

Baccalauréat	Spécialité	STI2D	Niveau	Terminale 2I2D
	Dimension	Scientifique et technique	TP	A7
STI2D	Objectif	O3 - Analyser l'organisation fonctionnelle et structurelle d'un produit O6 - Préparer une simulation et exploiter les résultats pour prédire un fonctionnement, valider une performance	Durée/ Organisation	2 h en îlot avec 2*2 élèves
Activité		Etude des matériaux et de la résistance de la structure de la tourelle		
Chapitre de connaissances abordées		3.2. Comportement mécanique des produits		
Compétences développées		<ul style="list-style-type: none"> • CO3.1. Identifier et caractériser les fonctions et les constituants d'un produit ainsi que ses entrées / sorties • CO3.4. Identifier et caractériser des solutions techniques. 		
Connaissances associées		3.2.3. Concept de résistance		
SUPPORT	TOURELLE MOTORISEE 2 AXES			
Problématique technique	Réaliser une étude de dimensionnement d'un composant du système Tourelle et identifier des matériaux permettant de limiter les impacts environnementaux et économiques			
1. Conditions générales Ressources matérielles : <ul style="list-style-type: none"> - Tourelle motorisée 2 Axes en état de fonctionnement - Un PC par poste de travail avec accès internet Ressources logicielles : <ul style="list-style-type: none"> - CES Edupack®, SolidWorks®, SimScale® Ressources numériques : <ul style="list-style-type: none"> - Modèles 3D de la Tourelle deux axes 				
2. Pré requis	- maîtrise adéquate de SolidWorks			
<ul style="list-style-type: none"> • Conditions particulières de réalisation (Travail demandé) <p>Avec la Tourelle motorisée 2 Axes montée sur boîtier avec points de mesure, installée au sein d'un îlot, le professeur doit présenter la problématique :</p> <p>Le post 1 doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rechercher des matériaux de remplacement recyclables et de procédés de la structure de l'équerre (CES Edupack®) • Choisir un matériau adapté respectant les critères définis par le cahier des charges et ayant d'avoir une élasticité suffisante en fonctionnement • Etude de dimensionnement d'une pièce de la Tourelle <p>Le poste 2 doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réaliser une analyse de structure avec un module de simulation mécanique (SolidWorks®, SimScale®) • En résistance : vérifier si la condition de résistance est respectée • Analyser les résultats de la simulation et conclure sur la validité de la résistance du composant étudié • Choix et recherche de matériaux et procédés de mise en œuvre d'un composant de la Tourelle <p>Les élèves des 2 postes doivent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comparer leurs résultats • Renseigner la fiche de formalisation des connaissances et des compétences abordées durant le TP 				
3. Résultats attendus		4. Critères et Indicateurs de réussite :		
<ul style="list-style-type: none"> - Rédaction d'une synthèse permettant de répondre à la problématique posée - Un support de communication - La fiche de formalisation complétée 		<ul style="list-style-type: none"> - La rigueur dans la démarche expérimentale. 		

Problématique :

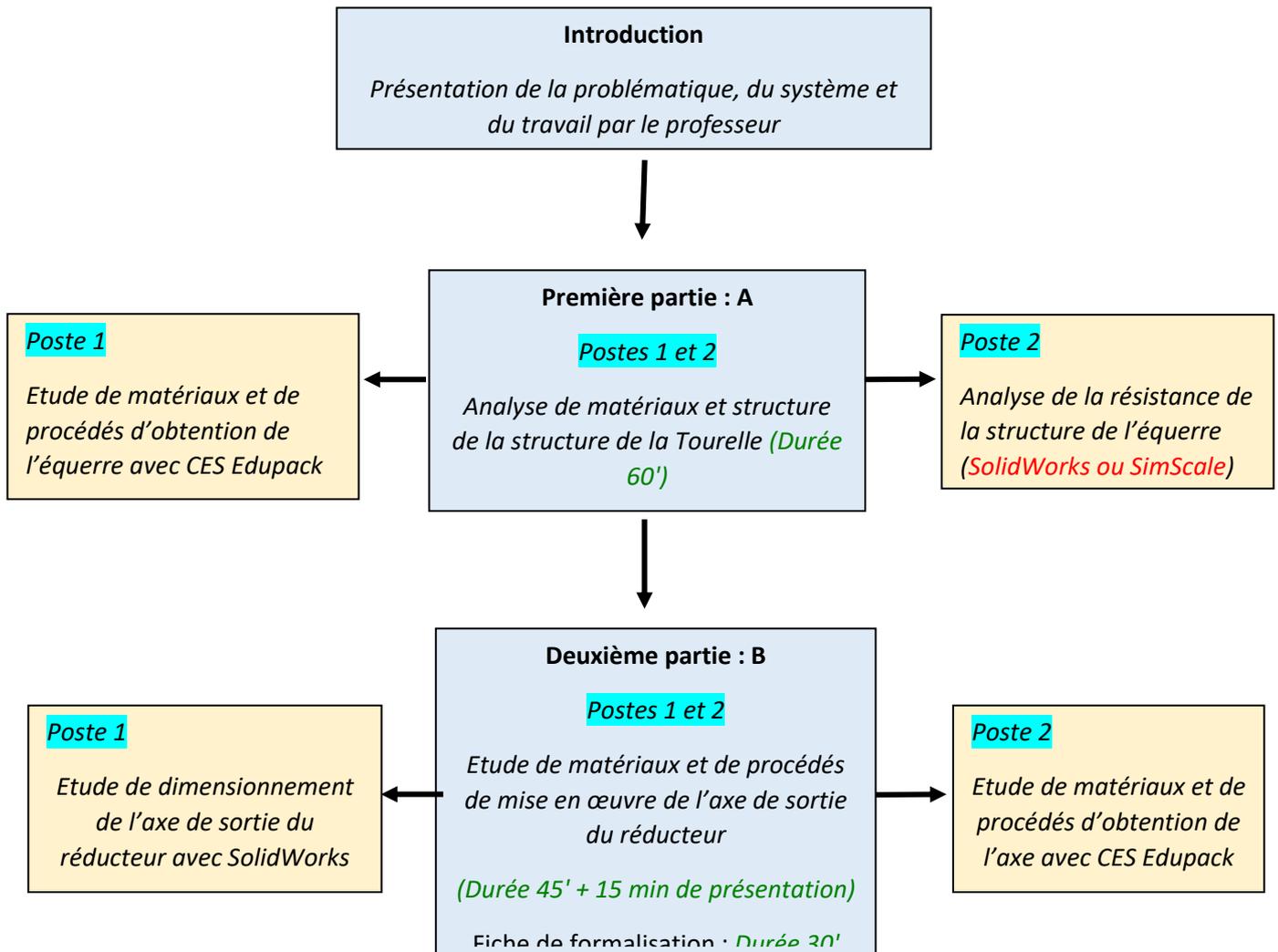
La Tourelle 2 axes est fabriquée en Asie. Après une commande, les vendeurs du produit en Europe attendent ainsi plusieurs semaines avant de réceptionner le produit ainsi que les pièces de rechange associées. Pour faire face à ce problème, les vendeurs souhaitent (1) étudier différents matériaux de remplacement plus accessibles sur le marché européen et pouvant s'accommoder à la structure du système, ainsi que (2) les différents procédés d'obtention des matériaux choisis. Le choix et la nature des matériaux et procédés de mise en forme doivent cependant s'inscrire dans une démarche de développement durable.

L'étude portera sur quatre activités :

- **Activité 1** : Choix d'un matériau de remplacement de la structure du système ayant le meilleur compromis sécurité-déformation, et qui permet d'avoir une élasticité suffisante en fonctionnement
- **Activité 2** : Vérification de la résistance mécanique de l'équerre en fonction des contraintes mécaniques définies
- **Activité 3** : Choix d'un matériau et procédé d'obtention de l'axe motoréducteur Pan/Tilt
- **Activité 4** : Vérification de la résistance mécanique des axes de sorties des motoréducteurs Pan/Tilt

Introduction : La description des activités pendant la séance.

En présence de la tourelle 2 axes installée sur un îlot avec 2 postes d'élèves et pour chaque poste un ordinateur avec la documentation technique, l'accès à internet, l'équipe travaillant sur l'îlot doit réaliser les activités suivantes :



Première partie A

Poste 1

Etude d'un matériau de substitution et choix d'un procédé d'obtention de l'équerre avec CES Edupack®

Objectif :

L'objectif de l'activité est d'étudier des matériaux de remplacement possibles de la structure de la Tourelle deux axes motorisée.

