous **Type d'étude** dans la partie gauche de SolidWorksMotionManager, sélectionnez **Analyse de mouvement**.



Durée de la simulation

La durée de la simulation de mouvement est pilotée par la ligne de temps supérieure dans SolidWorks Motion Manager. Puisque SolidWorks Motion définit la durée d'analyse par défaut à 5 secondes, vous devez modifier ce paramètre.

Déplacez la clé d'heure de fin, sur la ligne de temps supérieure, de 5 secondes à 1 seconde.



Remarque: Les touches zoom   permettent de faire un zoom avant et arrière sur ligne de temps.

Un clic à l'aide du bouton droit de la souris sur la ligne de temps permet d'entrer manuellement la durée de simulation souhaitée.

Exécution de la simulation

Dans SolidWorksMotionManager, cliquez sur l'icône **Calculer** .

Notez la simulation de mouvement au cours du calcul.

Vérification des résultats

Résultats absolus dans le système de coordonnées global

Commençons par tracer la vitesse angulaire et l'accélération pour Link1.

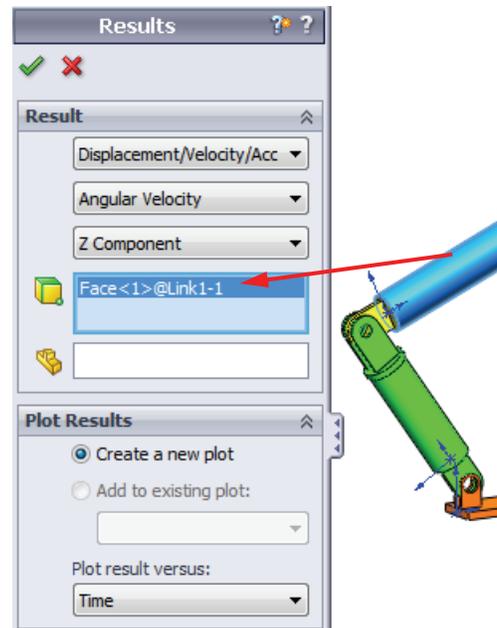
Cliquez sur l'icône **Résultats et graphes**  pour ouvrir la boîte de dialogue **Résultats**.

Sous **Résultats**, sélectionnez **Déplacement/Vitesse/Accélération**, **Accélération angulaire** et **Composant Z**.

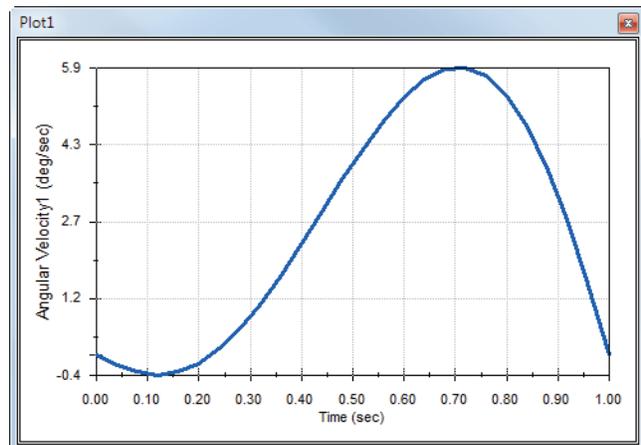
Toujours sous **Résultats**, sélectionnez **Link1**.

Le **Composant pour définir les directions XYZ (facultatif)** sert à référencer nos tracés de résultats par rapport au système de coordonnées local d'un autre composant mobile. Pour tracer les résultats du système de coordonnées par défaut indiqué sur la figure, n'effectuez aucune entrée dans ce champ.

Cliquez sur **OK** pour montrer le tracé.

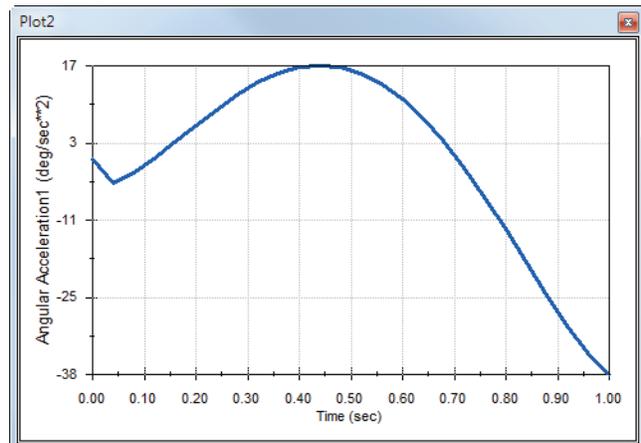


Le tracé ci-dessus montre la variation de la vitesse angulaire du centre de masse de **Link1** en fonction du temps.



