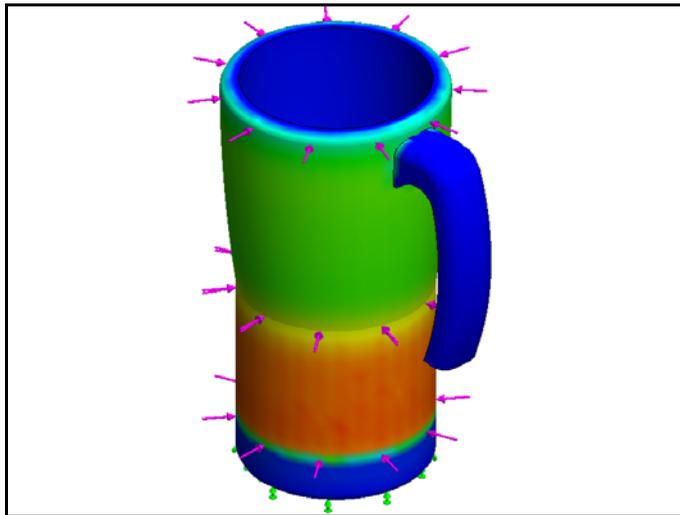


SolidWorks® Conception Durable

Une introduction au choix des matériaux et à la reconception durable



© 1995-2009, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, une entreprise 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 peuvent être modifiés 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 cette 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 de service de maintenance de SolidWorks Corporation, et aucun des termes explicites ou implicites de ce document ne peut être considéré comme une modification ou un amendement desdites garanties.

Mentions de brevets pour les produits SolidWorks Standard, Premium, et Professional

Brevets Etats-Unis 5 815 154 ; 6 219 049 ; 6 219 055 ; 6 603 486 ; 6 611 725 ; 6 844 877 ; 6 898 560 ; 6 906 712 ; 7 079 990 ; 7 184 044 ; 7 477 262 ; 7 502 027 ; 7 558 705 ; 7 571 079 et autres brevets étrangers, (par exemple EP 1 116 190 et JP 3 517 643).

Brevets Etats-Unis et brevets étrangers en instance.

Droits d'auteurs et autres mentions pour tous les produits SolidWorks

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

SolidWorks Enterprise PDM, SolidWorks Simulation, SolidWorks Flow Simulation et SolidWorks 2010 sont des noms de produits de DS SolidWorks.

CircuitWorks, DWGgateway, DWGseries, Feature Palette, FloXpress, PhotoWorks, TolAnalyst et XchangeWorks sont des marques de DS SolidWorks. FeatureWorks est une marque déposée de Geometric Ltd.

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 divulgation par le gouvernement des États-Unis d'Amérique sont soumises aux restrictions énoncées dans la section FAR 52.227-19 (Commercial Computer Software - Restricted Rights), DFARS 252.227-7202 (Commercial Computer Software and Commercial Computer Software Documentation), ainsi que dans ce contrat, selon le cas.

Contractant/Fabricant :

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

Copyright pour les produits SolidWorks Standard, Premium, et Professional

Certaines parties de ce logiciel © 1990-2009 Siemens Product Lifecycle Management Software III (GB) Ltd.

Portions de ce logiciel © 1998-2009 Geometric Ltd. Certaines parties de ce logiciel © 1986-2009 mental images GmbH & Co. KG.

Certaines parties de ce logiciel © 1996-2009

Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

Certaines parties de ce logiciel © 2000-2009 Tech Soft 3D.

Certaines parties de ce logiciel © 1998-2009 3Dconnexion.

Ce logiciel est fondé en partie sur le travail d'Independent JPEG Group. Tous droits réservés.

Certaines parties de ce logiciel incorporent PhysX™ de NVIDIA 2006-2009.

Certaines parties de ce logiciel sont protégées par copyright et demeurent la propriété d'UGS Corp. © 2009.

Certaines parties de ce logiciel © 2001-2009 Luxology, Inc. Tous droits réservés, brevets en instance.

Certaines parties de ce logiciel © 2007-2009 DriveWorks Ltd.

Copyright 1984-2009 Adobe Systems Inc. et ses concédants. Tous droits réservés. Protégé par brevets États-Unis 5 929 866 ; 5 943 063 ; 6 289 364 ; 6 563 502 ; 6 639 593 ; 6 754 382 ; Brevets en instance.

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

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

Les autres parties de SolidWorks 2010 sont la propriété des détenteurs de droits de DS SolidWorks.

Copyright pour SolidWorks Simulation

Portions de ce logiciel © 2008 Solversoft Corporation.

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

Des parties de ce produit sont distribuées sous licence de DC Micro Development, Copyright © 1994-2005 DC Micro Development, Inc. Tous droits réservés.

1: Introduction et choix des matériaux	1
Utilisation de ce manuel	2
Qu'est-ce que le logiciel SolidWorks ?	2
Prérequis	2
Conventions utilisées dans ce guide	3
Options de Sustainability	3
Matériaux	3
Fabrication (Pièces).....	4
Procédé.....	4
Utilisez	4
Fabrication et transport (Assemblages)	5
Fabrication (Assemblages).....	5
Transport et utilisation (Assemblages).....	5
Impact sur l'environnement	5
Empreinte carbone.....	5
Consommation d'énergie.....	6
Acidification de l'air.....	6
Eutrophisation de l'eau	6
Rapport.....	6
Ligne de base.....	7
Codes de couleur	7
Choix du matériau en conception durable	8
La durée de vie d'une tasse	8
Impacts sur l'environnement.....	9
Impact et Durée de vie	10
2: Sustainability et Simulation	12
Utilisation de Simulation	13
Comment activer Simulation avec Sustainability.....	14
Activation de Simulation et de Sustainability	14
Contrainte de l'assemblage.....	15
Recontraindre Métal extérieur.....	15
Analyse de l'isolation	18
Qu'est-ce qui fait un bon isolant thermique ?	18
Plastique	19
Métal	19
Plastique et Métal.....	19
Simulation statique	20
Etude statique 1	20
Etude statique 2.....	24
Etude thermique.....	29
Reconception de la paroi et de la base.....	33

SolidWorks

Engineering Design and Technology Series

Reconception de la base..... 34
Simulation de reconception 35
Regard sur la durabilité..... 37
Conclusion 38

Leçon1

Introduction et choix des matériaux

Quand vous aurez terminé cette leçon, vous serez en mesure de :

- Décrire la relation entre Sustainability et SolidWorks ;
- Identifier les principaux composants du complément Sustainability ;
- Expliquer l'importance du choix des matériaux et de l'impact sur l'environnement.

Utilisation de ce manuel

SolidWorks Sustainability Une introduction à la conception durable vous aide à acquérir les principes de l'utilisation de Sustainability et de la conception durable en tant que partie intégrante et itérative du processus de conception.

Pour ce projet, vous allez « apprendre par l'expérience » en réalisant une analyse structurelle.

Qu'est-ce que le logiciel SolidWorks ?

SolidWorks est un logiciel de conception automatisée. Avec SolidWorks, vous esquissez des idées et expérimentez avec différentes conceptions pour créer des modèles 3D en utilisant l'interface graphique utilisateur Windows® connue pour sa convivialité.

SolidWorks est utilisé par des étudiants, des concepteurs, des ingénieurs et d'autres professionnels pour créer des éléments simples et complexes, ainsi que des assemblages et des mises en plan.

Prérequis

Avant de vous lancer dans SolidWorks Sustainability Une introduction à la conception durable, nous vous recommandons de suivre les tutoriels en ligne suivants intégrés au logiciel SolidWorks :

- Leçon 1 - Pièces-Série 1
- Leçon 2 - Assemblages-Série 1
- Conception pour la durabilité-Série 2
- Simulation - Analyse statique
- Simulation - Analyse thermique

Vous pouvez accéder aux tutoriels en ligne en cliquant sur le bouton **Aide, Tutoriels SolidWorks, Tous les tutoriels SolidWorks (Série 1)** et aux Tutoriels de Simulation en cliquant sur le bouton **Aide, SolidWorks Simulation, Tutoriels**. Le tutoriel en ligne réduit la fenêtre SolidWorks et s'exécute sur le même écran.

Comme alternative, vous pouvez suivre les leçons suivantes depuis *Guide de l'enseignant du logiciel SolidWorks* :

- Leçon 1 : Utilisation de l'interface
- Leçon 2 : Fonctionnalités de base
- Leçon 3 : Débuter en 40 minutes
- Leçon 4 : Principes de base des assemblages
- Leçon 6 : Fonctions de base de la mise en plan

Conventions utilisées dans ce guide

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. Par exemple, Esquisse1.
17 Etape à accomplir	Les étapes elles-mêmes sont numérotées en caractères du type bold sans serif.

Options de Sustainability

Ici, nous allons étudier l'interface de Sustainability et les différents menus et définir les termes utilisés dans le complément SolidWorks. Il contient quatre menu principaux : **Matériau**, **Procédé de fabrication**, **Transport et utilisation**, et **Impact sur l'environnement**.

Tout d'abord, nous allons démarrer SustainabilityXpress.

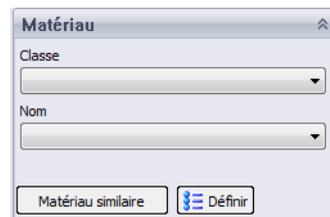
1 Démarrer Sustainability.

Cliquez sur **Outils, Compléments, Sustainability**.