Cahier des charges fourni lors de la conception de la structure de l'équerre

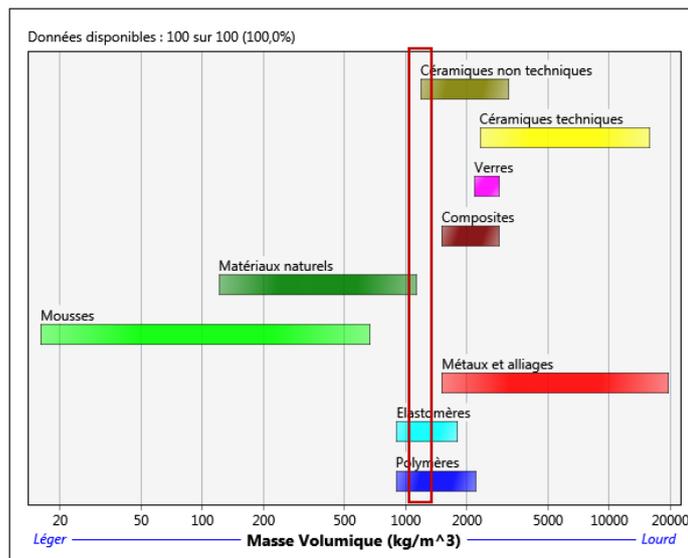
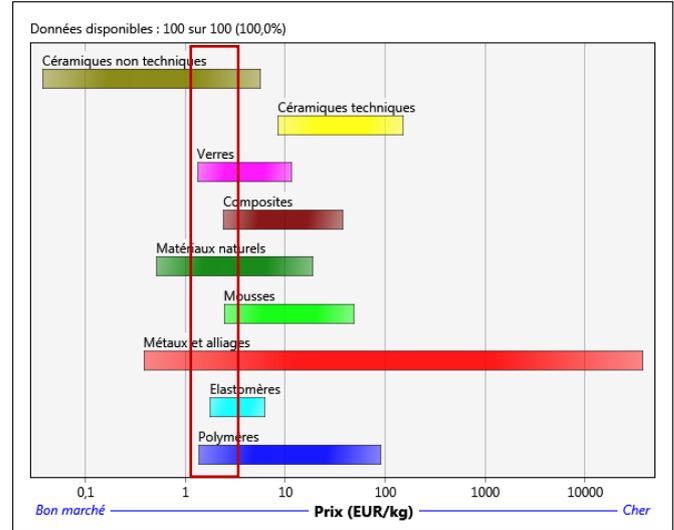
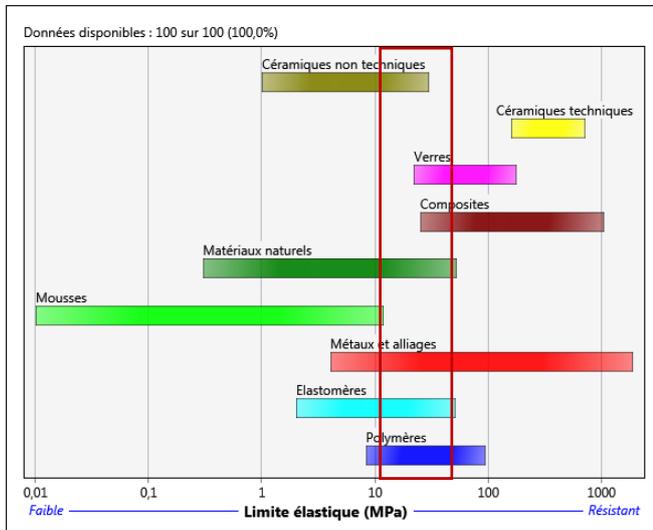
	Fonctions	Critères	Niveaux de critère	Flexibilité
FP1	Résister aux chargements statiques	Masse Smartphone jusqu'à 350 g	Limite élastique mini : 60 Mpa	F1
FP2	Résister aux chargements dynamiques		Ω entre 2-6 trs/min	F0
FP3	Se fixer facilement sur le se Pan	Dimensions du support Pan		F2
FP4	Répondre à des critères esthétiques et ergonomiques	Etat de surface correct	Lisse	F3

Signification des classes de flexibilité : F0 : impératif. F1 : peu négociable. F2 : négociable. F3 : très négociable

Les critères à prendre en compte sont les suivants :

- Le prix : faible, mais le meilleur rapport qualité / prix possible : **Prix maxi : 3 €/kg.**
- La résistance limite élastique : cette pièce doit pouvoir résister aux efforts de flexion et doit donc avoir une résistance en flexion suffisante : valeur Remini : **60 MPa.**
- La dureté : suffisamment importante pour résister à l'usure par frottement (**valeur mini 15 HV**).
- La température d'utilisation doit être comprise entre : **TMaxi = 50°C.**
- Dans un souci de respect de l'environnement, le matériau doit être **recyclable, réutilisable, et biodégradable**

QA-1 Dans un premier temps, et en vous appuyant sur les graphiques suivants, encadrer les plages des matériaux qui peuvent répondre à la problématique : sachant que la limite élastique minimale des matériaux doit être de **50 MPa** et que le prix du matériau doit être faible avec un meilleur rapport qualité / prix possible ($\leq 3 \text{ €/kg}$), une masse volumique entre **1000 kg/m³** et **1090 kg/m³**.



Données obtenues avec CES Edupack 2016

Matériaux	Limite élastique	Prix	Masse volumique	Adapté (Oui/Non)
Polymères				
Elastomères		Rapport qualité prix intéressant		
Métaux et alliages	Trop rigide			
Mousses			Elevée	Non
Matériaux naturels				
Composites	Très élastique			
Verres		Trop cher		
Céramiques techniques	Elevée			
Céramiques non techniques				

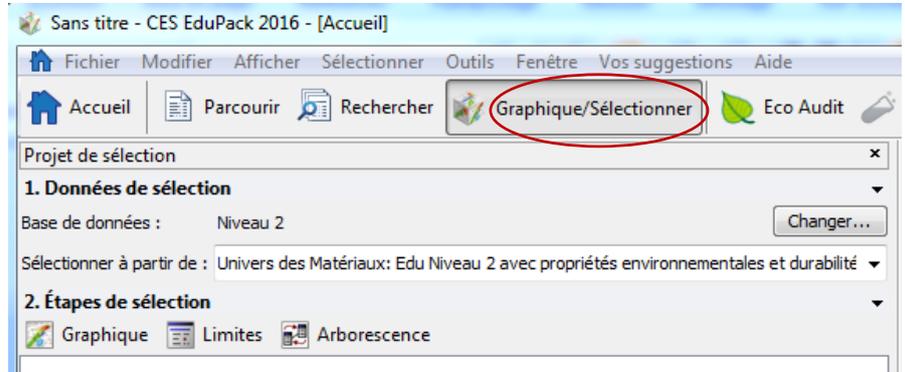
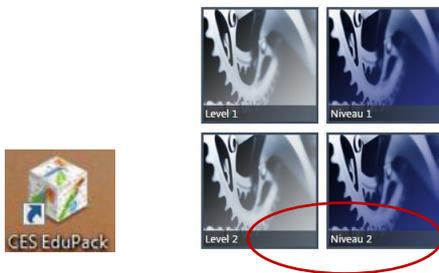
On propose de mener cette étude avec le logiciel CES Edupack®

Analyse avec le logiciel CES Edupack.

