

	Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable	
	Solidworks Sustainability	
	<i>Éco-conception des produits : Outils de l'écoconception</i>	EDC



Objectifs :
 Prendre en main le module complémentaire **Sustainability** de **SolidWorks**.

Sustainability est un complément à SolidWorks qui permet aux utilisateurs de créer des conceptions plus durables en fonction du matériau, du procédé de fabrication, de l'utilisation du matériau et des impacts sur l'environnement.

L'utilisation de Sustainability entre dans une démarche d'ACV avec la possibilité de comparer, grâce à une mise à jour dynamique des impacts, un choix de matériaux, un procédé de fabrication ou encore un lieu de production et un moyen de transport.



Pour cette activité, vous aurez besoin du dossier **Sustainability** disponible sur le site pédagogique de la filière sti2D du lycée Jules Ferry. **Copiez l'ensemble du dossier Sustainability** et ouvrez les fichiers à partir de ce dossier.

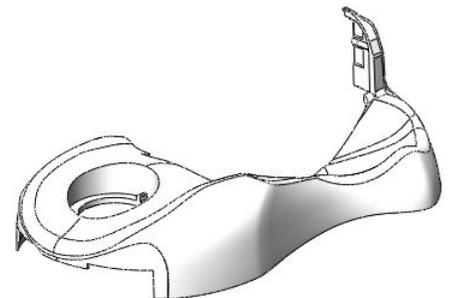
Pensez à sauvegarder régulièrement votre travail !

1. Analyse de conception durable d'une pièce

Nous étudierons dans un premier temps l'impact environnemental de la coque du pied ci-dessous. Puis nous allons rechercher un matériau plus écologique mais qui devra répondre aux autres contraintes du cahier des charges en termes de résistance mécanique, de fabricabilité ou encore de coût.

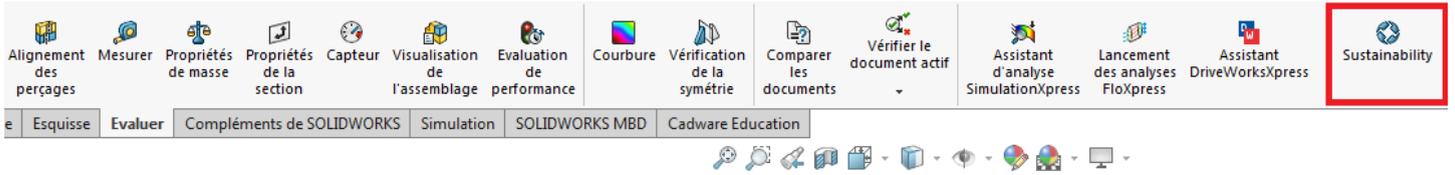
Cette étude a pour objectif de vous apprendre à :

- Définir les paramètres nécessaires au calcul d'impact
- Analyser les différents critères environnementaux
- Rechercher un matériau équivalent
- Générer un rapport





Ouvrir le fichier **Coque extérieure pied gauche.SLDPRT**.
Dans l'onglet **Evaluer**, cliquez sur **Sustainability**.



Si l'écran de démarrage de SolidWorks Sustainability s'affiche, cliquez sur Continuer.



L'application ouvre le volet des tâches à droite de l'écran.

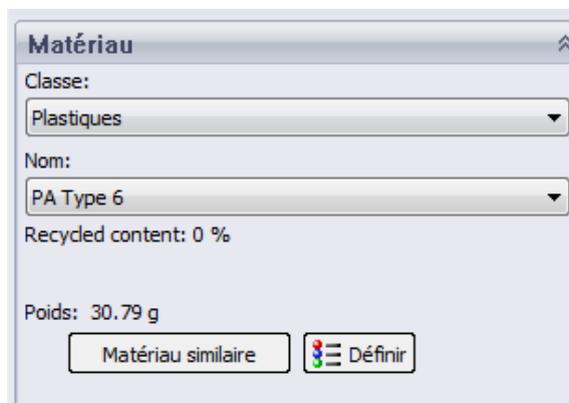


Cliquez sur  pour garder le volet des tâches ouvert.

Si le matériau est déjà renseigné dans le fichier pièce SolidWorks, Sustainability le récupère automatiquement.