Répétez la procédure ci-dessus pour tracer le **Composant Z** de l'**Accélération angulaire** pour le centre de masse de **Link1**.

Dans le système de coordonnées global, les résultats indiquent les valeurs maximales pour la vitesse angulaire et l'accélération angulaire : 6 degrés par sec et 38 degrés par sec^2 , respectivement.

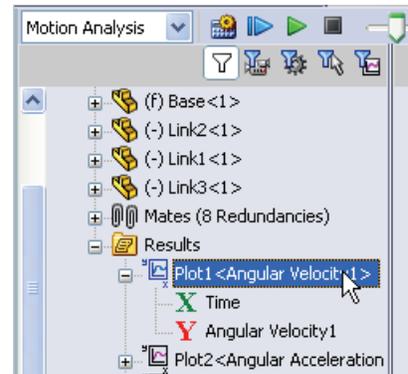


Procédez de même afin de créer les tracés correspondant au **Composant Z** de la vitesse angulaire et de l'accélération angulaire au centre de masse pour **Link2** et **Link3**.

Stockage et modification des tracés de résultats

Les éléments ainsi générés pour le tracé des résultats sont stockés dans le nouveau dossier Résultats, créé au bas de SolidWorksMotionManager.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur un élément de tracé pour cacher et voir le tracé, ainsi que pour en modifier les paramètres.



Autres informations sur les résultats

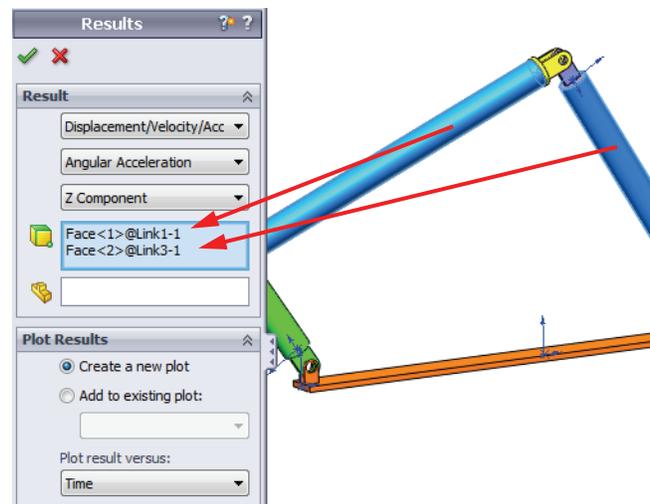
Résultats relatifs dans le système de coordonnées global

Traçons le **Composant Z** de l'accélération angulaire relative de Link1 par rapport à Link3.

Développez le dossier Résultats. Assurez-vous que Plot2 est affiché. Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur Plot2 et sélectionnez **Editer la fonction**.

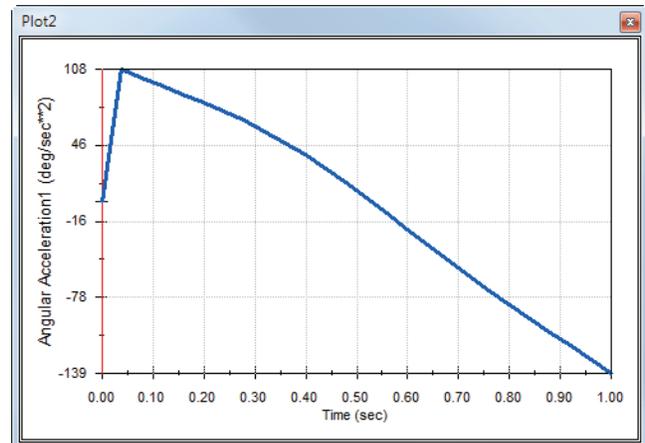
Sélectionnez Link3 comme second composant dans le champ **Sélectionner une ou deux faces de pièce ou un élément de contrainte/ simulation pour créer les résultats**.

Cliquez sur **OK** pour montrer le tracé.



Le tracé montre l'amplitude de l'accélération de Link1 (son centre de masse) par rapport à Link3 (le système de coordonnées de la pièce). L'accélération maximale relative est de 139 degrés par sec² dans le sens de rotation Z négatif.

Notez également que la variation de l'accélération a nettement changé par rapport au résultat de l'accélération absolue rien que pour Link1 ci-dessus.



Remarque: Le sens de rotation positif peut être déterminé en utilisant la règle de la main droite. Pointez le pouce de la main droite dans le sens de l'axe (dans notre cas, il s'agit de l'axe Z). Vos doigts indiquent alors le sens positif pour le composant Z de la rotation.