Démarche proposée

Ouvrir le logiciel CES Edupack®, choisir le « Niveau 2 »,

Introduction



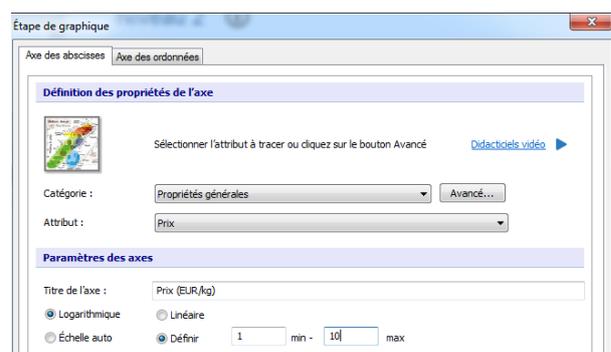
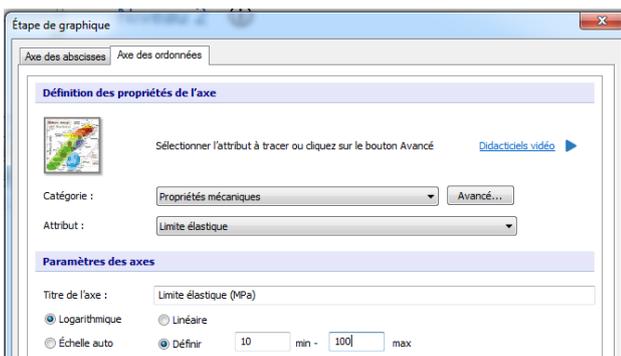
Régler les axes en tenant compte des informations suivantes

Axe des abscisses :

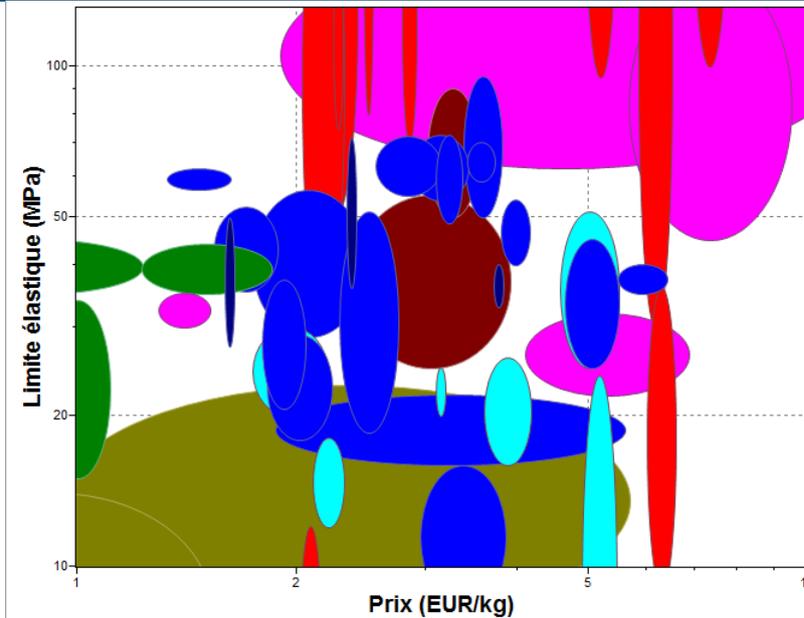
- Catégorie : **Propriétés générales**
- Attribut : **Prix**
- Paramètres des axes : Définir un intervalle du prix entre **1 et 10**

Axe des ordonnées :

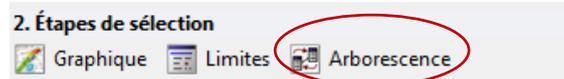
- Catégorie : **Propriétés mécaniques**
- Attribut : **Limite élastique**
- Paramètres des axes : Définir un intervalle de la résistance élastique entre **10 et 130 MPa**



Valider pour afficher le graphique des matériaux



On obtient un graphe avec plusieurs matériaux, il va falloir en éliminer. Pour cela, il faut réaliser un tri des matériaux avec l'outil « *Arborescence* » (parfois nommé « Tree »)



Les vendeurs du produit souhaitent un matériau de remplacement de type « *Polymères et élastomères* » du fait des caractéristiques thermomécaniques, des propriétés environnementaux et de la dureté.

Choix du type de matériaux : « *Polymères et élastomères* »

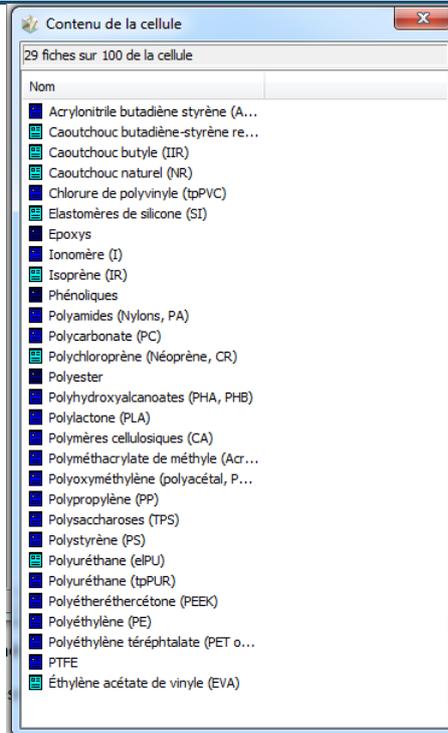
Sélectionner le matériau et l'insérer dans la fiche et valider la sélection.

QA-2 Combien reste-t-il de matériaux ?



Afficher la fiche des matériaux et identifier 3 matériaux qui vous semblent incompatibles pour remplacer le matériau de la structure de la Tourelle : _____

Matériaux	Caractéristiques particulières



Pour réduire la sélection, il faut imposer des limites aux choix des matériaux (outil « **Limites** »)



Sélectionner l’outil « **Limites** ») et régler les paramètres suivants :

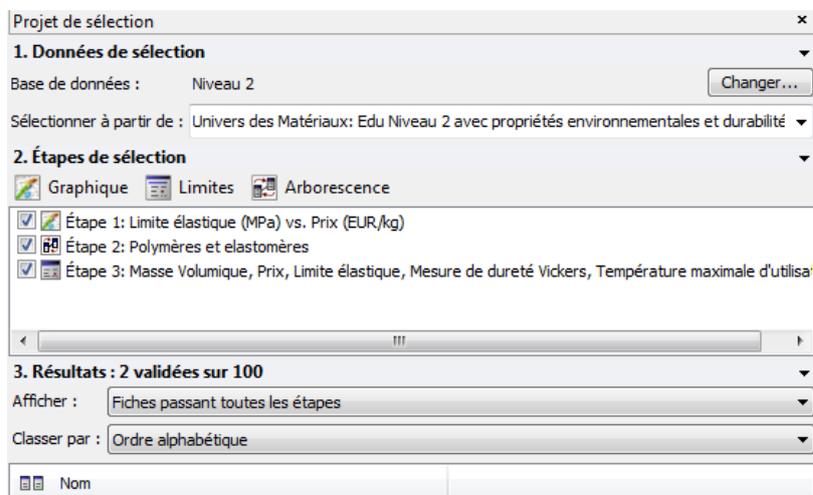
Masse volumique : entre **1080 et 2000 kg/m³**

Prix : entre **1 et 3 Euro/kg max**

Limite élastique mini : **60 MPa**

La dureté Vickers : pour résister à l'usure par frottement (**valeur mini 15 HV**).

Température max d'utilisation : **50°C**



QA-3 Combien de matériaux reste-t-il ?

QA-4 Lesquels ?

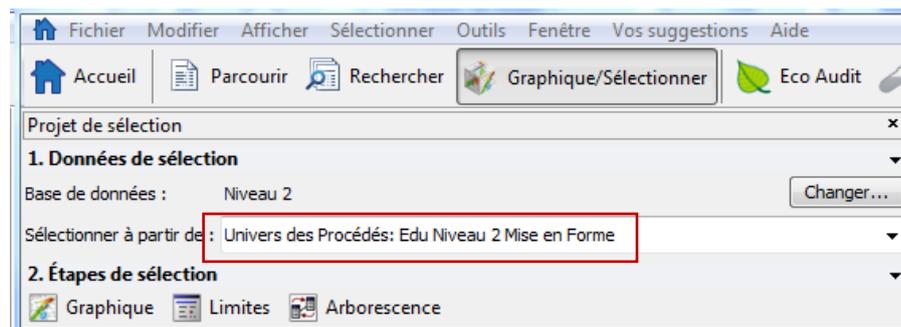
QA-5 Quel matériau choisir ? Pourquoi ? Pour répondre vous pourrez vous imposer des contraintes de recyclabilité, de réutilisabilité et de biodégradabilité (cf. onglet « **Recyclage du matériau** »)

▼ Recyclage du matériau: énergie, CO2 et fraction recyclée			
Recyclable	<input checked="" type="checkbox"/>		
Energie grise, recyclage	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MJ/kg
Empreinte CO2, recyclage	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kg/kg
Fraction recyclée dans les fournitures courantes	<input type="text"/>	<input type="text"/>	%
Réutilisable	<input checked="" type="checkbox"/>		
Incinerabilité	<input type="checkbox"/>		
Chaleur de combustion nette	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MJ/kg
CO2 pour la combustion	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kg/kg
Traitement en décharge	<input type="checkbox"/>		
Biodégradable	<input checked="" type="checkbox"/>		
Classement toxicologique			
Ressource renouvelable?	<input checked="" type="checkbox"/>		

Nous sommes au terme de l'analyse du type de matériau de remplacement. En suivant la même procédure sur CES Edupack, mais cette fois dans l'**Univers des procédés**, identifier le meilleur **procédé de mise en forme (fabrication)** le plus adapté pour fabriquer la pièce de remplacement.