Dans le cas contraire ou si vous souhaitez changer de matériau, procédez comme suit :
Sous Matériau :

- Dans **Classe**, sélectionnez **Plastiques**.
- Dans **Nom**, sélectionnez **PA Type 6**.



Le logiciel affiche le poids de la pièce et le pourcentage de contenu recyclé. Le tableau de bord **Impact sur l'environnement** au bas du volet des tâches fournit des informations en temps réel sur l'impact environnemental de votre conception.

 Sélectionnez le procédé de fabrication et les régions de fabrication et d'utilisation de la pièce (si besoin, utiliser l'ascenseur à droite du volet).

Sous **Fabrication** :

- Dans **Région**, cliquez sur **Asie** sur la carte.



- Dans **Procédé**, sélectionnez **Moulage par injection**. Les données de consommation pour le processus de fabrication s'adaptent automatiquement (électricité, gaz naturel et coefficient de rebut).

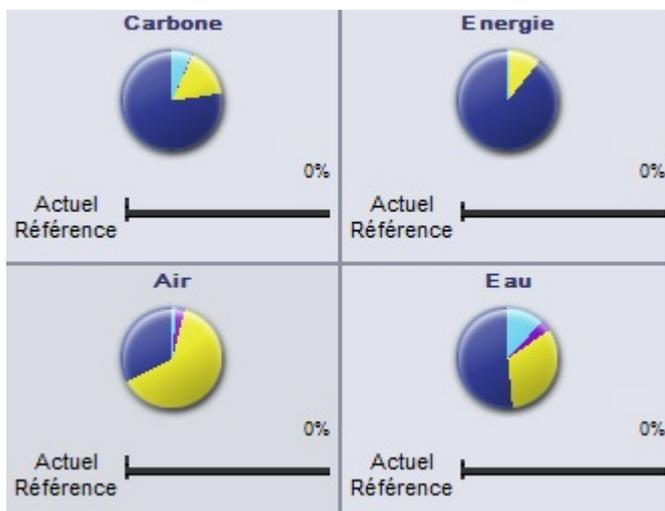
Sous **Utilisation**, cliquez sur **Europe** sur la carte.

Les données ne sont pas disponibles dans toutes les régions. Les régions qui contiennent des données sont mises en surbrillance lorsque vous placez le pointeur sur ces dernières.

Les sections **Transport** et **Fin de vie** sont renseignées avec les valeurs par défaut en fonction des régions sélectionnées.

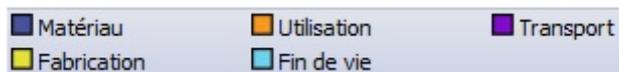
Les indicateurs utilisés

Le tableau de bord **Impact sur l'environnement** fournit des retours d'informations en temps réel sur l'impact sur l'environnement de la conception. Les produits SolidWorks Sustainability utilisent la méthode CML (Centre des sciences environnementales de l'Université de Leiden) pour le calcul des indicateurs environnementaux. Elle est couramment employée dans les études d'analyse du cycle de vie (ACV) partout dans le monde.



Le logiciel utilise quatre critères pour mesurer l'impact sur l'environnement. Ils sont calculés à partir des paramètres suivants:

- Matériau utilisé
- Procédé et région de fabrication
- Consommation et région d'utilisation
- Transport
- Elimination en fin de vie



L'**empreinte carbone** : Mesure du dioxyde de carbone et des autres émissions de gaz à effet de serre comme le méthane (exprimée en unités équivalentes de CO_2 ,) qui contribuent aux émissions, résultant principalement de la combustion des combustibles fossiles. Le potentiel de réchauffement climatique est aussi fréquemment appelé empreinte carbone.



La **consommation d'énergie** : Mesure, exprimée en mégajoules (MJ ou kJ), des sources d'énergie non renouvelables associées au cycle de vie de la pièce. 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 consommée par la matière si elle était brûlée. L'énergie consommée est exprimée comme la valeur calorifique nette ou la demande d'énergie provenant de ressources non renouvelables (pétrole, gaz naturel,

etc.). Le rendement de la conversion énergétique (puissance, chaleur, vapeur, etc.) est pris en compte.