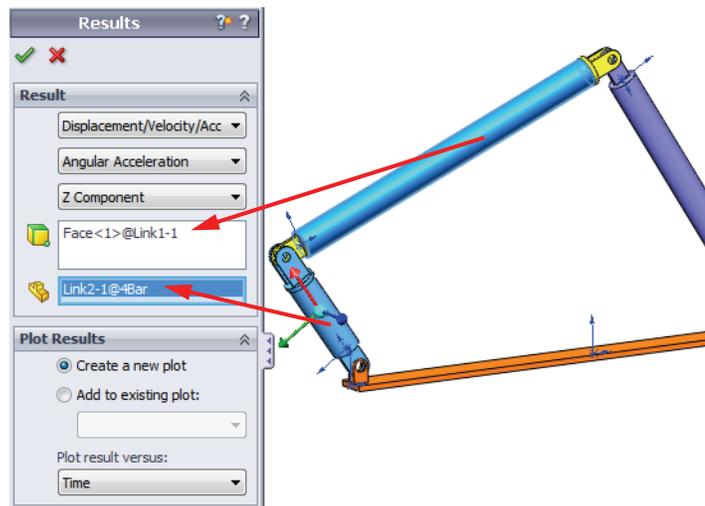
Résultats relatifs dans le système de coordonnées local

Transformons le composant Z de l'accélération absolue de Link1 en système de coordonnées local de Link2.

Editez le tracé ci-dessus, Plot2, supprimez Link3 dans le champ **Sélectionner une ou deux faces de pièce ou un élément de contrainte/simulation pour créer les résultats.**

Sélectionnez alors Link2 dans le champ **Composant pour définir les directions XYZ.**

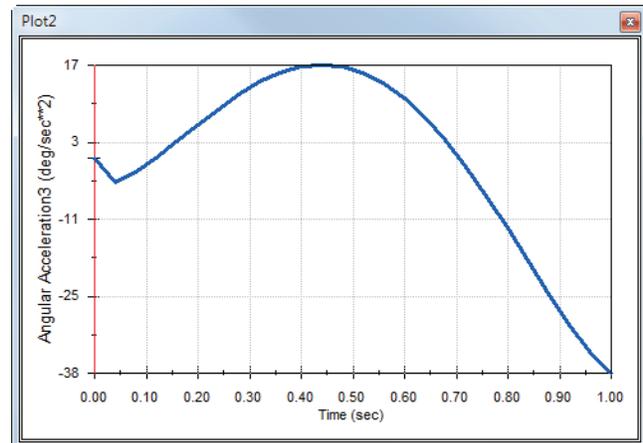
Cliquez sur **OK** pour montrer le tracé.



Remarque: La triade sur le composant Link2 indique le système de coordonnées local résultant. A l'inverse du système de coordonnées global qui est fixe, les systèmes de coordonnées locaux peuvent pivoter. Dans notre cas, le système de coordonnées local sélectionné pivote, parce que le composant Link2 tourne à mesure que le mécanisme se déplace.

Le composant Z maximal de l'accélération absolue de Link1 dans le système de coordonnées local de Link2 est de 38 degrés par sec² dans le sens de rotation Z négatif.

En comparant ce résultat absolu dans le système de coordonnées local à l'accélération absolue dans le système de coordonnées global, nous concluons qu'ils sont identiques. La raison en est que les axes Z des deux systèmes sont alignés.



Répétez la procédure ci-dessus pour différentes sélections de composants et systèmes de coordonnées locaux.

Création d'un tracé de trajectoire

SolidWorks Motion permet d'afficher graphiquement la trajectoire suivie par n'importe quel point sur n'importe quelle pièce mobile. Il s'agit d'un tracé de trajectoire. Vous pouvez créer un tracé de trajectoire par référence à une pièce fixe ou par référence à tout composant mobile de l'assemblage. Nous allons créer un tracé de trajectoire pour un point situé dans le composant `Link1`.

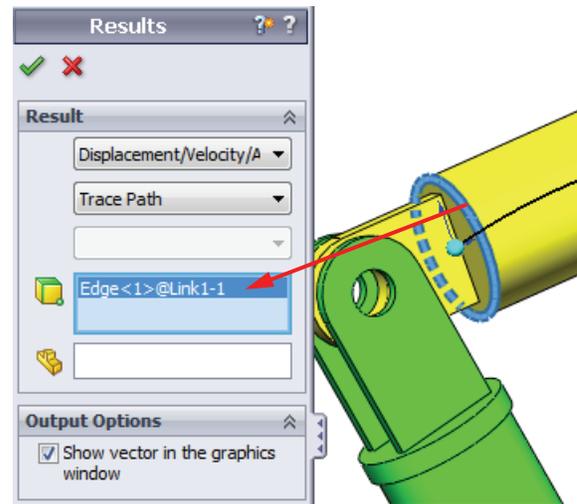
Pour créer un tracé de trajectoire, cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur l'icône **Résultats et graphes**.