Dans **CES Edupack** et dans **Graphique/Sélectionner**, choisir « **Univers des procédés : Mise en forme** »

Effacer votre première étude



Sur les axes X et Y, régler les paramètres suivants :

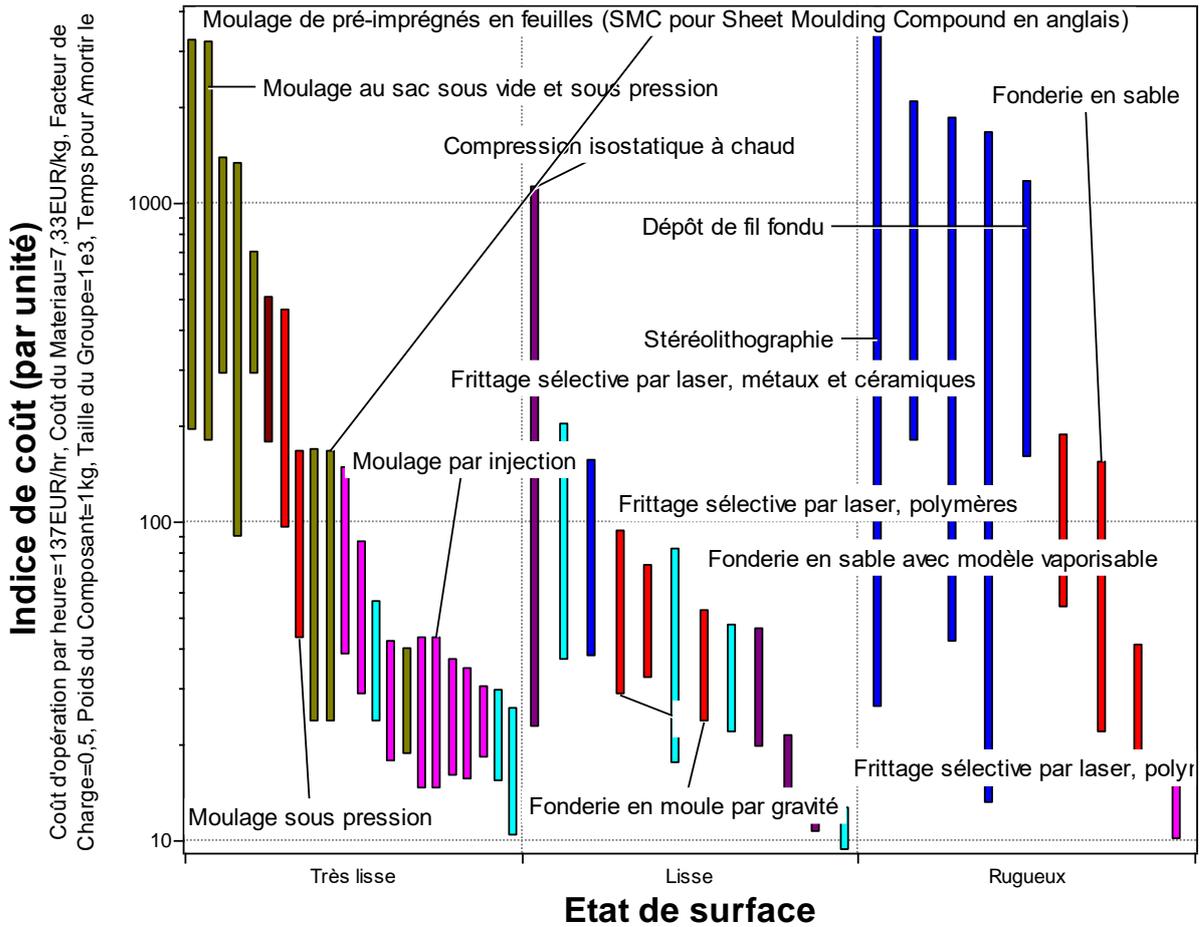
Axe des abscisses (X) :

- Catégorie : **Attributs physiques et de qualité**
- Attribut : **Etat de surface**

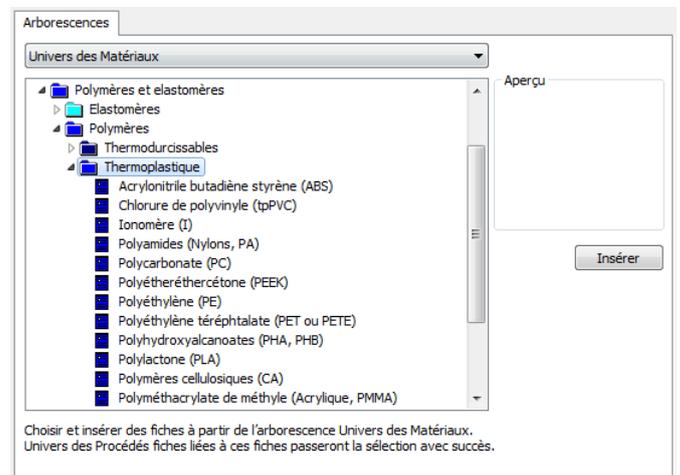
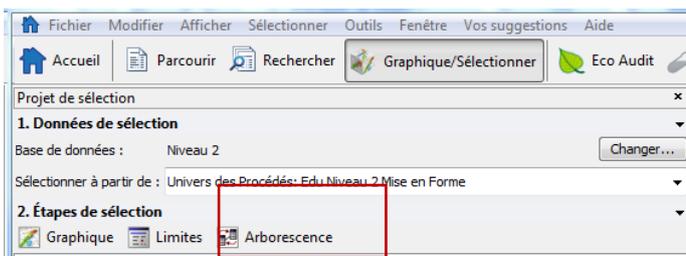
Axe des ordonnées (Y) :

- Catégorie : **Modélisation du coût**
- Attribut : **Indice de coût (par unité)**

Valider pour obtenir le graphique suivant. Il faut



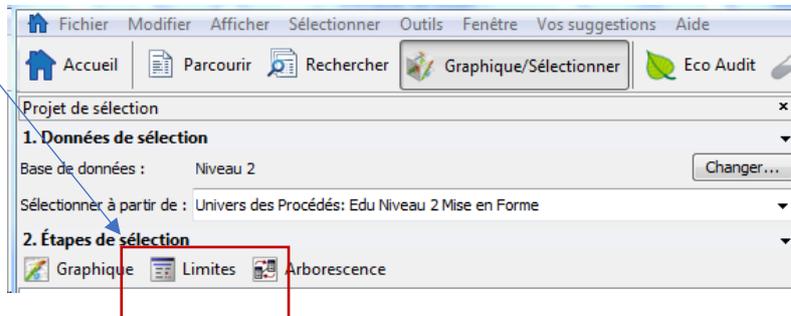
Effectuer un tri dans « **Arborescence** ». Choisir le matériau PLA dans « Univers des matériaux » de façon à lier la recherche du procédé de mise en forme à ce matériau. Noter que le PLA appartient à la famille des thermoplastiques



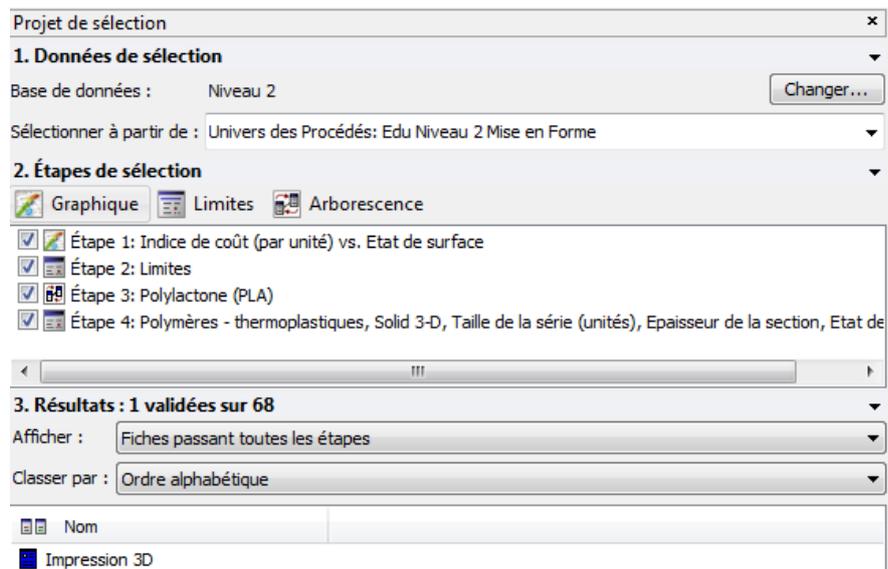
QA-6 Combien reste-t-il de procédés ? _____