Remarque : Une pièce ou un assemblage doit être ouvert pour ouvrir Sustainability.
Quand vous ouvrez le complément pour la première fois, tout devrait être noir, sauf les régions.

Matériaux

Dans cette option, vous pouvez choisir entre différents matériaux pour la pièce spécifique à l'aide des menus déroulants. Vous pouvez également rechercher des matériaux alternatifs à l'aide de l'option **Matériau similaire**. Il est également possible d'attribuer un matériau de votre choix à cette pièce.



Fabrication (Pièces)

La section **Fabrication** comprend le **Procédé** et l'**Utilisation** permettant de définir les régions du monde.

Procédé

Dans cette option, un menu déroulant intitulé **Procédé** permet aux utilisateurs de choisir entre plusieurs techniques différentes pour la fabrication de leur pièce. Il y a aussi une carte du monde. La carte du monde permet à l'utilisateur de définir l'endroit où la pièce va être fabriquée. Il peut choisir entre quatre zones différentes : Amérique du Nord, Europe, Asie et Japon.



Utilisez

La deuxième carte du monde est utilisée dans ce menu. Vous pouvez choisir ici l'endroit où votre produit sera transporté après sa fabrication. Plus la distance entre le constructeur et l'utilisateur est grande, moins l'environnement est respecté.



Remarque : Toutes les régions de fabrication et d'utilisation sont les mêmes.

Fabrication et transport (Assemblages)

Dans Assemblages, l'interface Sustainability est légèrement différente

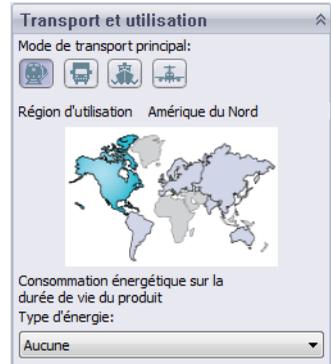
Fabrication (Assemblages)

La seule différence avec le menu de fabrication d'une pièce est qu'à la place du menu déroulant du procédé, l'utilisateur ne peut choisir que la région de fabrication.



Transport et utilisation (Assemblages)

Ce menu permet à l'utilisateur de choisir le Mode de transport principal (train, camion, bateau ou avion). L'utilisateur peut également choisir le Type d'énergie utilisé tout au long de la durée de vie du produit. Comme précédemment dans le menu Utilisation des pièces, l'utilisateur peut choisir la région dans laquelle le produit sera utilisé.

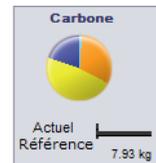


Impact sur l'environnement

Cette zone comprend quatre quantités : **Empreinte carbone**, **Energie totale**, **Acidification de l'air** et **Eutrophisation de l'eau**. Chaque diagramme montre à l'utilisateur une ventilation graphique des éléments suivants : **Impact du matériau**, **Transport et utilisation**, **Fabrication** et **la Fin de vie**.

Empreinte carbone

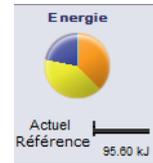
Une mesure du dioxyde de carbone et autres émissions de gaz à effet de serre tels que le méthane (exprimée en unités équivalentes de CO₂, CO₂e) qui contribuent aux émissions, résultant principalement de la combustion des combustibles fossiles. Le potentiel de réchauffement de la planète (PRP) est aussi fréquemment appelé empreinte carbone.



Consommation d'énergie

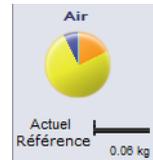
Une mesure des sources d'énergie non renouvelables associées au cycle de vie de la pièce exprimée en mégajoules (MJ). Cet impact comprend non seulement l'électricité ou les combustibles utilisés au cours du cycle de vie du produit, mais aussi l'énergie nécessaire en amont pour obtenir et transformer ces combustibles, ainsi que l'énergie qui serait libérée par les matériaux s'ils étaient brûlés.

L'énergie totale consommée est exprimée comme la valeur calorifique nette ou la demande énergétique provenant de ressources non renouvelables (pétrole, gaz naturel, etc.). Le rendement de la conversion énergétique (puissance, chaleur, vapeur, etc.) est pris en compte.



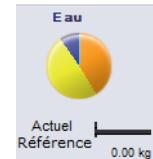
Acidification de l'air

Le dioxyde de soufre, les oxydes nitreux et autres émissions acides dans l'air sont à l'origine de l'acidification de l'eau de pluie, qui, à son tour, est responsable de l'acidification des lacs et des sols. Ces acides peuvent rendre la terre et l'eau toxiques pour les végétaux et la vie aquatique. Les pluies acides peuvent également dissoudre lentement les matériaux créés par l'homme tels que le béton. Cet impact est généralement mesuré soit en équivalent kg de dioxyde de soufre (SO_{2e}) soit en équivalent moles de H⁺.



Eutrophisation de l'eau

Quand trop d'éléments nutritifs sont ajoutés à un écosystème aquatique, l'eutrophisation apparaît. L'azote et le phosphore des eaux usées et les fertilisants agricoles stimulent la floraison excessive d'algues, ce qui épuise l'oxygène dissous dans l'eau et entraîne la mort de la faune et de la flore. Cet impact est en général mesuré soit en équivalent kg de phosphate (PO_{4e}) soit en équivalent kg azote (N).



Rapport

Les boutons **Générer le rapport**  et **Envoyer le rapport par courrier électronique** se trouvent tout en bas de SustainabilityXpress. En cliquant sur Générer le rapport, SolidWorks crée automatiquement un document Word portant sur l'analyse en cours. Cette analyse peut porter sur un type de matériau individuel et les impacts environnementaux ou sur une comparaison de deux types de matériaux différents. La fonction d'envoi de rapport ouvre Microsoft Outlook afin que l'utilisateur puisse envoyer le document Word à une adresse e-mail.

Ligne de base

Les boutons **Définir une référence**  et **Importer une référence** se trouvent sur la droite des boutons de rapport. Quand vous cliquez sur Définir une ligne de base, SustainabilityXpress prend automatiquement le type de matériau le plus récent et le définit comme le matériau auquel tout autre matériau sera comparé. Sinon, chaque fois que l'utilisateur clique sur un autre matériau, SustainabilityXpress le compare automatiquement et recalcule dynamiquement l'impact sur l'environnement. De plus, si il n'y a pas de différence entre les paramètres actuels et antérieurs et les matériaux, l'ensemble de l'impact sur l'environnement se colore automatiquement en vert. Puis, en cliquant sur Importer une ligne de base, l'utilisateur peut importer une ligne de base d'une autre pièce enregistrée dans SustainabilityXpress.

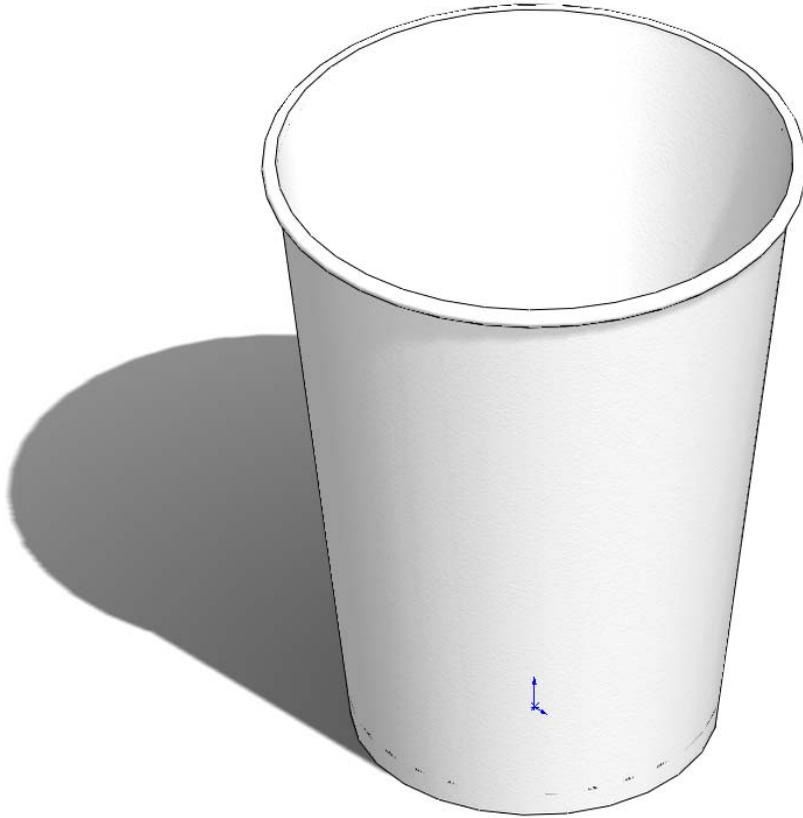
Codes de couleur

Quand Ligne de Base est sélectionné, l'impact sur l'environnement change de couleur pour représenter différents états.

- *Noir* représente le matériau de base.
- *Vert* indique que le matériau choisi est plus écologique que le matériau de base.
- *Rouge* indique que le matériau choisi est moins écologique que le matériau de base.

Choix du matériau en conception durable

Nous décidons ici du matériau correct à utiliser en fonction des impacts environnementaux du matériau au cours de sa vie. Dans cet exemple, imaginons l'étude d'une tasse.