Dans la boîte de dialogue **Résultats**, sélectionnez **Déplacement/Vitesse/Accélération** et **Tracé de trajectoire**.

Dans le premier champ de sélection, sélectionnez l'arête circulaire sur `Link1` pour identifier le centre du cercle. La sphère montre graphiquement le centre du cercle.

Cochez la case **Montrer le vecteur dans la fenêtre graphique**.

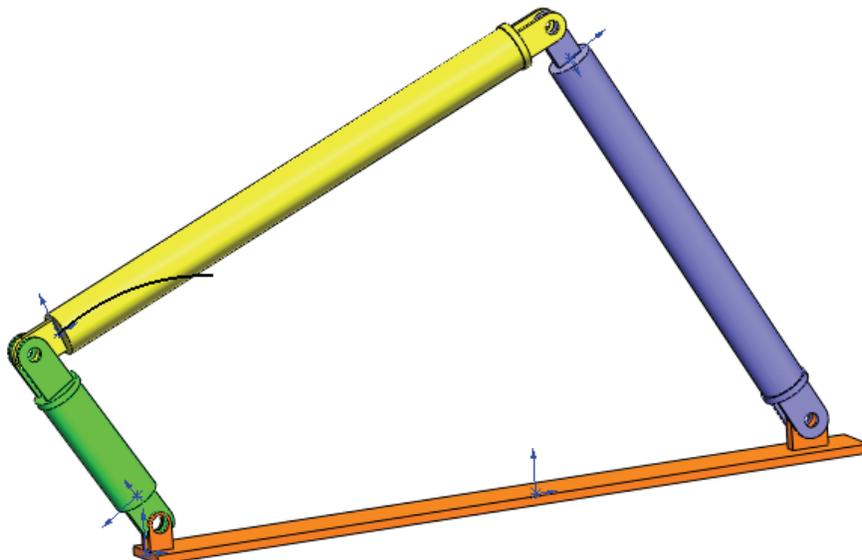
La trajectoire est alors affichée à l'écran sous forme de courbe noire.



Remarque : Le tracé de trajectoire est montré par défaut par rapport au sol. Pour montrer le tracé de trajectoire par rapport à un autre composant mobile, vous devez sélectionner ce composant de référence en tant que deuxième élément du même champ de sélection.

Cliquez sur **OK** pour fermer la boîte de dialogue **Résultats**.

Faites un zoom arrière pour voir l'ensemble du modèle et **Lire** la simulation.



Votre première simulation SolidWorks Motion est maintenant terminée.

Evaluation de 5 minutes – Corrigé

1. Comment démarrer une session SolidWorks Motion ?

Réponse : Sur la barre des tâches Windows, cliquez sur **Démarrer, Programmes, SolidWorks, Application SolidWorks**. L'application SolidWorks démarre. Cliquez sur l'onglet SolidWorks Motion Manager (appelé par défaut `Animation1`) au bas de la fenêtre de document SolidWorks.

2. Comment activer le complément SolidWorks Motion ?

Réponse : Cliquez sur **Outils, Compléments**, cochez **SolidWorks Motion** pour le sélectionner et cliquez sur **OK**.

3. Quels types de simulations de mouvement sont disponibles dans SolidWorks ?

Réponse : SolidWorks propose trois types de simulations de mouvement : Animation, Simulation de mouvement standard, Analyse de mouvement.

4. Qu'est-ce qu'une analyse ?

Réponse : Une analyse est une procédure de simulation du comportement du modèle sur le terrain.

5. Pourquoi l'analyse est-elle importante ?

Réponse : L'analyse peut vous aider à concevoir des produits meilleurs, plus sûrs et plus économiques. Elle fait gagner du temps et de l'argent en réduisant les cycles traditionnels et coûteux de conception.

6. Qu'est-ce que l'analyse SolidWorks Motion calcule ?

Réponse : L'analyse de mouvement calcule les mouvements, vitesses, accélérations et forces de réaction sur vos modèles lors de leur déplacement.