QA-7 Lesquels : _____

Imposer des **limites** pour affiner la sélection :



- Le PLA est dans la familles des **Polymères Thermoplastiques**
- **Solide 3-D**
- Taille de la série : **maximum 1000 unités**
- Epaisseur de sections à réaliser : **entre 1 et 5 mm**
- Etat de surface : **Lisse**



QA-8 Combien de procédé (s) de mise en forme reste-t-il ? _____

QA-9 Lequel ? _____

QA-10 Justifier sa pertinence : _____

QA-11 En vue de présenter vos travaux, rédiger un document de synthèse (MindView ou PowerPoint) de vos résultats en réponse au problème posé

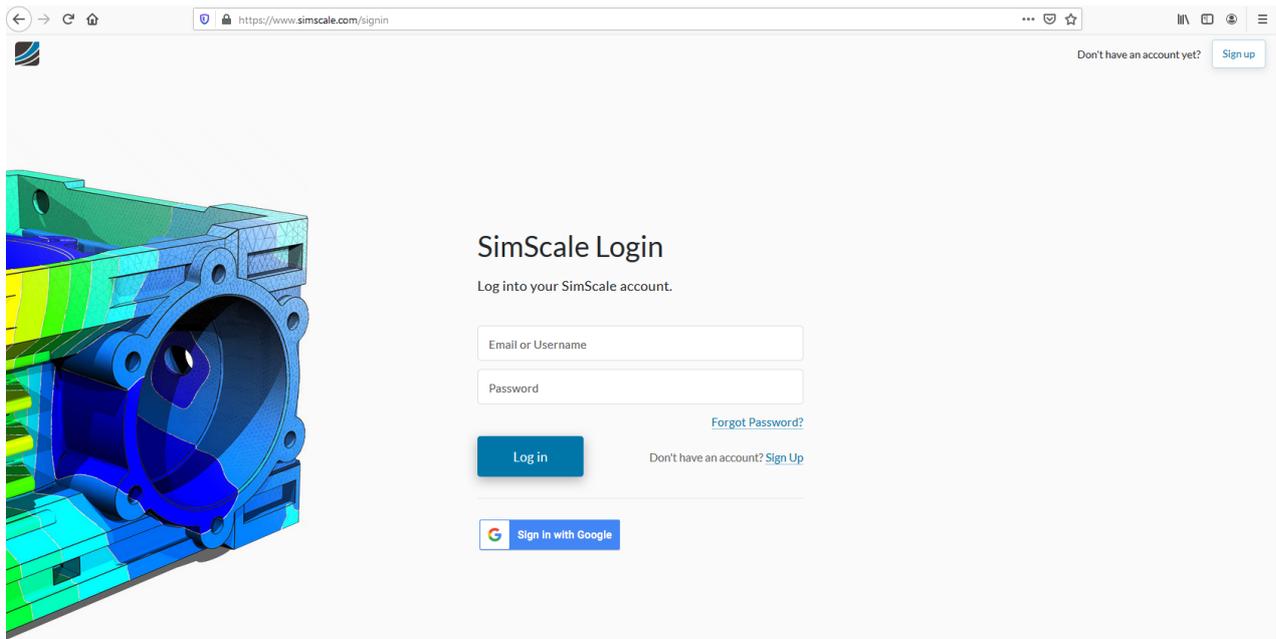
Rendre vos productions au Professeur Et Compléter la fiche de formalisation des connaissances et des compétences

Première partie B

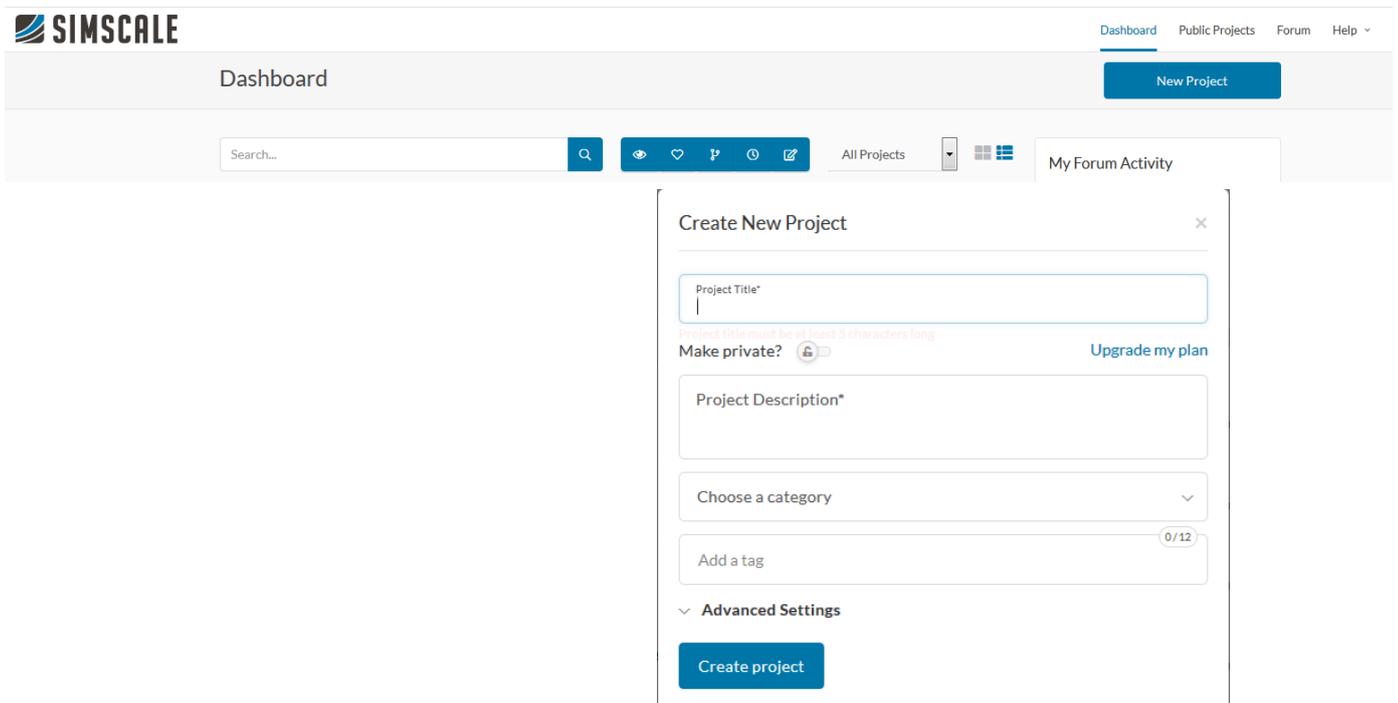
Poste 2

Réalisation d'une analyse de structure de l'équerre simplifié de la Tourelle 2 axes

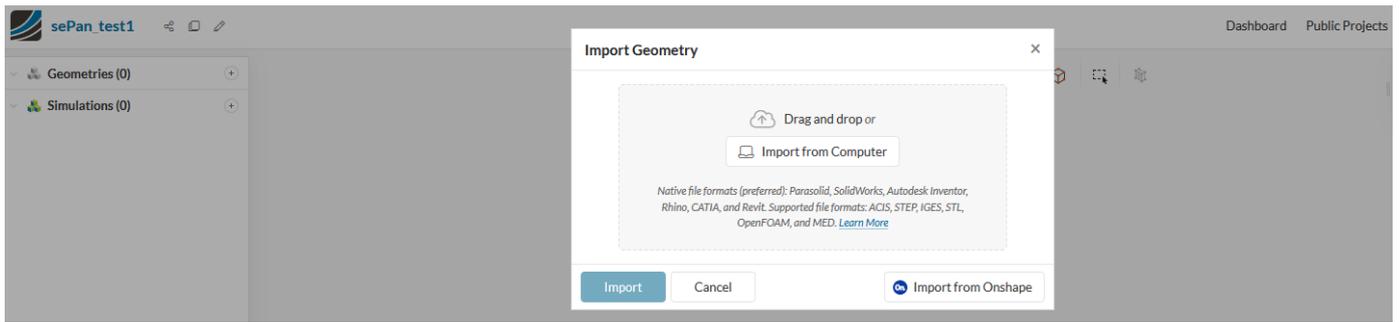
Création d'un compte **SimScale**® (gratuit pour les enseignants et les élèves) sur <https://www.simscale.com/signup/>