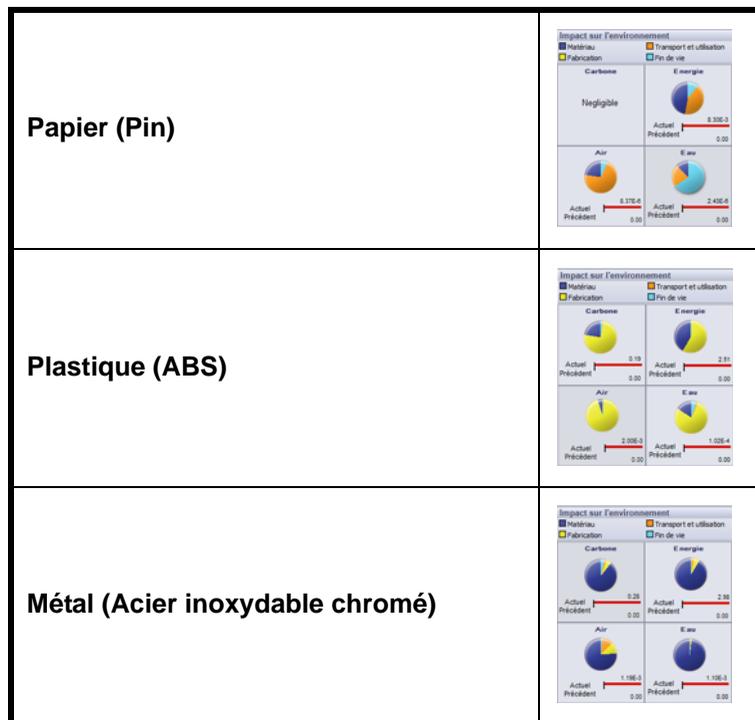
La durée de vie d'une tasse

Le matériau d'un produit affecte sa durée de vie de manière significative. Par exemple, une tasse peut être faite de papier, plastique ou métal. Le nombre de fois où la tasse peut être utilisée dépend du matériau qui est employé. Pour cet exemple, nous supposons que si nous choisissons de faire une tasse en papier (nous utiliserons le pin, car il n'y a pas de choix de matériau papier dans SolidWorks qui soit lié avec Sustainability), elle ne peut être utilisée qu'une fois, alors qu'une tasse en plastique peut être utilisée 10 fois et une tasse en métal 1 000 fois.

Impacts sur l'environnement

Avec la modélisation d'une tasse simple dans SolidWorks, nous avons créé trois configurations différentes, une pour chaque type de matériau. Nous avons activé Sustainability et conservé les mêmes continents pour la fabrication, le transport et l'utilisation pour les trois configurations.

Voici donc les impacts sur l'environnement pour chaque matériau :



A partir de ceux-ci, nous utilisons l'Energie Totale comme ligne de base pour examiner quel est le matériau le plus durable par rapport à sa durée de vie.

Les résultats sont les suivants :

Papier : 8,30E-3 MJ

Plastique : 2,51 MJ

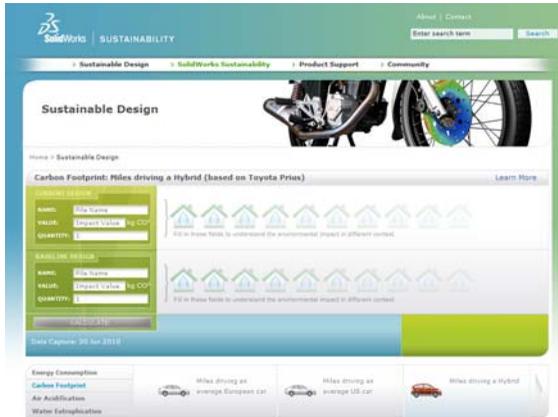
Métal : 2,98 MJ

2 Calculatrice Sustainability.

Maintenant, nous voulons savoir quel est le matériau le plus écologique en fonction de sa durée de vie. La **Calculatrice Sustainability** prend les valeurs trouvées pour les impacts sur l'environnement (CO₂, MJ, SO₂, et PO₄) et les recalcule en une valeur plus facile à comprendre (exemple : kilomètres parcourus en voiture ou nombres d'heures passées à regarder la TV).

Pour démarrer, nous ouvrons la calculatrice Sustainability.

3 Allez sur www.solidworks.com/sustainability/products/calculator/index.htm.



4 Cliquez sur Energy Consumption (Consommation d'énergie).



5 Cliquez sur Hours of watching TV (Heures de TV).



Impact et Durée de vie

Ici, nous examinerons si la durée de vie du matériau est plus importante que ses impacts environnementaux.

En utilisant la calculatrice Sustainability, nous reprenons les trois valeurs d'énergie obtenues dans SolidWorks Sustainability et calculons quel est le meilleur matériau pour l'environnement, en nous basant sur sa durée de vie.

Pour ce faire, nous devons utiliser les valeurs de durée de vie examinées un peu plus haut. Plutôt que de nous servir du nombre d'utilisations de chaque tasse, nous calculons le nombre de tasses nécessaires pour représenter l'équivalent d'une tasse en métal. Cela veut dire que 1 000 tasses en papier et 10 tasses en plastique sont équivalentes à une tasse en métal.

1 Calculatrice Sustainability.

Maintenant, retournez à la calculatrice Sustainability pour trouver la boîte de Conception actuelle.

2 Saisie des chiffres.

Saisissez les chiffres donnés pour les Valeurs et Quantités et cliquez sur Calculer.

Remarque : Vous ne pouvez entrer qu'un ou deux ensembles de valeurs. Il est préférable d'ouvrir trois fenêtres séparées pour comparer ainsi les résultats.

Nom : **Papier**

Valeur : 8,30E-3

Quantité : 1 000



CURRENT DESIGN

NAME:	Paper
VALUE:	8.3E-3 MJ
QUANTITY:	1000

Nom : **Plastique**

Valeur : 2,51

Quantité : 10



CURRENT DESIGN

NAME:	Plastic
VALUE:	2.51 MJ
QUANTITY:	10

Nom : **Métal**

Valeur : 2,98

Quantité : 1



CURRENT DESIGN

NAME:	Metal
VALUE:	2.98 MJ
QUANTITY:	1

La calculatrice Sustainability traduit le calcul de la production de ces tasses en heures passées à regarder la télévision. Vous devriez obtenir :

Papier : 2 heures

Plastique : 6 heures

Métal : 1 heure

3 Choix du matériau.

Lorsque l'on compare les matériaux en fonction de leur durée de vie et des impacts environnementaux, il est sage de choisir un matériau ayant de moindres effets sur l'environnement par rapport à sa durée de vie. Dans ce cas, il est judicieux de choisir la tasse en métal. La tasse en métal peut être utilisée le plus longtemps, et lorsque comparée aux tasses en papier et plastique, affecte moins l'environnement pour ce qui est de la consommation d'énergie des tasses.

Leçon2

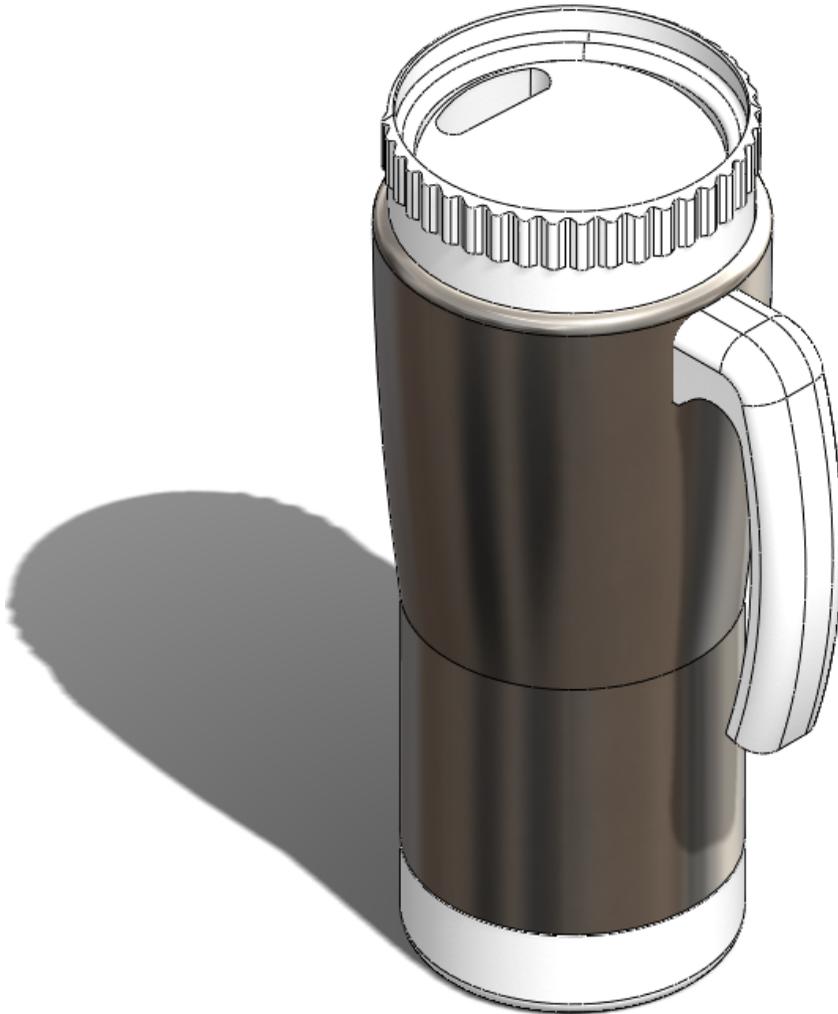
Sustainability et Simulation

Quand vous aurez terminé cette leçon, vous serez en mesure de :

- Ajouter le complément Simulation ;
- Activer Sustainability ;
- Contraindre des pièces dans un assemblage ;
- Créer des études statiques ;
- Créer une étude thermique ;
- Modifier des pièces individuelles ;
- Evaluer la durabilité tout au long du processus de reconception.