7. SolidWorks Motion suppose-t-il que les pièces sont rigides ou souples ?

Réponse : SolidWorks Motion n'effectue que l'analyse de corps rigides et suppose donc que toutes les pièces sont parfaitement rigides.

8. Pourquoi l'analyse de mouvement est-elle importante ?

Réponse : L'analyse de mouvement peut indiquer si les modèles sont sûrs et économiques dans les conditions d'utilisation spécifiques.

9. Quelles sont les étapes principales d'une analyse de mouvement ?

Réponse : Les principales étapes sont les suivantes : création du mécanisme dans SolidWorks (création des contraintes), application du mouvement à la pièce pilotante, exécution de la simulation et visualisation des résultats.

10. Qu'est-ce qu'un tracé de trajectoire ?

Réponse : Un tracé de trajectoire est un déplacement ou une trajectoire suivie par un point quelconque d'une pièce mobile.

11. Les contraintes SolidWorks sont-elles utilisées dans le modèle SolidWorks Motion ?

Réponse : Oui. Les contraintes SolidWorks permettent de créer automatiquement des connexions internes dans SolidWorks Motion. Elles définissent donc le mouvement du mécanisme simulé.

Discussion en classe – Calcul du couple nécessaire pour entraîner le mécanisme à 4 barres

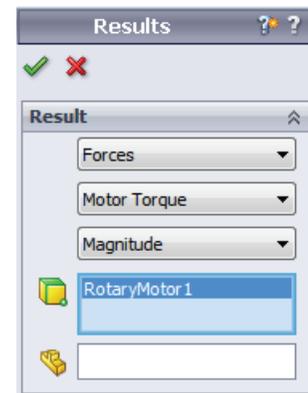
Demandez à l'étudiant comment le mouvement angulaire a été donné sur la barre articulée pilotante du mécanisme à 4 barres. Souvent ce mécanisme est piloté par des moteurs. Un paramètre important pour le dimensionnement du moteur est le couple généré par celui-ci, qui représente l'une des grandeurs de sortie standard dans SolidWorks Motion. La recherche de ce couple aide à choisir le moteur adapté à l'application.

Comment le couple est-il calculé dans SolidWorks Motion ?

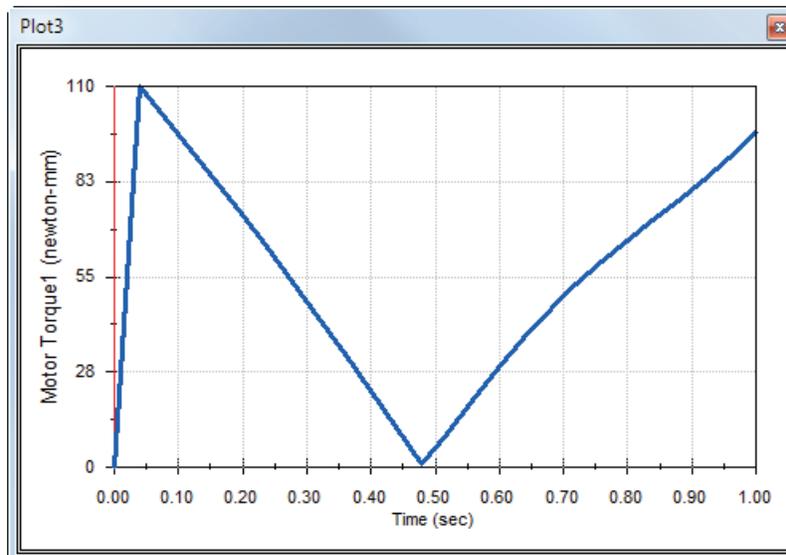
Réponse

Cliquez sur l'icône **Résultats et graphes** pour ouvrir la boîte de dialogue **Résultats**.

Spécifiez **Forces**, **Couple moteur**, **Amplitude** et sélectionnez l'élément `RotaryMotor1` pilotant le mécanisme (dans cet exemple, nous avons donné à `Link2` un mouvement angulaire de 45 degrés en 1 sec).