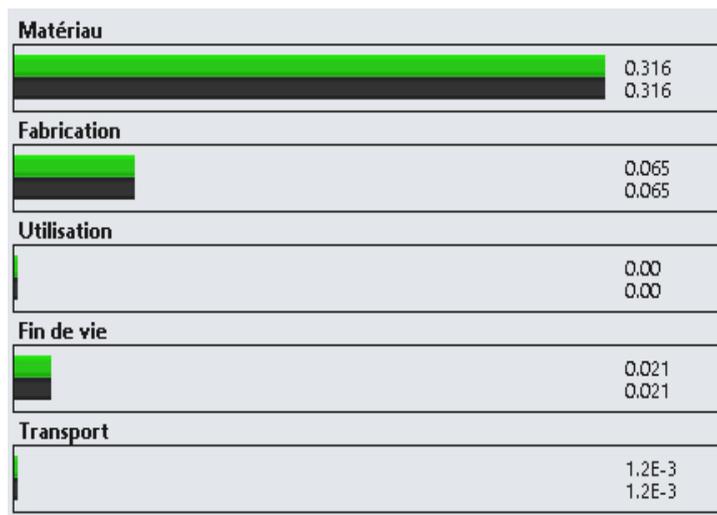
L'acidification de l'air : Le dioxyde de soufre, les oxydes nitreux et les autres émissions acides dans l'air sont à l'origine de l'acidification de l'eau de pluie, qui, à son tour, est responsable de l'acidification des lacs et des sols. Ces acides peuvent rendre la terre et l'eau toxiques pour les végétaux et la vie aquatique. Les pluies acides peuvent aussi dissoudre lentement les matériaux d'origine humaine comme le béton. Cet impact est généralement mesuré en équivalent kg de dioxyde de soufre.



L'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 l'éclosion 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 en équivalent kg de phosphate (ou aussi en équivalent kg azote).



Analysons les résultats sur l'empreinte carbone. Cliquez sur le diagramme du **Carbone**.



L'étude des différents paramètres montrent que le choix matériau est prépondérant sur cet impact. Nous allons donc orienter notre étude vers la recherche d'un matériau moins impactant.

Cliquez sur  pour revenir à l'affichage initial du tableau de bord.

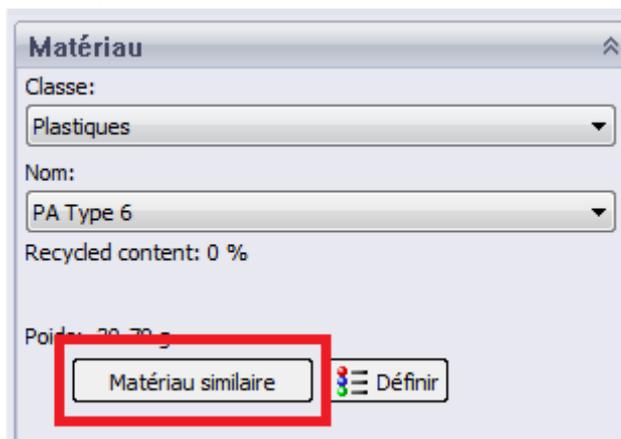
L'outil **Rechercher un matériau similaire** permet d'effectuer des recherches de matériaux de type

- "Me montrer tous les matériaux plus résistants mais de densité plus faible"
- ou "Me montrer des matériaux similaires avec un module de cisaillement plus élevé".



Avant d'effectuer cette recherche, cliquez sur . Les résultats sont alors définis comme référence et seront comparés aux sélections futures.

Sous **Matériau**, cliquez sur **Matériau similaire**.



La boîte de dialogue **Rechercher un matériau similaire** s'affiche avec les propriétés du matériau d'origine.



Dans la section centrale, entrez les critères de recherche pour les matériaux similaires.

Propriété	Condition	Valeur	Unités
Classe de matériaux	=	Plastiques	
Module d'élasticité	>	1.50e+009	N/m ²
Coefficient de Poisson	-tous-	0.34	S.O.
Module de cisaillement	-tous-	9.704e+008	N/m ²
Masse volumique	<	1120	kg/m ³
Conductivité thermique	-tous-	0.233	W/(m·K)
Chaleur spécifique	-tous-	1601	J/(kg·K)
Limite de traction	-tous-	9e+007	N/m ²
Limite d'élasticité	-tous-	1.036489e+008	N/m ²
Impact financier	-tous-	4.90	USD/kg

- Pour **Classe Matériaux**, sélectionnez = dans **Condition** et **Plastiques** dans valeur.
- Pour **Module d'élasticité**, sélectionnez > dans **Condition** et **1.5e9 N/m²** dans valeur.
- Pour **Masse volumique**, sélectionnez < dans **Condition**.