Utilisation de Simulation

SolidWorks Simulation vous permet de tester des produits pour évaluer les défauts avant qu'ils ne soient créés, aidant ainsi à éviter les erreurs dès le début du processus de conception. Il est assez puissant pour les analystes formés aux analyses FEA mais aussi suffisamment facile pour être utilisé par les concepteurs de produits. SolidWorks Simulation peut même vous aider à optimiser vos conceptions pour obtenir des performances et des économies maximales.



Comment activer Simulation avec Sustainability

Cette section explique comment activer SolidWorks Simulation et Sustainability.

Activation de Simulation et de Sustainability

1 Ouvrir un assemblage.

Ouvrez l'assemblage Mug (Tasse).

2 Activation du complément.

Cliquez sur **Outils, Compléments**.

Cliquez sur les deux cases à cocher de **SolidWorks Simulation** comme indiqué.

Remarque : En sélectionnant la case à cocher à droite de SolidWorks Simulation, vous indiquez à SolidWorks d'activer SolidWorks Simulation à chaque fois que vous ouvrirez SolidWorks.

3 Ouvrir Sustainability.

Cliquez sur l'onglet **Evaluer** en haut et à gauche de l'écran.

Sélectionnez l'icône **Sustainability**.

Une fenêtre **Analyse du cycle de vie (ACV)** apparaît. Cliquez sur **Continuer**.

4 Fixer Sustainability.

Cliquez sur la punaise dans le coin supérieur droit, pour obtenir ceci .

Ceci amarre le volet des tâches de Sustainability pour qu'il reste à l'écran.

5 Sustainability pour les conceptions originales.

Une fois que Sustainability est ouvert, il calcule automatiquement les impacts environnementaux pour l'assemblage.

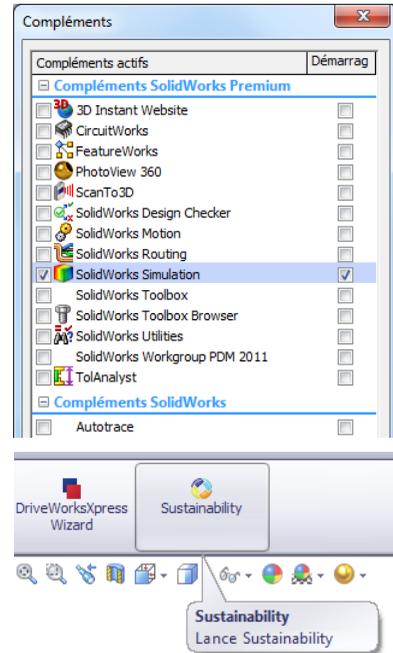
Remarque : Si aucun matériau n'a été attribué aux pièces de l'assemblage, Sustainability propose à l'utilisateur de choisir un matériau pour la pièce ou d'exclure la pièce lors du calcul des impacts environnementaux.

Depuis le menu Sustainability, sous Transport et utilisation, sélectionnez **Bateau**

 dans Mode de transport principal.

Sous Type d'énergie laissez le champ vide.

Remarque : Après chaque modification dans le menu Sustainability, les impacts environnementaux sont automatiquement mis à jour.



6 Ligne de base.

Cliquez sur **Définir la ligne de base** .

En définissant la ligne de base, chaque fois que vous effectuez une modification de l'assemblage et/ou modifiez le menu Sustainability, les impacts environnementaux sont mis à jour et les nouveaux impacts comparés à la ligne de base que nous avons définie.

Contrainte de l'assemblage

Ici, nous allons contraindre la base et le **Métal extérieur** par rapport au reste de la tasse.

Recontraindre **Métal extérieur**

1 Supprimer le composant **Cover** (Couvercle).

Avant de commencer, nous supprimons le composant **Cover**. Dans notre nouvelle conception, nous ne modifierons pas le composant **Cover**.



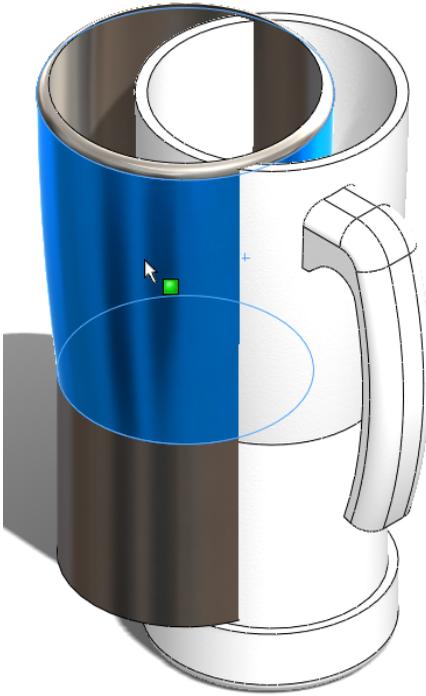
Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Cover** dans l'arbre de création FeatureManager.

Sélectionnez **Supprimer**.

Remarque : En supprimant cette pièce, vous la retirez complètement de l'assemblage. Si une simulation est exécutée, le composant **Cover** ne sera pas compris dans le maillage et si Sustainability est exécuté, il ne sera pas inclus dans les impacts environnementaux.

2 Déplacer la coque de métal.

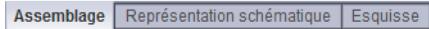
Cliquez et faites glisser `Metal_Outside` légèrement sur la gauche comme indiqué.



Remarque : En le faisant glisser vers la gauche, il sera plus facile pour nous de voir les contraintes que nous sélectionnons.

3 Contraindre Metal_Outside et Plastic_Inside.

Sélectionnez l'onglet **Assemblage** en haut et à gauche de l'écran.

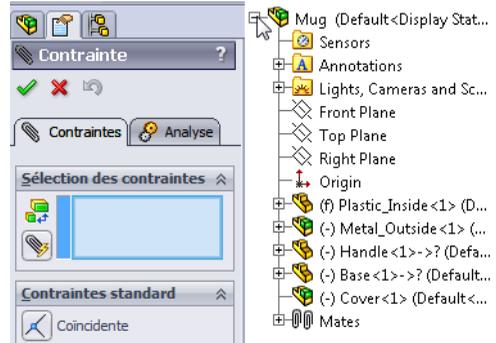


Cliquez sur **Contraindre**.

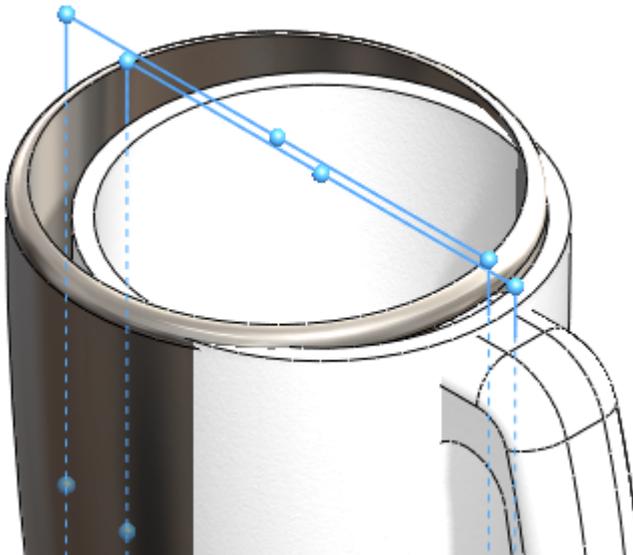
Développez l'Arbre de création.

Développez maintenant à la fois **Plastic_Inside** et **Metal_Outside**.

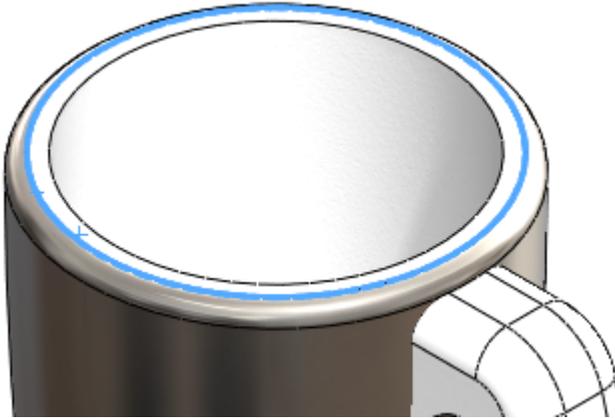
Cliquez sur le **Plan de face** à la fois dans **Plastic_Inside** et **Metal_Outside**.



Cliquez sur  dans la barre d'outils qui apparaît.



Sélectionnez le **cercle extérieur** de Plastic_Inside et le **cercle intérieur** de Metal_Outside.



Cliquez sur  la barre d'outils qui apparaît.

Vous avez réussi à contraindre ensemble le composant Metal_Outside et le composant Inside_Plastic.

Cliquez sur **Enregistrer**.

Analyse de l'isolation

Nous allons expliquer ici pourquoi nous avons choisi d'utiliser du plastique à l'intérieur et du métal à l'extérieur.

Qu'est-ce qui fait un bon isolant thermique ?