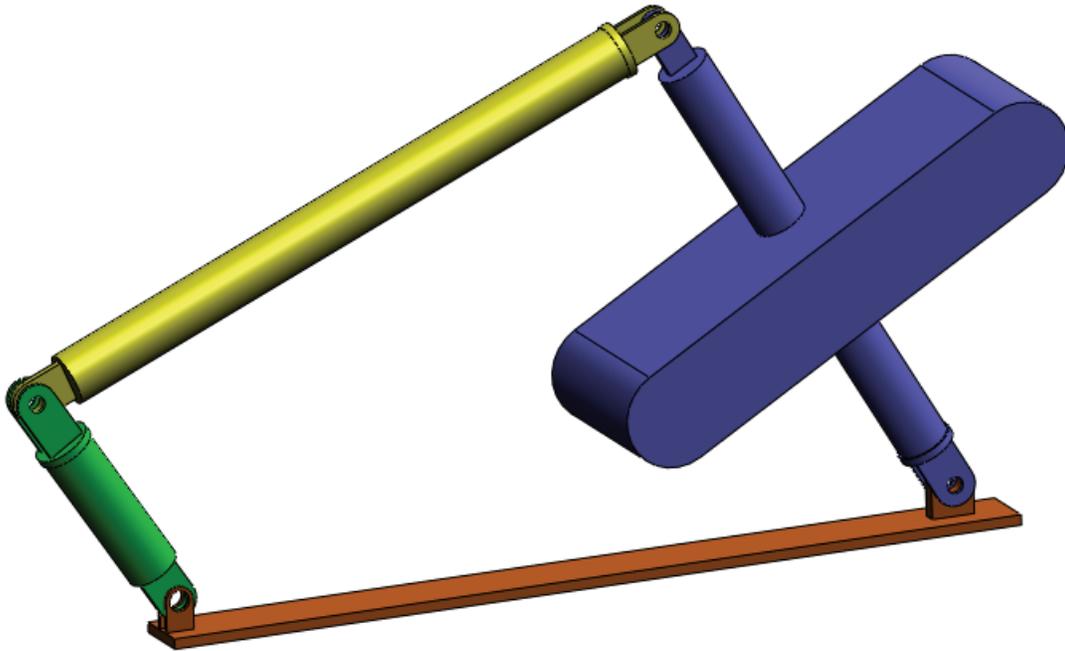
Cliquez sur **OK** pour générer le tracé.



Le couple requis est d'environ 110 N-mm.

Pour en savoir plus – Modification de la géométrie

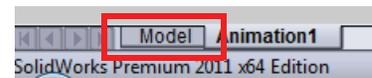
Demandez aux étudiants de modifier la géométrie de `Link3` pour que le mécanisme à 4 barres se présente comme dans l'image ci-dessous. Demandez-leur maintenant d'utiliser SolidWorks Motion pour calculer le nouveau couple nécessaire pour entraîner le mécanisme. Utilisez la même entrée de mouvement angulaire uniforme de 45 degrés par sec. Le nouveau couple d'entraînement est-il supérieur ou inférieur ? Pourquoi ?



Réponse

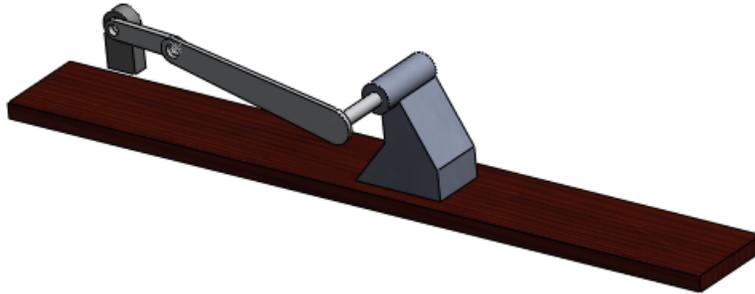
- 1 Cliquez sur l'onglet **Modèle** au bas de la fenêtre de document SolidWorks.
- 2 Ouvrez la pièce `Link3`.
- 3 **Annulez la suppression** de la fonction `Extrude5` (Extrusion5) de l'arbre de création SolidWorks.
- 4 Enregistrez la pièce `Link3` et fermez-la.
- 5 Au retour dans l'assemblage `4Bar` (4 barres), vous voyez le nouvel assemblage mis à jour. (Remarquez que vous devez sélectionner Oui quand le programme vous invite à mettre à jour votre assemblage).
- 6 Passez maintenant à SolidWorks Motion (cliquez sur l'onglet `Animation1` au bas du dossier de document SolidWorks). Remarquez que toutes les contraintes sont conservées. Vérifiez aussi que le mouvement angulaire `Link2` est le même.
- 7 Cliquez sur l'icône **Calculer**.
- 8 Tracez le couple et déterminez la nouvelle amplitude requise.

Le couple pilotant requis est maintenant supérieur parce que le composant `Link3` est plus lourd et qu'il faut un couple supérieur pour entraîner le mécanisme.



Exercices et projets – Mécanisme à bielle et manivelle

Vous allez maintenant voir comment utiliser SolidWorks Motion pour simuler un mécanisme à bielle et manivelle. L'objectif consiste à calculer la vitesse et l'accélération du centre de masse de la pièce à mouvement alternatif.