Cliquez sur **Matériau similaire**. L'outil liste alors les plastiques dont le module d'élasticité est supérieur à 1.5 GPa et dont la densité est inférieure à celle du matériau d'origine. Pour changer à nouveau les critères de recherches, cliquez sur **Modifier** et modifiez les paramètres.

Pour filtrer la liste, activez la case à cocher à côté de la liste Matériaux et cliquez sur **Montrer**

uniquement ceux sélectionnés .

Matériaux	Module d'élasticité	Coefficient de Poisson	Module de cisaillement	Densité
<input checked="" type="checkbox"/> ABS	2e+009	0.394	3.189e+008	1020
<input checked="" type="checkbox"/> ABS PC	2.41e+009	0.3897	8.622e+008	1070
<input checked="" type="checkbox"/> PP Homopolymer	1.79e+009			933

Réduisons la liste à ABS, APS PC et PP Homopolymer.



Cliquez n'importe où dans les lignes de matériaux similaires pour afficher leur impact sur l'environnement comparé avec le matériau d'origine.

Dans le tableau de bord **Impact sur l'environnement** de la boîte de dialogue, la barre **Sélection** de chaque zone d'impact indique si le matériau possède un impact sur

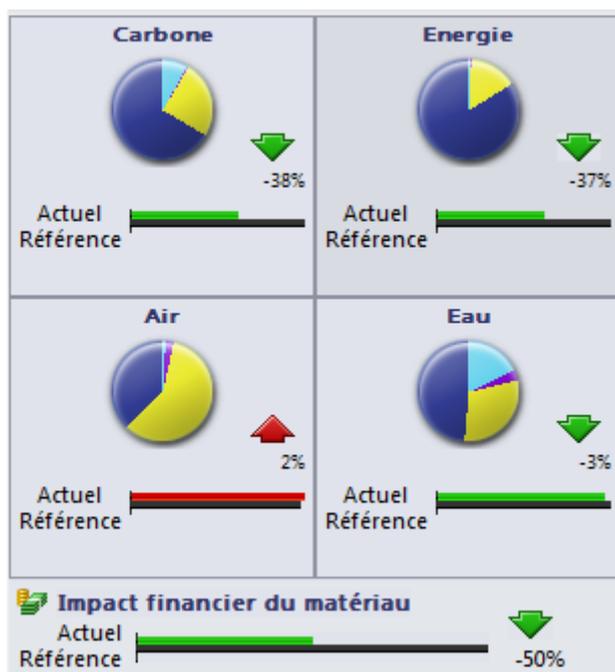
l'environnement supérieur  ou inférieur  à celui du matériau d'**Origine**. Les diagrammes circulaires sont aussi mis à jour.

Vous pouvez modifier le Procédé de fabrication en utilisant la liste déroulante à côté des diagrammes circulaires.

Les trois matériaux sont moins impactants sur l'ensemble des critères. Nous choisirons l'ABS PC qui présente de meilleures propriétés mécaniques et d'injection plastique.



Cliquez sur **Accepter**. Le tableau de bord est mis à jour et l'on constate les baisses d'impact avec ce nouveau matériau.



Vous pouvez alors fermer la pièce sans enregistrer avant de passer à l'étape 2.

2. Analyse de conception durable d'un assemblage

Après une première analyse complète de l'assemblage, nous établirons une hiérarchie entre les composants afin de cibler notre recherche de matériaux moins impactants. Le modèle d'étude est l'assemblage du pied de NAO.



Ouvrir le fichier Pied Gauche.SLDASM et activer la configuration Sustainability.

Cliquez sur  pour garder le volet des tâches ouvert.

La plupart des matériaux sont déjà appliqués aux composants.

Dans la Liste des tâches, l'outil indique les pièces auxquelles il manque l'information matériau.