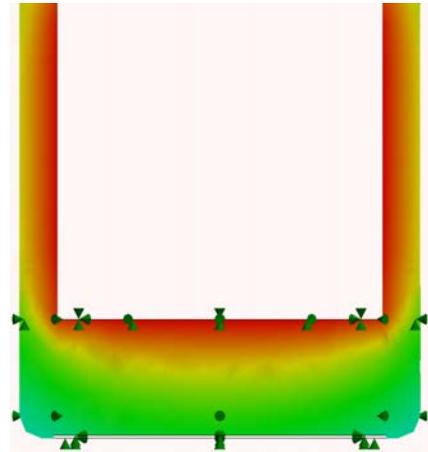
Le terme isolation thermique peut se référer aux matériaux utilisés pour réduire le taux de transfert de chaleur, ou aux méthodes et procédés utilisés pour réduire le transfert thermique. L'énergie thermique peut être transférée par conduction, convection, rayonnement ou par le déplacement physique du matériau d'un endroit à un autre. L'isolation thermique est la méthode permettant d'empêcher que la chaleur ne s'échappe d'un conteneur, ou ne rentre dans le conteneur. Les isolants sont utilisés pour réduire au minimum le transfert d'énergie thermique. En isolation domestique, la valeur R est une indication de la qualité isolante d'un matériau. Le flux de chaleur peut être réduit en agissant sur un ou plusieurs de ces mécanismes, et dépend des propriétés physiques des matériaux utilisés pour le faire.

Plastique

Le plastique est un bon isolant thermique, il minimise très bien le transfert de chaleur comme démontré ici.

En outre, le plastique est nettement meilleur pour l'environnement que le métal.

Remarque : Au cours de ce tutoriel, nous ne supposons pas que cette pièce sera recyclée. Nous basons notre reconception sur les impacts environnementaux calculés avec SolidWorks.



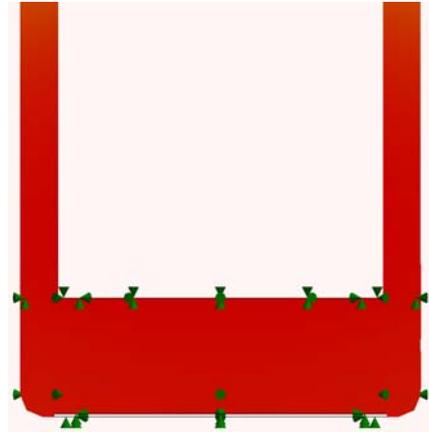
Métal

Le métal a certaines qualités opposées à celles du plastique. La chaleur est très facilement transférée à travers le métal, comme illustré ici.

Selon les impacts environnementaux établis dans SolidWorks, le métal n'est pas un matériau très écologique.

D'autre part, parce que le métal a une conductivité thermique élevée, il est utile pour la diffusion de la chaleur.

En outre, le métal est moins cher que les plastiques résistants tels que le plastique ABS et a une finition plus attrayante.



Plastique et Métal

La tasse aura une couche externe et une couche interne. Parce que le plastique est un si bon isolant, il sera utilisé pour la couche interne de la tasse, ainsi que pour la poignée. De cette façon, la chaleur sera retenue par le plastique et la chaleur passant quand même à travers le plastique sera répartie dans l'ensemble du métal puisque le métal a une conductivité thermique si élevée.

Simulation statique

Nous démarrons ici notre procédé de préconception. Nous allons effectuer deux simulations statiques séparées. L'une pour la paroi extérieure du Metal_Outside et l'autre pour le composant Handle (Poignée).

Etude statique 1

1 Créer l'étude.

Cliquez sur l'onglet Simulation.

Sélectionnez la flèche descendante sous Conseiller Etude.

Sélectionnez **Nouvelle étude**.

Commencez par nommer l'analyse **Force 1**.

Sous Type, sélectionnez Statique et cliquez sur .

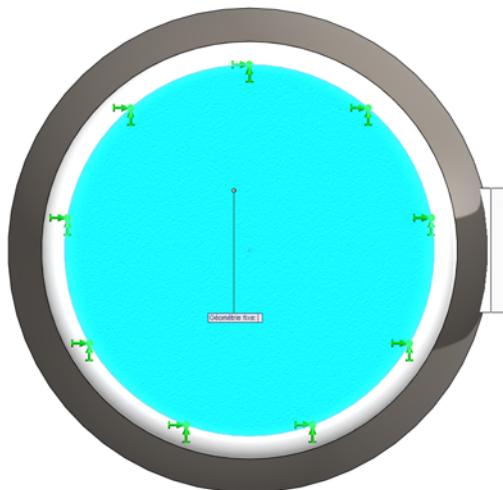
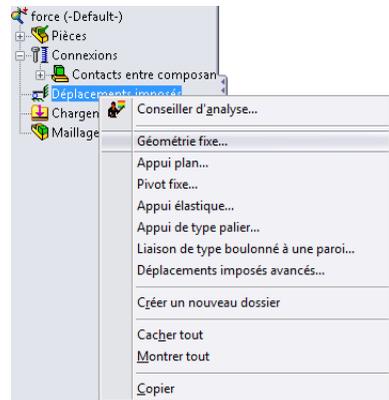
2 Déplacements imposés.

Dans l'arbre de création de l'étude statique, cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Déplacements imposés** et sélectionnez **Géométrie fixe**.

Modifiez la vue pour le composant Bottom (Fond) en appuyant sur la **Barre d'espace**.

Une boîte de dialogue apparaît. Double-cliquez sur ***Bottom** (*Fond).

Sélectionnez la grande face interne comme indiqué.



Cliquez sur .

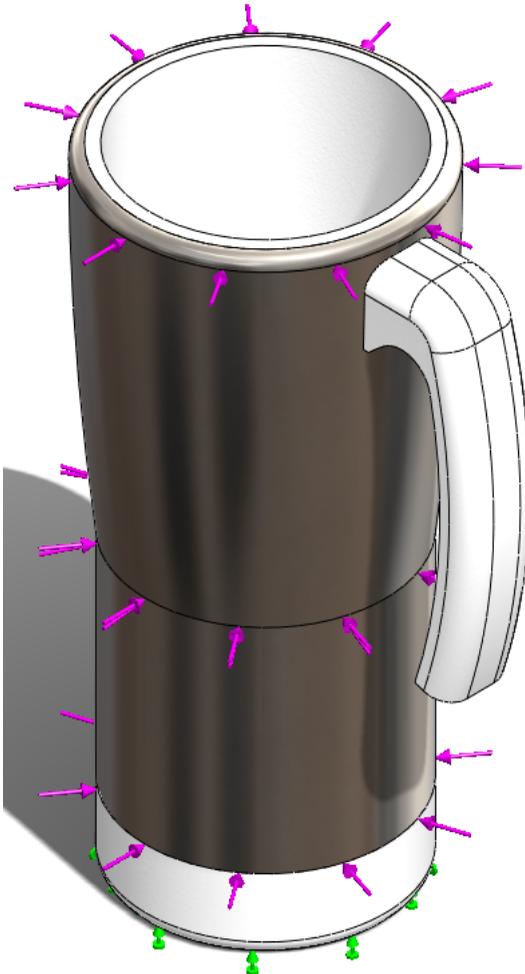
3 Chargements externes.

Appuyez sur la **barre d'espacement** et double-cliquez sur **Isométrie**.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Chargements externes** dans l'arbre de création de l'étude statique.

Sélectionnez **Force** comme indiqué.

Sélectionnez les 2 faces arrondies de **Metal_Outside**.



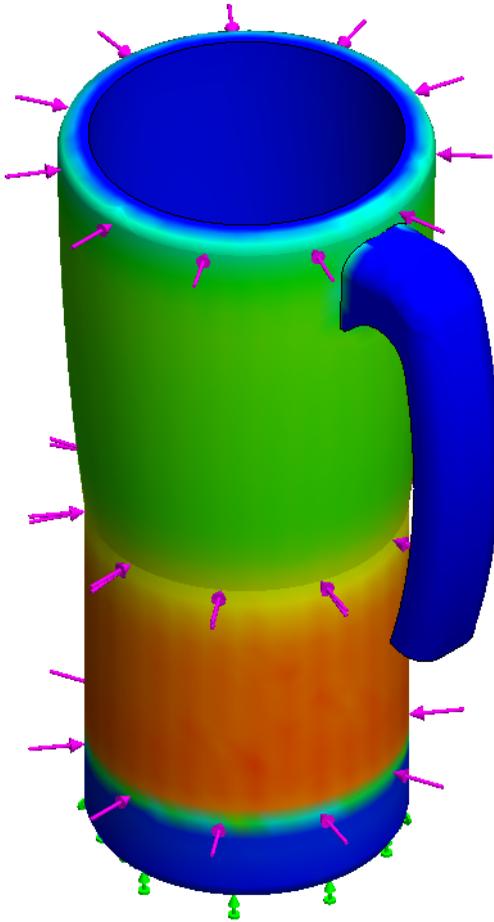
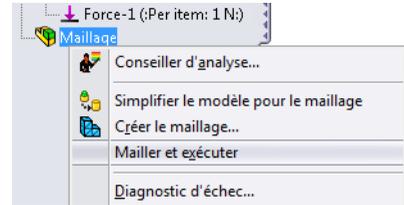
Modifiez la Valeur de force à **400 N**.

Cliquez sur  .

4 Exécution de la Simulation.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Maillage** et sélectionnez **Mailler et exécuter**.