Tâches

- 1 Ouvrez le fichier SliderCrank.sldasm situé dans le sous-dossier correspondant du dossier SolidWorks Curriculum_and_Courseware_2011 et cliquez sur **Ouvrir** (ou double-cliquez sur la pièce).

Ce modèle représente un mécanisme bielle et manivelle où le mouvement rotatif de la manivelle est transformé en mouvement en translation alternatif de la bielle. La manivelle est animée d'un mouvement rotatif de vitesse angulaire uniforme de 360 degrés par seconde.

- 2 Passez en revue les pièces fixes et mobiles de l'assemblage.

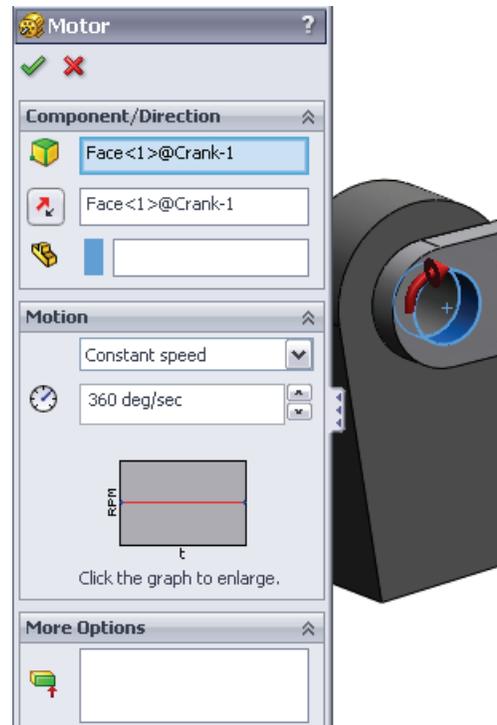
Réponse : Les pièces fixes dans SolidWorks sont également considérées comme fixes dans SolidWorks Motion. Dans notre cas, seules les pièces Ground et BasePart (Sol et Base) sont fixes, les autres composants sont mobiles.

- 3 Appliquez une vitesse de rotation uniforme de **360 degrés par seconde** à la pièce Crank (Manivelle). Assurez-vous que le mouvement est spécifié à l'emplacement de la tige BasePart/Crank (Pièce de base/Manivelle). (Vous pouvez entrer **360 deg/sec** directement dans le champ **Vitesse du moteur**. SolidWorks Motion convertit alors la valeur en tr/min).

Réponse : Procédez comme suit.

- Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur l'icône **Moteur** pour ouvrir la boîte de dialogue **Moteur**.

- Sous **Type de moteur**, sélectionnez **Moteur circulaire**.
- Sous **Composant/Direction**, sélectionnez la face cylindrique pour les champs **Emplacement du moteur** et **Sens du moteur**, comme le montre la figure.
- Sous **Mouvement**, sélectionnez **Vitesse constante** et entrez **360 deg/sec**.
- Cliquez sur **OK**.



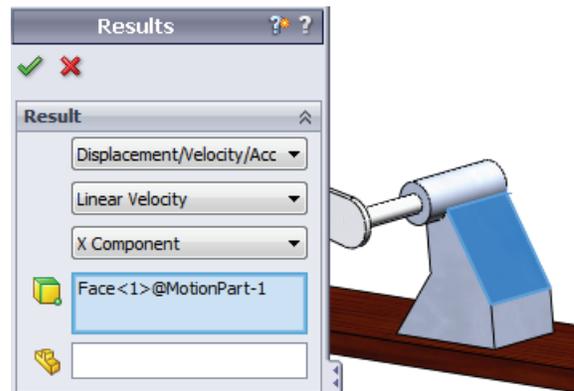
4 Exécution de la simulation.

Réponse : Dans SolidWorks MotionManager, cliquez sur l'icône **Calculer**. Assurez-vous que le champ **Type d'étude** est mis à **Analyse de mouvement**.

5 Déterminez la vitesse et l'accélération de MovingPart (Pièce mobile).

Réponse : Procédez comme suit :

- Cliquez sur l'icône **Résultats et graphes** pour ouvrir la boîte de dialogue **Résultats**.
- Sélectionnez **Déplacement/Vitesse/Accélération**, **Vitesse linéaire** et **Composante X**.
- Sélectionnez une face de la pièce MovingPart.



- Cliquez sur **OK** pour générer le tracé.

Procédez de même afin de générer le tracé pour la composante X de l'accélération.

Leçon 1 Feuille de vocabulaire - Corrigé

Nom : _____ Classe : _____ Date : _____

Instructions : Remplissez les blancs avec les mots appropriés.