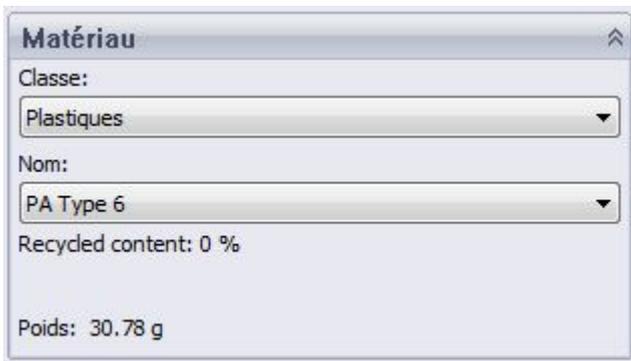
Sélectionnez l'**Aimant_Axial** et cliquez sur **Exclure** pour enlever ce composant du calcul. L'aimant n'est pas un élément que l'on peut modifier.

L'icône à côté de **Aimant_Axial** passe à  pour indiquer que le composant ne sera pas inclus dans les calculs.



Sélectionnez **Structure pied gauche** et définir le matériau comme **Plastiques PA Type6**.

L'icône à côté de **Structure pied gauche** passe à , ce qui indique qu'un matériau pris en charge est maintenant appliqué au composant.



Pour le **Support denté**, choisir le **Plastique ABS**.

La zone **Message** devient verte pour indiquer que vous avez résolu tous les problèmes dans la **Liste des tâches**. Vous pouvez procéder aux calculs.



Afficher les résultats.

Vous pouvez maintenant voir l'impact sur l'environnement de l'assemblage. Le calcul est basé sur les matériaux appliqués à tous les composants et les paramètres associés à ces matériaux. Les calculs sont basés sur les valeurs par défaut, que vous pouvez affiner.



Sous **Procédé** d'assemblage, choisissez **Europe**.

Le tableau de bord se met automatiquement à jour dès qu'une modification est apportée. Notez qu'il est également possible de paramétrer :

- L'énergie requise pour le procédé d'assemblage ;
- Les besoins énergétiques pour le fonctionnement du robot ;
- Le transport entre l'assemblage et l'utilisation du produit ;
- La fin de vie du produit.

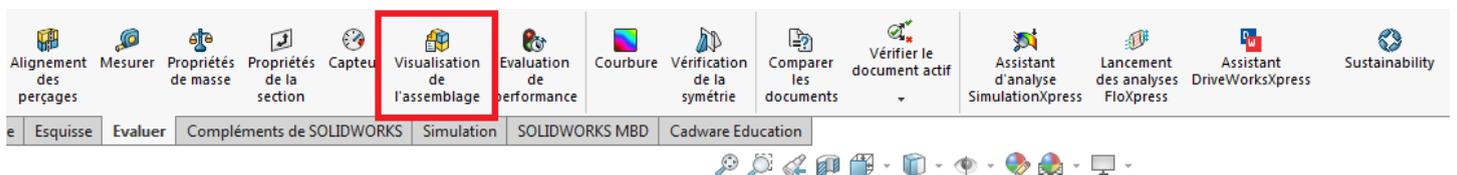
Laissez les valeurs par défaut. Nous cherchons avant tout à classer les pièces suivant leurs impacts.

Utilisons à présent l'outil **Visualisation de l'assemblage** pour nous aider à se concentrer sur les composants qui contribuent le plus à l'impact environnemental de l'assemblage.

Visualisation de l'assemblage contrôle l'affichage en couleur des composants de l'assemblage en fonction des valeurs des propriétés, telles que la masse, associées à chaque composant. Dans cet exemple, vous allez trier les composants en fonction de leur empreinte carbone.



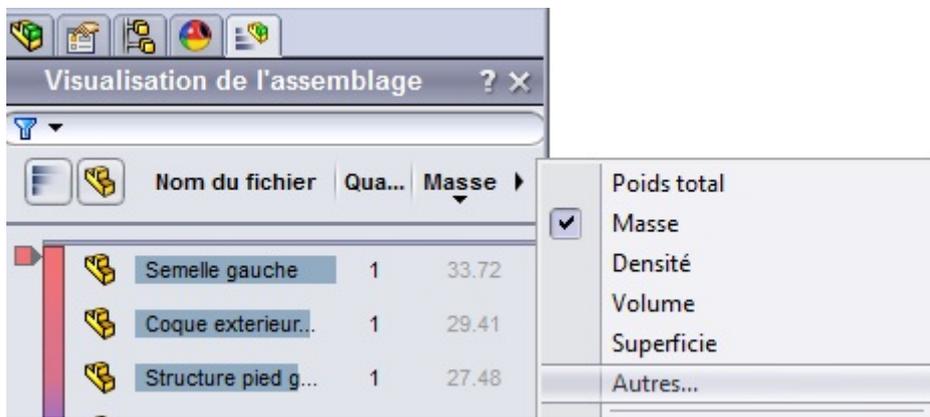
Dans l'onglet Evaluer, cliquez sur **Visualisation de l'assemblage** .