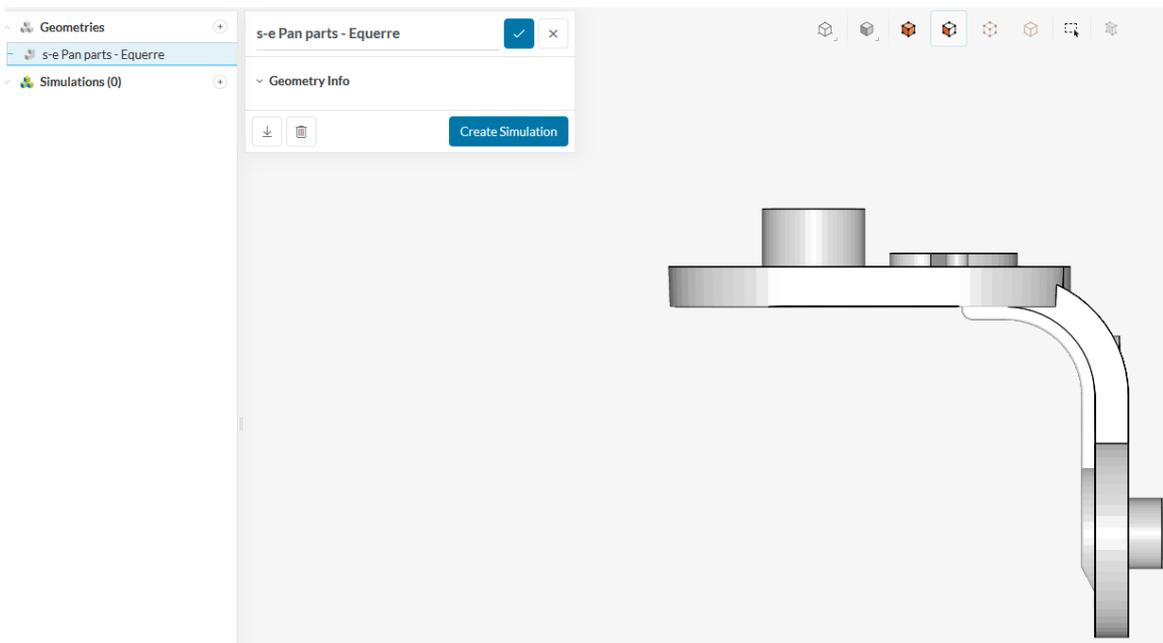
Accès au **tableau de bord** et création d'un nouveau projet de simulation de structure « **Equerre** »



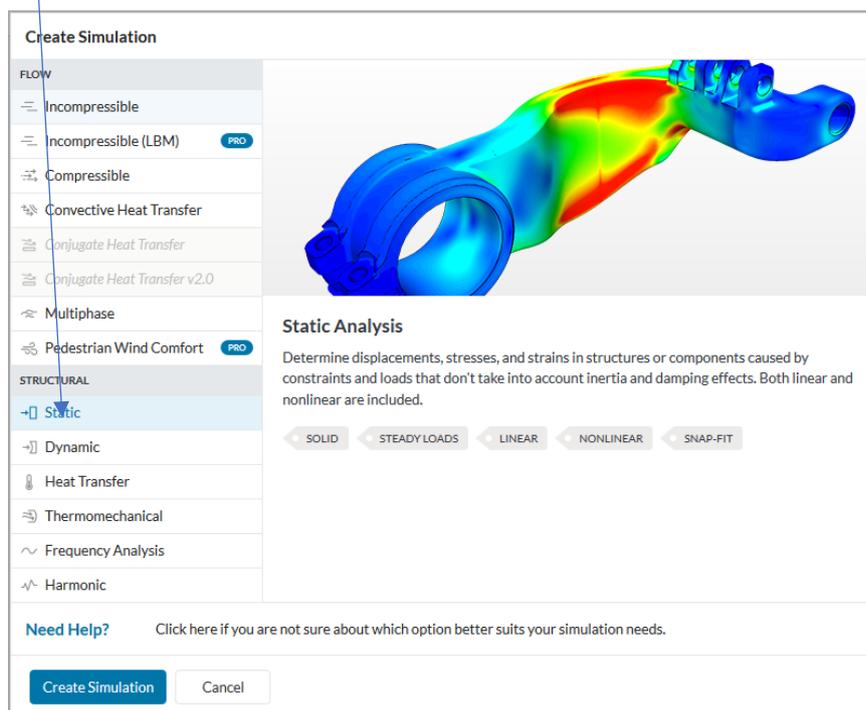
Importer le **modèle 3D de l'équerre** sur votre ordinateur (« *import from Computer* », sélectionner le modèle à partir du dossier de l'activité)



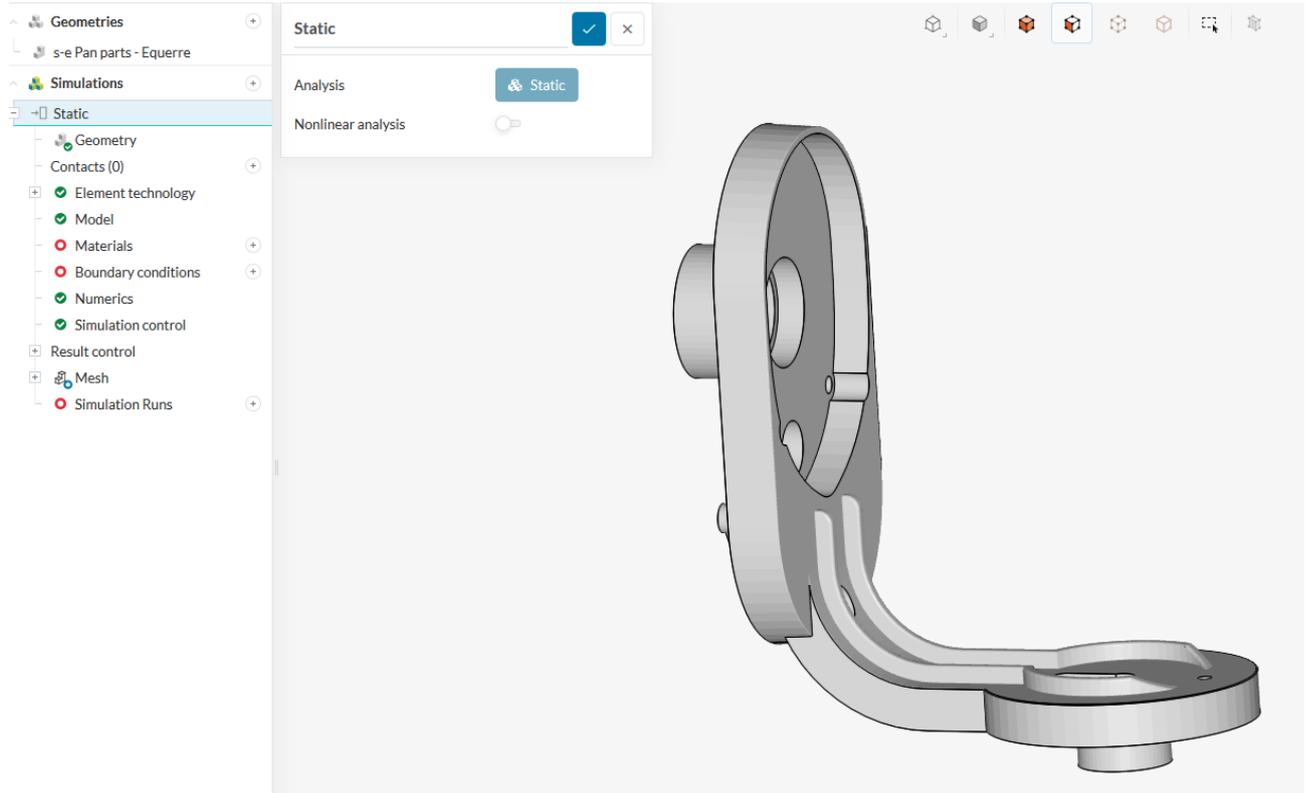
Vous pouvez le renommer l'analyse « *s-e Pan Equerre* » ou simplement « *Equerre* »