1. La séquence de création d'un modèle dans SolidWorks, de fabrication d'un prototype et de test de celui-ci : **cycle de conception traditionnel**

2. La méthode utilisée par SolidWorks Motion pour effectuer l'analyse de mouvement : **Cinématique et dynamique de corps rigides**

3. L'entité reliant deux pièces et régissant le mouvement relatif possible entre ces deux pièces : **contraintes**

4. Combien de degrés de liberté a un corps libre ? : **Un corps libre a 6 degrés de liberté (3 en translation et 3 en rotation)**

5. Combien de degrés de liberté a une contrainte concentrique ? : **Une contrainte concentrique a 2 degrés de liberté (rotation autour de son axe, translation le long de son axe)**

6. Combien de degrés de liberté a une pièce fixe ? : **Zéro. Une pièce fixe ne peut pas effectuer de translation ni de rotation dans quelque direction que ce soit**

7. Un tracé ou trajectoire de tout point sur une pièce mobile suit : **Tracé de trajectoire**

8. Le tracé de trajectoire d'un cylindre alternatif par rapport au sol représente : **Une ligne droite**

9. Les types de mouvement pouvant être donnés à une contrainte concentrique sont : **mouvements angulaires et en translation, vitesses et accélérations)**

10. Dans SolidWorks Motion le mouvement de pignons peut être simulé par des : **Contraintes d'engrenage**

11. Un mécanisme utilisé pour transformer un mouvement rotatif en mouvement alternatif : **Contraintes pignon-crémaillère**

12. Le rapport du couple de sortie exercé par l'élément piloté sur le couple d'entrée nécessaire à l'élément pilotant est : **L'avantage mécanique**

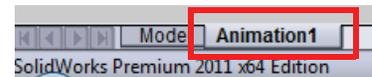
Questionnaire Leçon 1 – Corrigé

Nom : _____ Classe : _____ Date : _____

Instructions : Répondez à chaque question en écrivant la ou les réponses correctes dans l'espace prévu.

1. Comment passer de SolidWorks Motion Manager à SolidWorks FeatureManager ?

Réponse : Cliquez sur l'onglet **Modèle** ou **Animation1** dans le coin inférieur gauche du dossier de document SolidWorks.



2. Quels types d'analyses de mouvement pouvez-vous effectuer dans SolidWorks Motion ?

Réponse : Analyses cinématiques et dynamiques de corps rigides

3. Comment SolidWorks Motion crée-t-il automatiquement des connexions internes ?

Réponse : Les connexions internes SolidWorks Motion sont créées automatiquement à partir des contraintes SolidWorks.

4. Comment affecter un mouvement à une pièce ?

Réponse : Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur l'icône **Moteur** pour ouvrir la boîte de dialogue **Moteur**. Dans la boîte de dialogue, vous pouvez affecter déplacement, vitesse et accélération à la pièce sélectionnée.

5. Pour affecter un mouvement rotatif régulier à une pièce dans un temps donné, comment affecter le mouvement ?

Réponse : Le mouvement est affecté par une fonction de pas sur le temps donné.

6. Combien de degrés de liberté a une contrainte coïncidente point à point ?

Réponse : Une contrainte coïncidente point à point a 3 degrés de liberté (rotation autour des axes X, Y et Z)

7. Qu'est-ce qu'un tracé de trajectoire ?

Réponse : Un tracé ou trajectoire suivi par tout point d'une pièce mobile.

8. Donnez une application du tracé de trajectoire ?

Réponse : Le tracé de trajectoire peut permettre de générer un profil de FAO.

Récapitulatif de la leçon

- ❑ SolidWorks Motion est un logiciel d'analyse de conception (cinématique et dynamique) totalement intégré dans SolidWorks.
- ❑ L'analyse de conception peut vous aider à concevoir des produits meilleurs, plus sûrs et plus économiques.
- ❑ SolidWorks Motion suppose que tous les composants sont des corps rigides.
- ❑ SolidWorks Motion crée automatiquement des connexions internes à partir des contraintes SolidWorks.
- ❑ SolidWorks Motion peut créer des tracés de trajectoire sur tout point d'un corps en mouvement par rapport à tout autre corps de l'assemblage.
- ❑ Les étapes d'analyse de SolidWorks Simulation sont :
 - Création de l'assemblage SolidWorks
 - Fixation de la pièce boulonnée à une paroi dans l'assemblage SolidWorks.
 - Création automatique des connexions à partir des contraintes.
 - Application d'un mouvement aux pièces.
 - Exécution de la simulation.
 - Analyse des résultats.