L'onglet Visualisation de l'assemblage  dans l'arbre de création FeatureManager contient une liste de tous les composants de l'assemblage, triés par nom de fichier.

Cliquez sur **Masse** pour trier les pièces selon cette donnée.

Cliquez ensuite sur la flèche à droite de **Masse**, puis sur **Autres**.

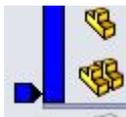


Dans la boîte de dialogue Colonne personnalisée:

- Dans **Propriétés**, sélectionnez **Sustainability-Carbone total**.
- Cliquez sur **OK**.

En haut de l'onglet Visualisation de l'assemblage, cliquez sur **Sustainability-Carbone total** pour trier les composants selon ce paramètre, du plus grand au plus petit.

Double-cliquez sur la flèche en bas de la barre du dégradé de couleurs.

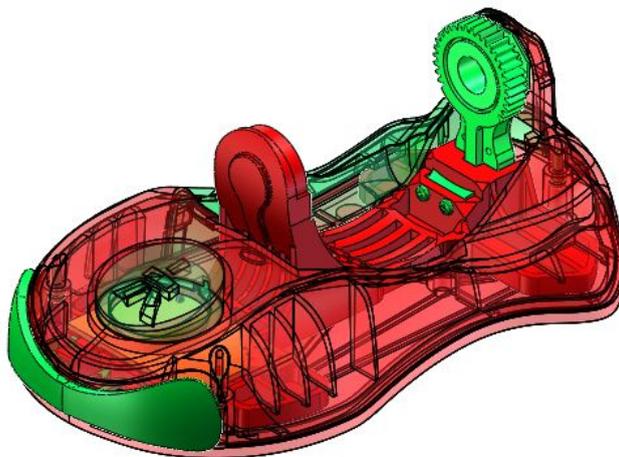
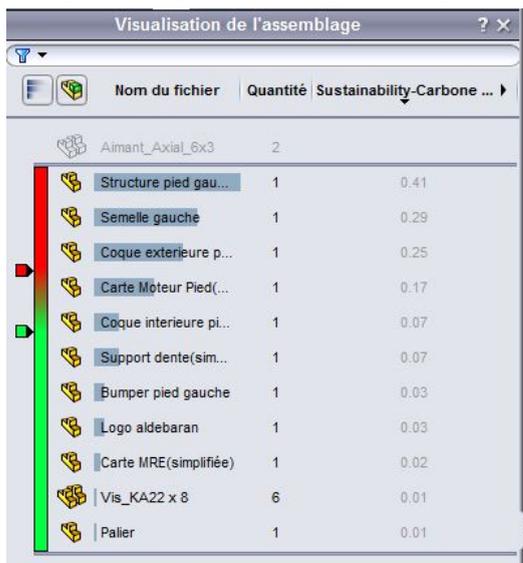


La boîte de dialogue Couleurs apparaît.



Faire un clic droit sur la flèche bleue et sélectionner **Changer de couleur** dans le menu contextuel. Sélectionnez un ton de vert et cliquez sur **OK**.

La barre verticale affiche un spectre des couleurs allant du rouge au vert. Dans la zone graphique, les composants prennent la couleur placée à côté de l'entrée correspondante dans le volet Visualisation de l'assemblage. Les couleurs identifient l'empreinte carbone relative des composants, avec l'impact le plus important en rouge.



Vous pouvez maintenant établir vos priorités dans la réduction de l'empreinte carbone, en vous attaquant d'abord aux composants affichés en rouge.

3.Travail demandé

 Proposer des modifications pour les 4 pièces les plus impactantes de votre assemblage en termes de **matériaux** et/ou de **procédés de fabrication** ou tout autres moyens qui pourraient faire baisser leur impact environnemental.