Choisir une analyse « **Static** » et valider votre choix en cliquant sur « **Create Simulation** »

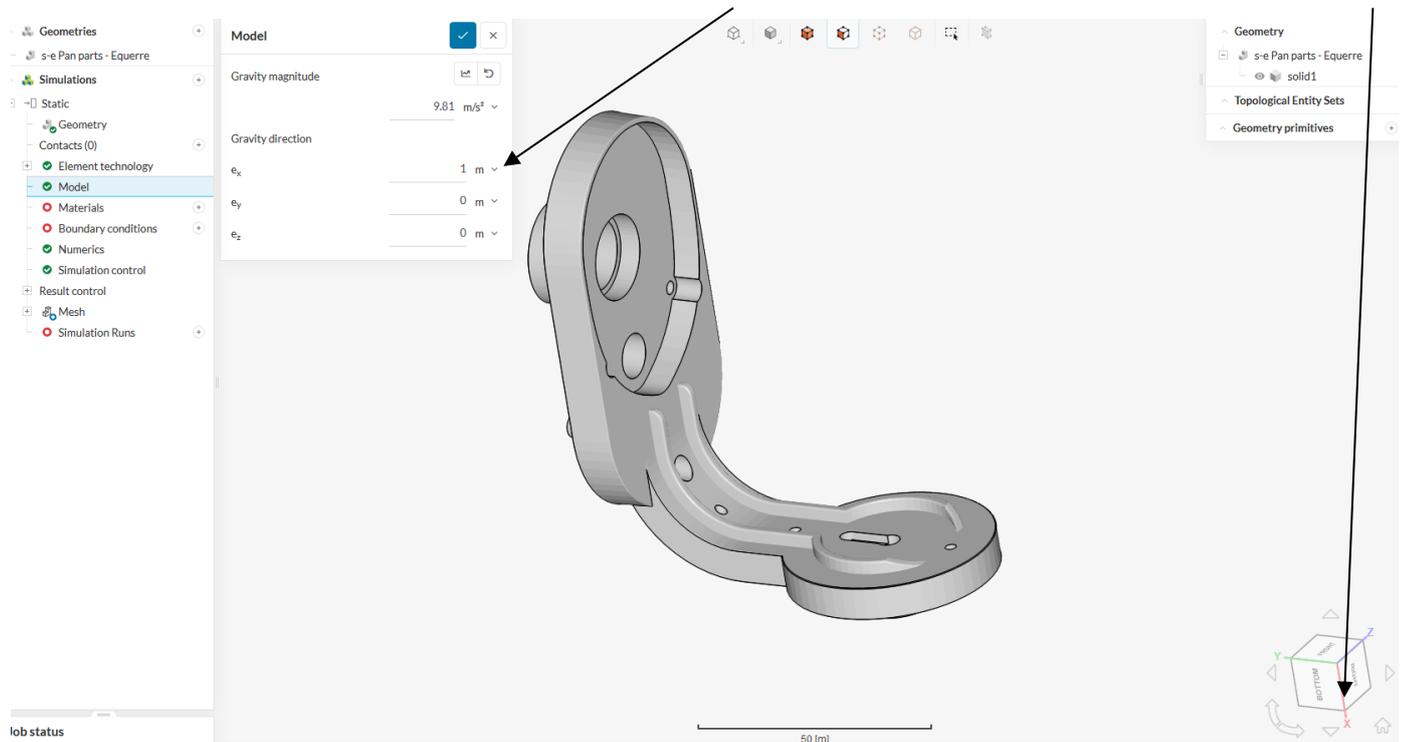


Valider l'analyse « **Static** » pour commencer le réglage des paramètres de la simulation

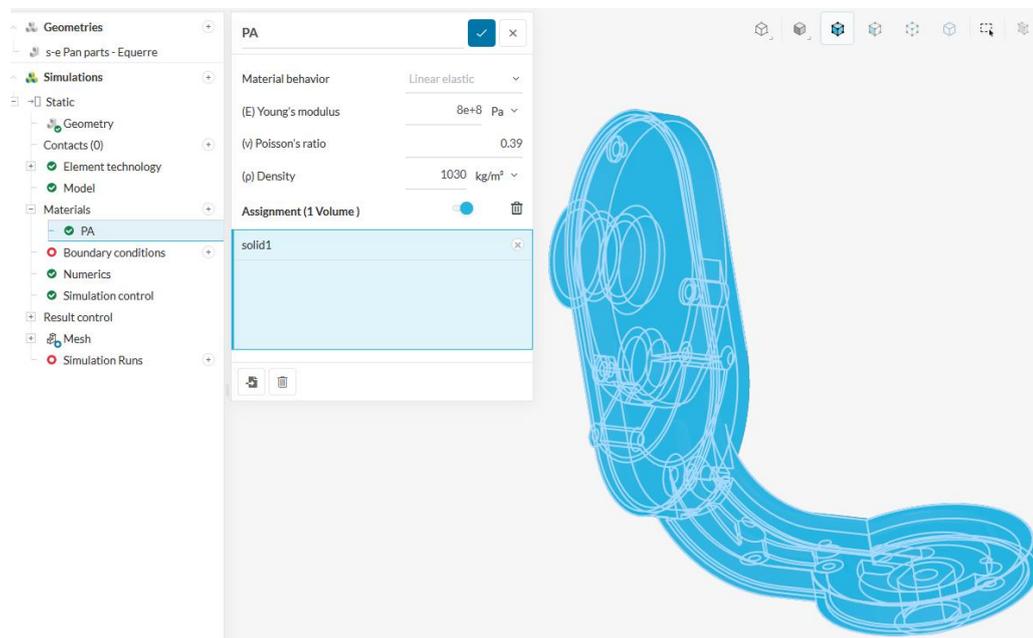
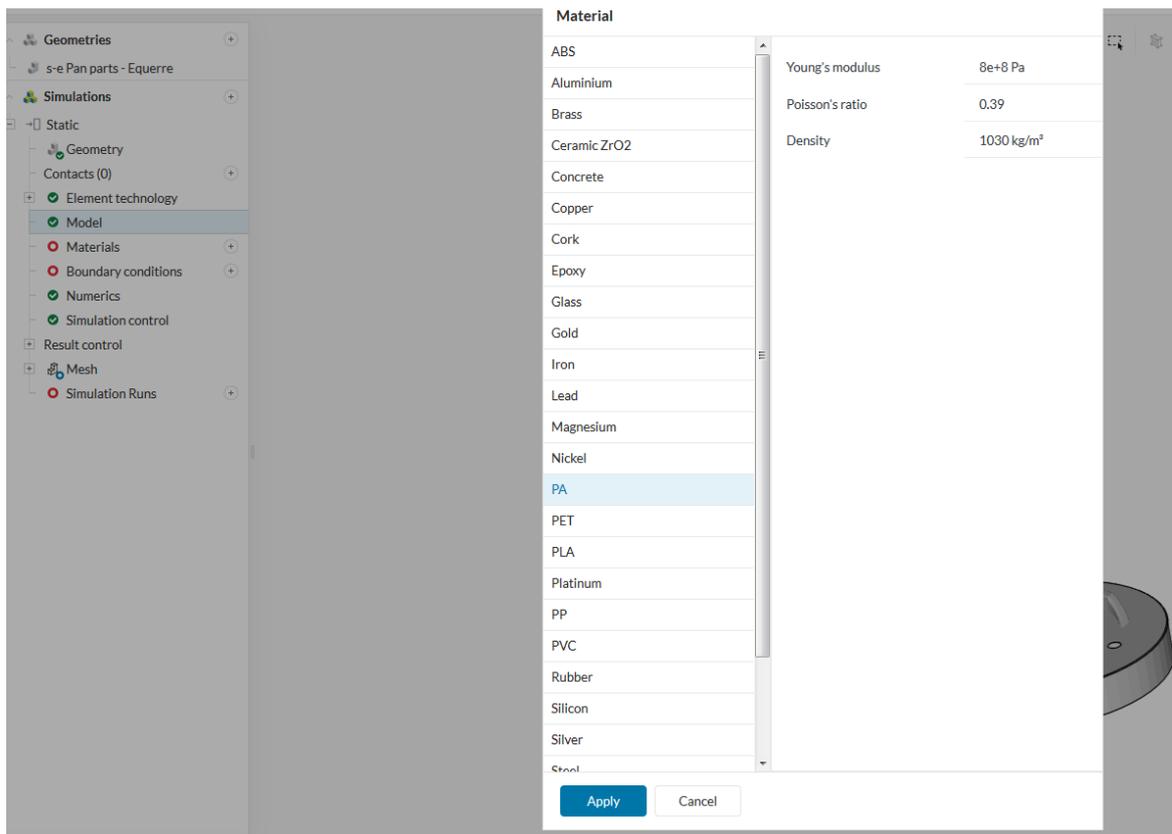


Sélectionner « **Model** » pour modèle pour paramétrer la valeur et l'intensité de l'accélération gravitationnelle. Ne pas négliger cette étape car la valeur et le sens de g peut impacter les résultats de la simulation.