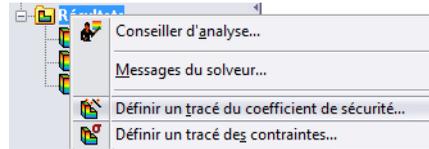
Deux boîtes de dialogue apparaissent. L'une va mailler l'assemblage et l'autre va exécuter l'étude statique.



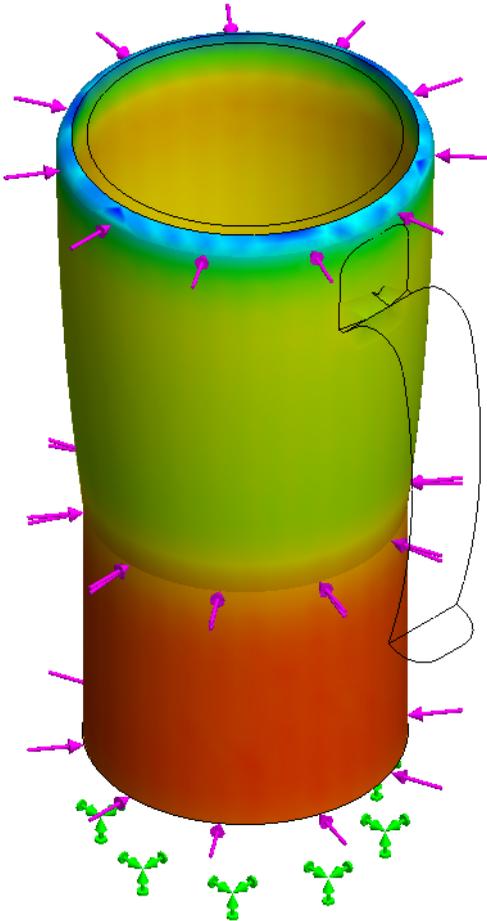
5 Coefficient de sécurité.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Résultats**. Sélectionnez **Définir le tracé du coefficient de sécurité**. Laissez tous les paramètres inchangés et cliquez sur .

Une boîte de simulation apparaît ; cliquez sur **OK**.



Nom du modèle : Mug
Nom de l'étude : Force 1
Type de Tracé : Factor of Safety Factor of Safety1
Critère : Automatique
Distribution du coefficient de sécurité : Min FOS = 4.4e+002



Dans le coin en haut à gauche de l'écran, SolidWorks nous indique que le **Coefficient de sécurité** est de 4,4e+002 ou 440.

Cliquez sur **Enregistrer**.

Etude statique 2

Nous allons maintenant exécuter une étude statique similaire avec le même montant de force sur le composant **Handle** pour voir quel est le **Coefficient de sécurité**.

1 Créer l'étude.

Cliquez sur l'onglet **Simulation** s'il n'est pas encore ouvert.

Sélectionnez la flèche descendante dans le **Conseiller Etude**.

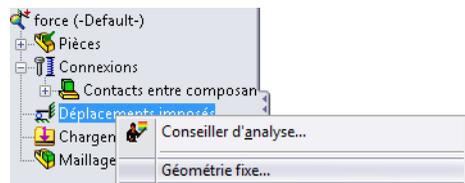
Sélectionnez **Nouvelle étude**.

Commencez par nommer l'analyse **Force 2**.

Sous **Type**, sélectionnez **Statique** et cliquez sur .

2 Déplacements imposés.

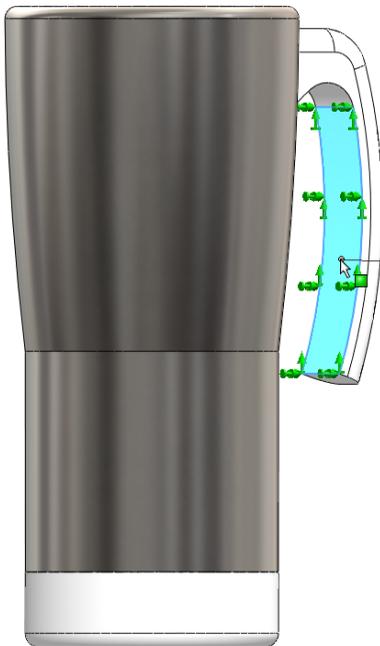
Dans l'arbre de création de l'étude statique, cliquez sur **Déplacements imposés** à l'aide du bouton droit de la souris et sélectionnez **Géométrie fixe**.



Appuyez sur la **Barre d'espace**.

Double-cliquez sur **Handle Fixture** (Déplacement imposé de la poignée).

Sélectionnez la face interne de la poignée.



Cliquez sur .

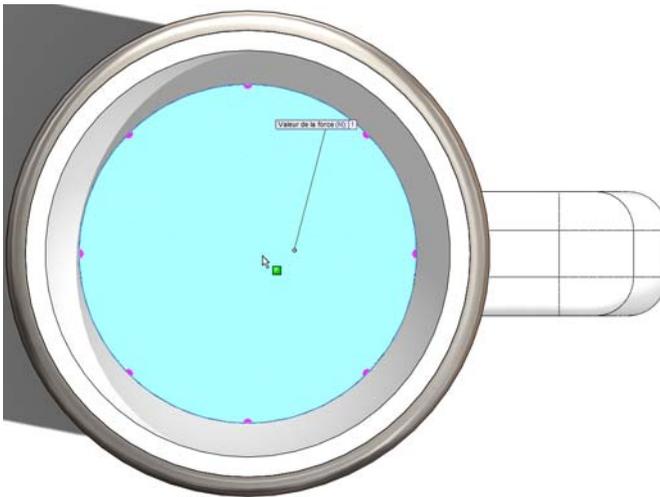
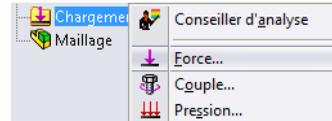
3 Chargements externes.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Chargement externe** dans l'arbre de création de l'étude statique.

Sélectionnez **Force**. Appuyez sur la **Barre d'espacement**.

Double-cliquez sur **Dessus**.

Sélectionnez la surface interne du fond du composant `Plastic_Inside`.



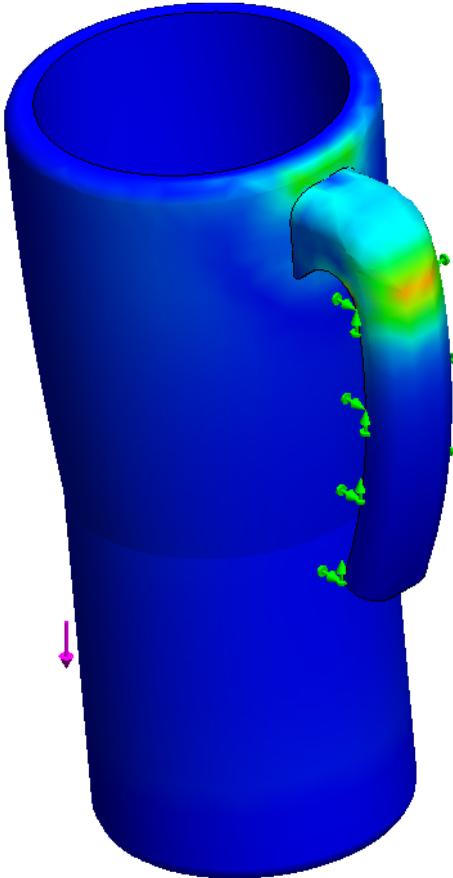
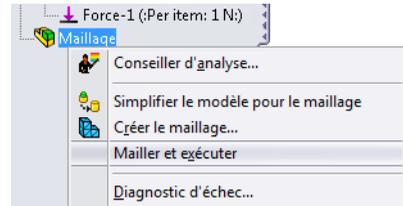
Modifiez la Valeur de la force à **400 N**.

Cliquez sur  .

4 Exécution de la Simulation.

Appuyez sur la **Barre d'espacement**.

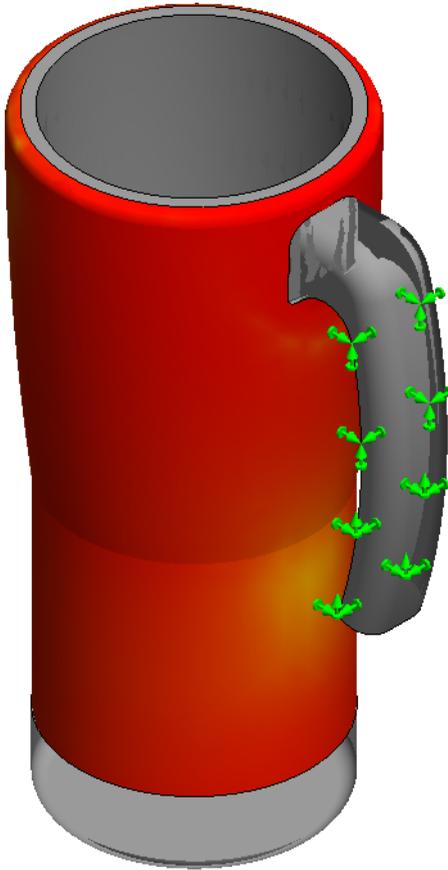
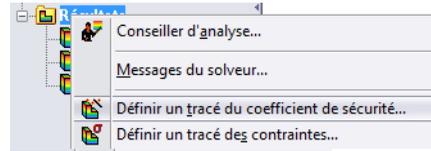
Double-cliquez sur **Isométrique**. Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Maillage**. Sélectionnez **Mailler et exécuter**. Une boîte de dialogue Statique linéaire apparaît ; cliquez sur **Oui**.