 Attention le nouveau matériau doit garder comme **Propriété** un **Module d'élasticité égal** ou **supérieur** et une **Masse volumique égal** ou **inférieure** :

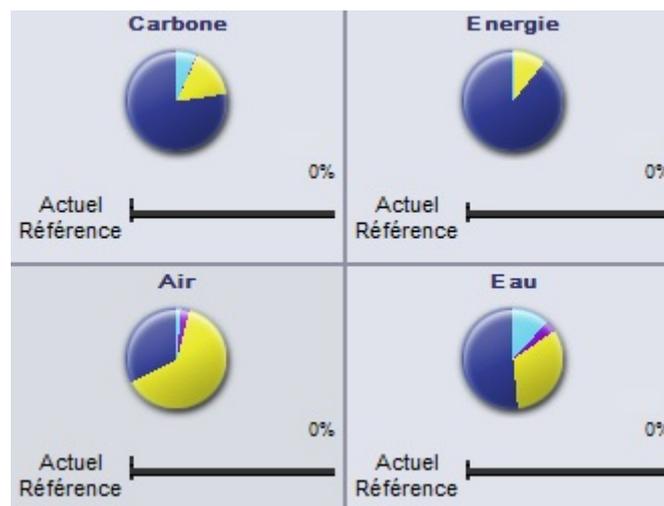
Propriété	Condition	Valeur	Unités
Classe de matériaux	=	Plastiques	
Module d'élasticité	>	1.50e+009	N/m ²
Coefficient de Poisson	-tous-	0.34	S.O.
Module de cisaillement	-tous-	9.704e+008	N/m ²
Masse volumique	<	1120	kg/m ³
Conductivité thermique	-tous-	0.233	W/(m·K)
Chaleur spécifique	-tous-	1601	J/(kg·K)
Limite de traction	-tous-	9e+007	N/m ²
Limite d'élasticité	-tous-	1.036489e+008	N/m ²
Impact financier	-tous-	4.90	USD/kg

Le matériau que vous choisirez doit aussi être adapté à son utilisation.

Vous rédigerez votre compte rendu à l'aide d'un traitement de texte, afin d'y insérer des captures d'écran en utilisant le logiciel Outil Capture 

Votre compte rendu doit présenter **pour chaque pièce** :

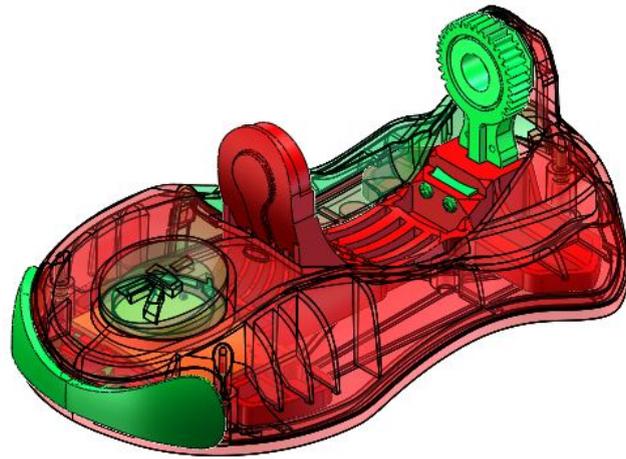
- Toutes les modifications apportées à chaque pièce,
- Les propriétés **de l'ancien et du nouveau matériau**,
- Les indicateurs du tableau de bord **Impact sur l'environnement** avec comme référence le matériau initial :



- La nouvelle vue d'ensemble en couleur de votre assemblage après les modifications :

Visualisation de l'assemblage ? X

Nom du fichier	Quantité	Sustainability-Carbone ...
Aimant_Axial_6x3	2	
Structure pied gau...	1	0.41
Semelle gauche	1	0.29
Coque extérieure p...	1	0.25
Carte Moteur Pied(...	1	0.17
Coque intérieure pi...	1	0.07
Support dente(sim...	1	0.07
Bumper pied gauche	1	0.03
Logo aldebaran	1	0.03
Carte MRE(simplifiée)	1	0.02
Vis_KA22 x 8	6	0.01
Palier	1	0.01



 Sauvegarder votre compte rendu en pdf sous le nom : **Nom1_Nom2_Sustainability.pdf** puis envoyer le à votre professeur par mail via l'ent.