5 Coefficient de sécurité.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Résultats**. Sélectionnez **Définir le tracé du coefficient de sécurité**. Laissez tous les paramètres inchangés et cliquez sur .

Une boîte de simulation apparaît ; cliquez sur **OK**.



Dans le coin en haut à gauche de l'écran, SolidWorks nous indique que le **Coefficient de sécurité** est de **4**.

Cliquez sur **Enregistrer**.

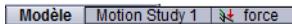
6 Evaluation de la conception.

Après avoir terminé les deux études statiques, **Force 1** montrant le concept de préhension l'assemblage **Mug** et **Force 2** simulant la tenue de la poignée contenant une substance, il est évident que la poignée est beaucoup plus fragile. L'étude de **Force 1** affiche un **Coefficient de sécurité** de 430 et **Force 2** affiche un **Coefficient de sécurité** de 4. Pour cette reconception, nous allons supprimer la poignée de l'assemblage. Les impacts sur l'environnement seront meilleurs car nous utiliserons moins de matériau.

7 Suppression du composant **Handle**.

Parce que la poignée est une pièce séparée, il suffit de la supprimer de l'assemblage.

Sélectionnez l'onglet **Modèle** dans le coin inférieur gauche de l'écran.

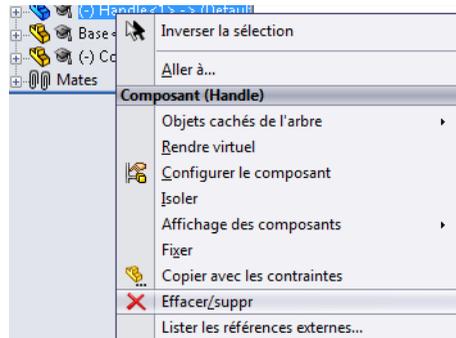


Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur (-)Handle<1>.

Sélectionnez **Supprimer**.

Immédiatement après avoir supprimé le composant **Handle**, Sustainability met à jour les impacts environnementaux.

Remarquez que les quatre impacts affichent des barres vertes et que les valeurs sont inférieures à la ligne de base définie.



Etude thermique

Nous allons créer ici une analyse thermique pour savoir si nous pouvons supprimer davantage de matériau sans que la tasse devienne trop chaude.

1 Création d'une étude thermique.

Sélectionnez une fois de plus l'onglet **Simulation** et créez une **Nouvelle étude**.

Nommez cette étude **Convection** et sélectionnez **Thermique**.

Cliquez sur .

Nous allons ici créer une convection entre les différentes surfaces pour montrer la température extérieure de la tasse.

Nous supposons que le liquide qui se trouve dans la tasse est de l'eau (du thé) dont la température est de 80 degrés Celsius. Nous supposons également que la température de l'air ambiant autour de la tasse est de 25 degrés Celsius.

En plus de la température, un coefficient de convection est nécessaire au calcul de la convection à travers les matériaux de la tasse. Pour l'air, nous utilisons un coefficient de convection de $10 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$, et pour l'eau nous utilisons $500 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$. W représente les Watts, m représente les mètres, et K représente les kelvins.

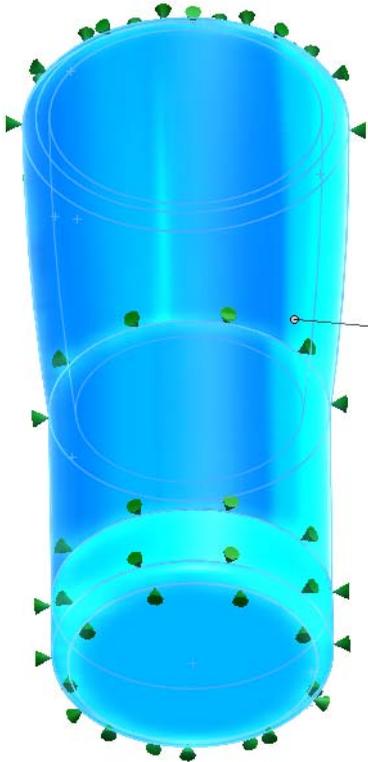
2 Chargements thermiques 1.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Chargements thermiques**. Sélectionnez **Convection**.

La première convection que nous allons créer est la convection de l'air sur la tasse. Cette convection sera répartie sur la majorité des surfaces de la tasse.

Sélectionnez toutes les surfaces extérieures, à l'exception de la surface interne inférieure et de la surface interne du fond.

Appuyez sur la **Barre d'espace**. Double-cliquez sur **Surfaces de base** pour sélectionner la surface de base et le congé de base.



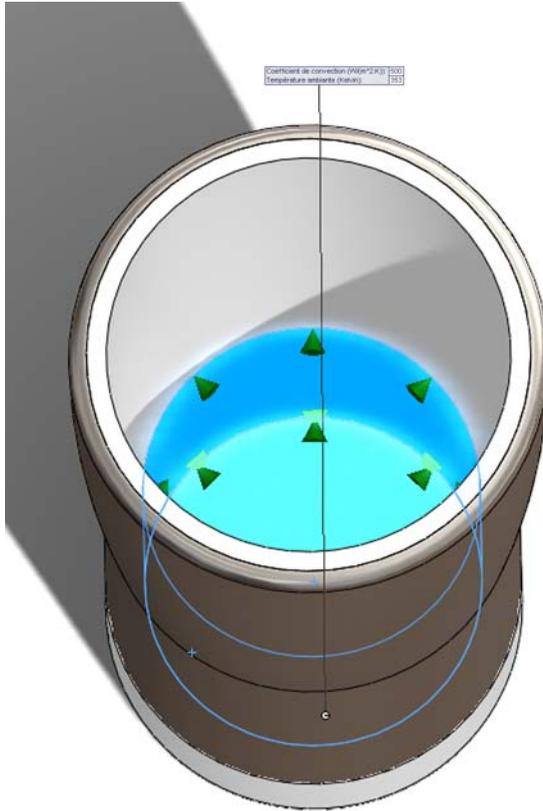
Saisissez ensuite **10 W/(m²xK)** pour le coefficient de convection et **298 (25+273)** kelvins pour la température ambiante.

Cliquez sur  .

3 Chargement thermique 2.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Chargements thermiques**. Sélectionnez **Convection**. Appuyez sur la **Barre d'espacement**. Double-cliquez sur **Surfaces intérieures**.

Cette fois ci, sélectionnez uniquement la surface interne inférieure et le fond interne.



Ensuite, réglez le coefficient de convection sur **500 W/(m²xK)** et la température ambiante sur **353 (80+273) Kelvin**.

Cliquez sur .

4 Exécution de la simulation.

Comme dans l'analyse de Force, cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Maillage**.

Sélectionnez **Mailler et exécuter**.

Deux boîtes de dialogue apparaissent à nouveau.

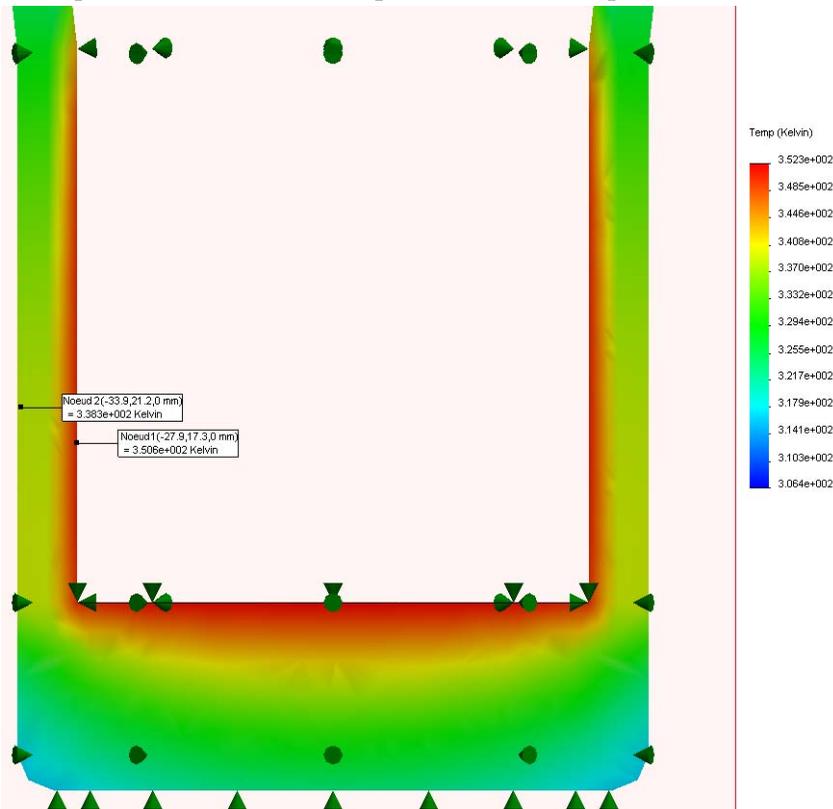
5 Résultats.

Après l'exécution de l'analyse, il n'est pas facile de voir la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de la tasse. Si nous prenons un tracé de section de la tasse, nous pourrions voir un peu mieux le gradient de température. Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Thermal1** dans Résultats.

Sélectionnez **Tracé de section**. Cliquez sur . Maintenant nous pouvons voir le gradient de température à travers les parois de la tasse. Si nous créons une sonde pour la surface interne et la surface externe de la tasse, nous pouvons voir les valeurs de température.

6 Sonde.

Appuyez sur la **Barre d'espace**. Double-cliquez sur **Face**. Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Thermal1**. Sélectionnez **Sonde**. Cliquez maintenant sur deux points relativement proches de ceux indiqués.



7 Evaluation de la conception.

Si nous observons le gradient de température, nous voyons qu'il ne change pas beaucoup entre le centre de la paroi et la surface extérieure. Ceci nous indique que nous pouvons réduire l'épaisseur de la paroi tout en conservant une température extérieure similaire.

Reconception de la paroi et de la base

Nous allons reconcevoir la tasse avec des parois plus fines. Pour le faire, nous devons ouvrir les pièces individuelles et modifier les caractéristiques. Une fois terminé, nous devons à nouveau les contraindre.

1 Modifier la paroi extérieure.

Sélectionnez l'onglet **Modèle** dans le coin inférieur gauche de l'écran.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Metal_Outside<1>** dans l'arbre de création FeatureManager.

Sélectionnez **Ouvrir la pièce**.

SolidWorks ouvre une nouvelle fenêtre pour cette pièce.



2 Modifier la fonction de révolution.

Puisque que la pièce **Metal_Outside** est créée par une révolution, la fonction va diminuer l'épaisseur de la révolution.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Revolve- Thin1** dans l'arbre de création FeatureManager.

Sélectionnez **Editer la fonction**.



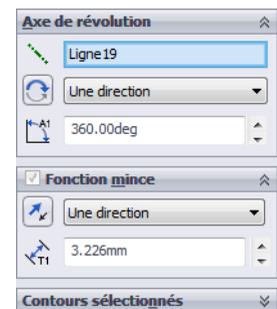
Dans la fonction Thin, ajoutez « /2 » après **3,226 mm**. Cliquez sur .

Avec l'ajout de « /2 », SolidWorks divise l'épaisseur par 2.

Enregistrez et **fermez** la pièce.

Une boîte de dialogue s'affiche, vous demandant si vous souhaitez recréer l'assemblage.

Cliquez sur **Oui**.



Reconception de la base

Nous allons modifier la base de la tasse. Après avoir modifié le composant **Metal Outside**, nous devons également modifier la base en plastique. Parce que nous avons affiné le composant **Métal Outside**, nous devons affiner la base de la même façon.

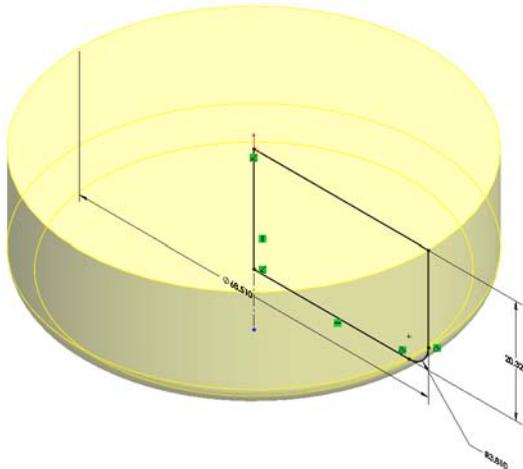
1 Nouvelles dimensions.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Base<1>** dans l'arbre de création FeatureManager.

Sélectionnez **Ouvrir la pièce**.

Développez **Revolve1**.

Double-cliquez sur **Sketch1**.



Double-cliquez sur la cote **68,510 mm**. Réglez le diamètre sur **65,28 mm**. Cliquez sur .

2 Quitter l'esquisse.

Quittez l'esquisse en cliquant sur . Enregistrez et fermez la pièce. Une boîte de dialogue s'affiche, vous demandant si vous souhaitez recréer l'assemblage. Cliquez sur **Oui**.

Simulation de reconception

Nous allons exécuter les deux simulations créées précédemment pour voir si la conception est toujours acceptable.

1 Exécuter à nouveau l'étude statique.

Sélectionnez le **Force 1**.

Appuyez sur la **Barre d'espace**.

Double-cliquez sur **Isométrique**.

SolidWorks met à jour les déplacements imposés et les chargements externes de la reconception.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Maillage** et sélectionnez **Mailler et exécuter**.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Résultats**.

Sélectionnez **Définir le tracé du coefficient de sécurité...**

Cliquez sur  .

Le **Tracé du coefficient de sécurité** montre que l'assemblage est toujours fiable avec un **Coefficient de sécurité** de 2,1e+002 ou 210.

2 Exécuter à nouveau l'étude thermique.

Même si l'étude statique affiche de bons résultats, vous devez tout de même exécuter l'étude thermique pour confirmer que la surface extérieure n'est pas trop chaude.

Cliquez sur l'onglet **Convection** au bas de l'écran.

Une fois de plus, SolidWorks met à jour la simulation de la reconception.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Maillage** et sélectionnez **Mailler et exécuter**.

Appuyez sur la **Barre d'espace**.

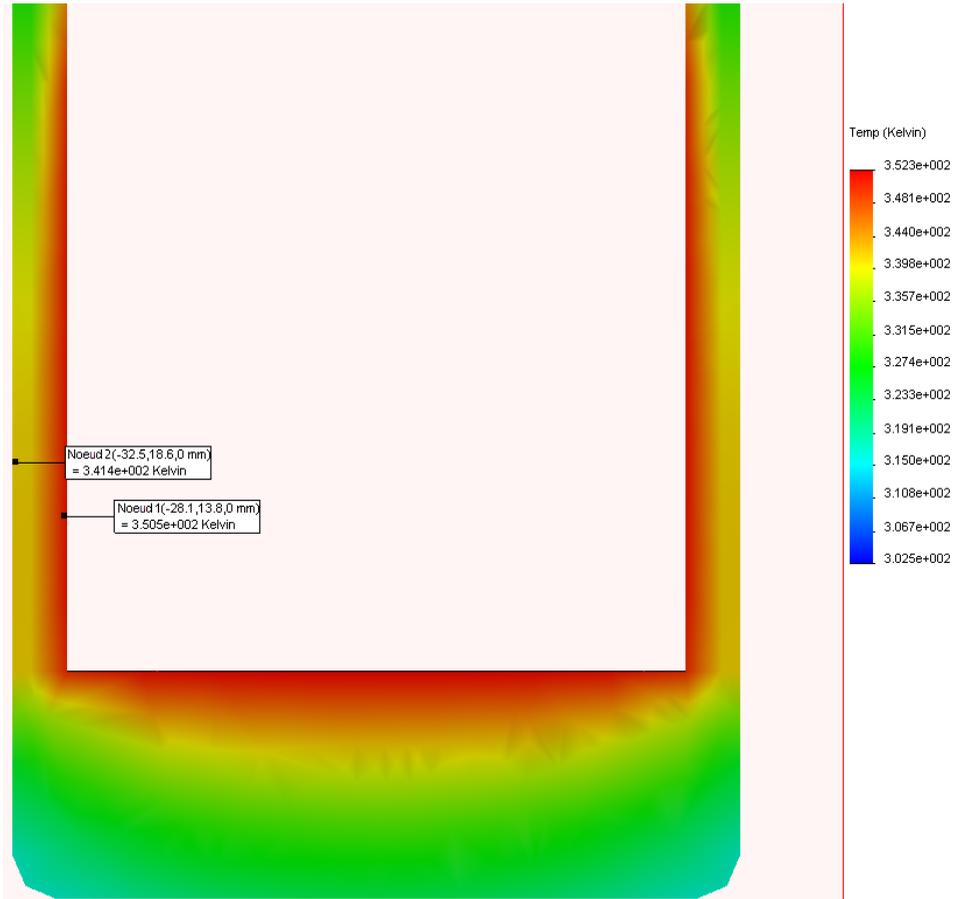
Double-cliquez sur **Face**.

3 Sonde.

Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris sur **Thermal1** dans Résultats.

Sélectionnez **Sonde**.

Sélectionnez deux points comme illustré.



La température extérieure était précédemment d'environ 338 Kelvin ou 65 degrés Celsius. La température est maintenant d'environ 341 Kelvin ou 68 degrés Celsius.

La température n'a augmenté que de trois degrés Celsius environ après avoir réduit l'épaisseur du **Metal Outside** de moitié.

C'est une augmentation dérisoire par rapport au montant de matériau économisé. Ce sera donc notre conception finale.

Regard sur la durabilité

Nous comparons ici la durabilité du concept original avec celle du concept final, ainsi que les deux conceptions intermédiaires.

Tout au long de ce tutoriel, les impacts environnementaux ont diminué.

Impacts environnementaux d'origine	Reconception des impacts environnementaux
Carbone : 7,11 g de CO ₂	Carbone : 3,78 g de CO ₂
Energie : 87,03 MJ	Energie : 47,72 MJ
Air : 0,04 g de SO ₂	Air : 0,02 g de SO ₂
Eau : 0,02 g de PO ₄	Eau : 0,00962 g de PO ₄

En moyenne, les impacts environnementaux ont décré d'environ 50 %.

Conclusion

Au début de la conception, nous avions une tasse lourde qui était loin d'être écologique. SolidWorks nous a permis de réaliser une simulation des forces et des températures, qui nous a aidés à nous débarrasser des fonctions superflues de la tasse, ainsi qu'à réduire les matériaux tout en conservant une isolation thermique relativement équivalente.