Régler le sens de g au regard de l'orientation des axes du modèle ; Dans ce cas-ci g est dirigé dans le sens + de X

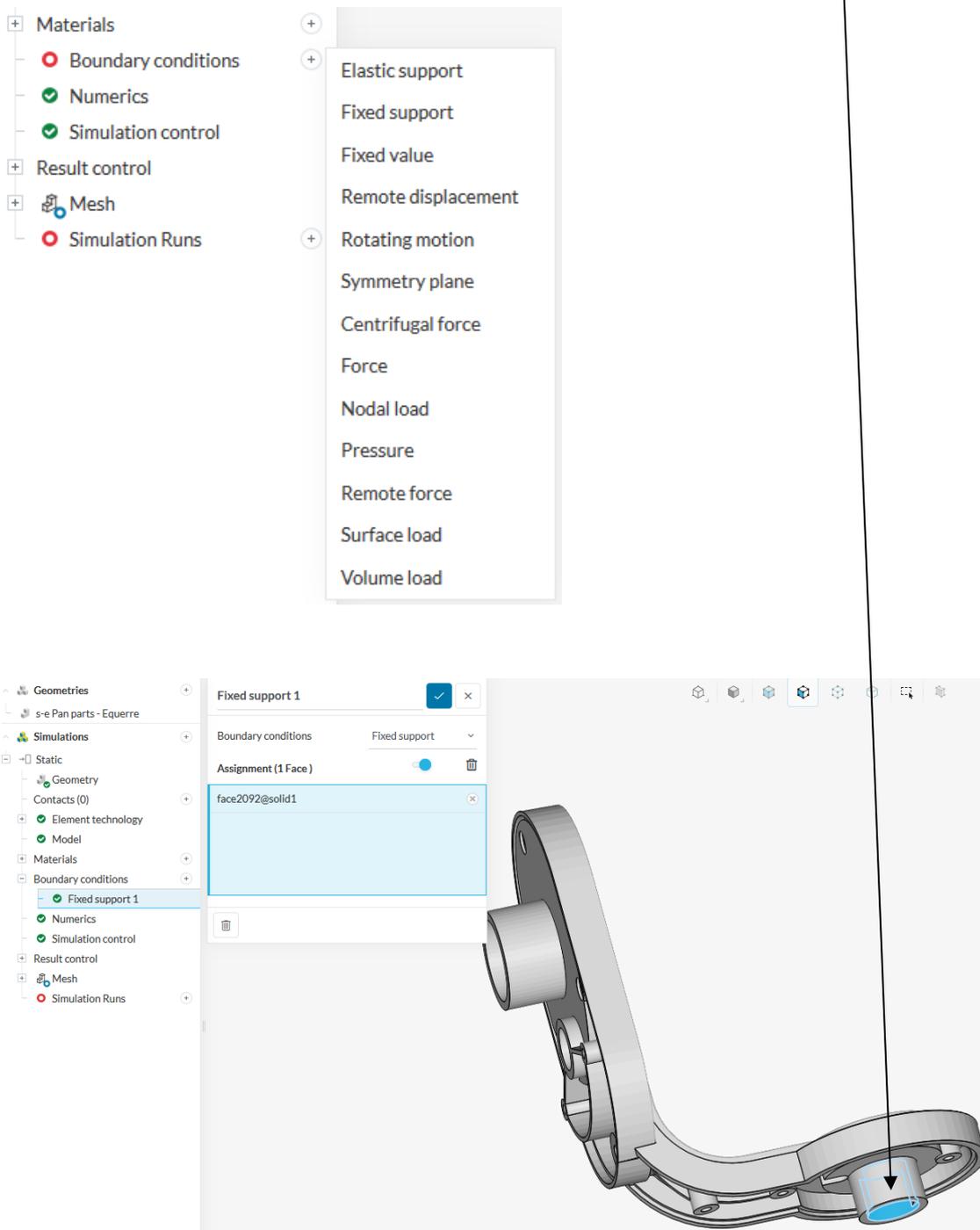


Régler le matériau de l'équerre. Nous choisissons ici un matériau de type **Polyamide (PA)** avec un **module de E de $8e8$ Pa** soit **800 Mpa**, un **coefficient de poisson de 0.39** et une **masse volumique de 1030 kg/m³**.

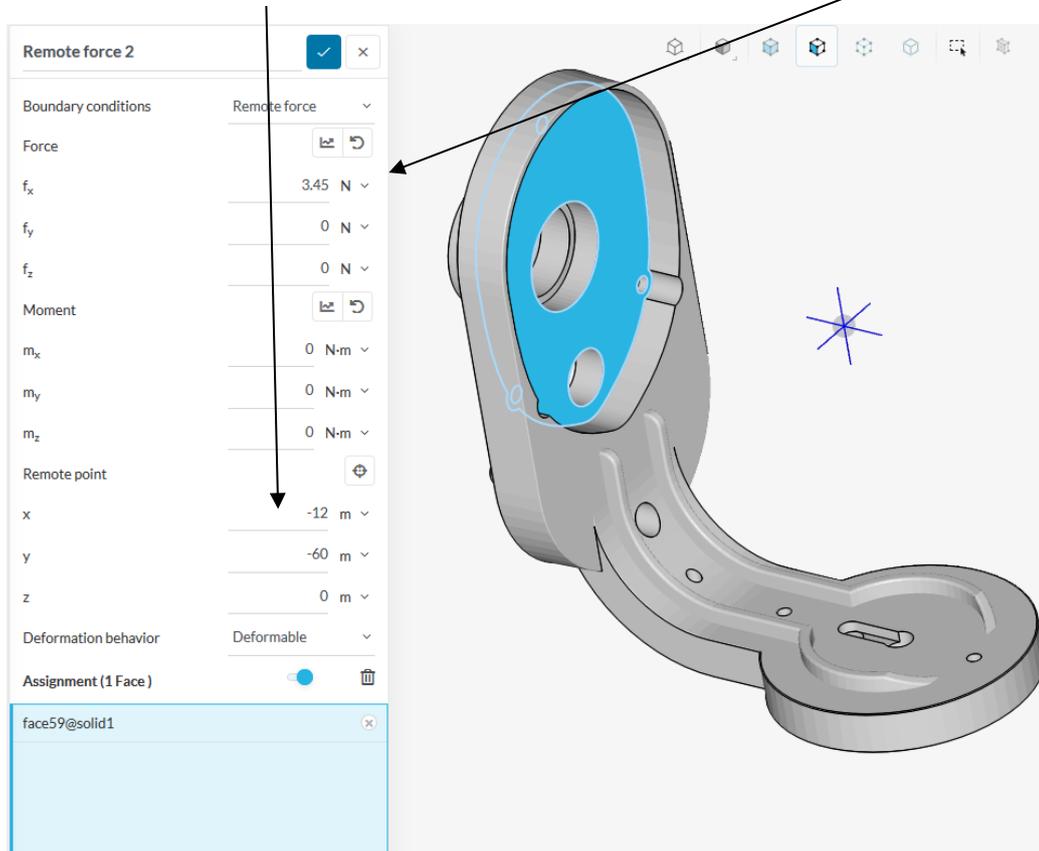


Ajouter les conditions de déplacements et les efforts dans « **Boundary conditions** »

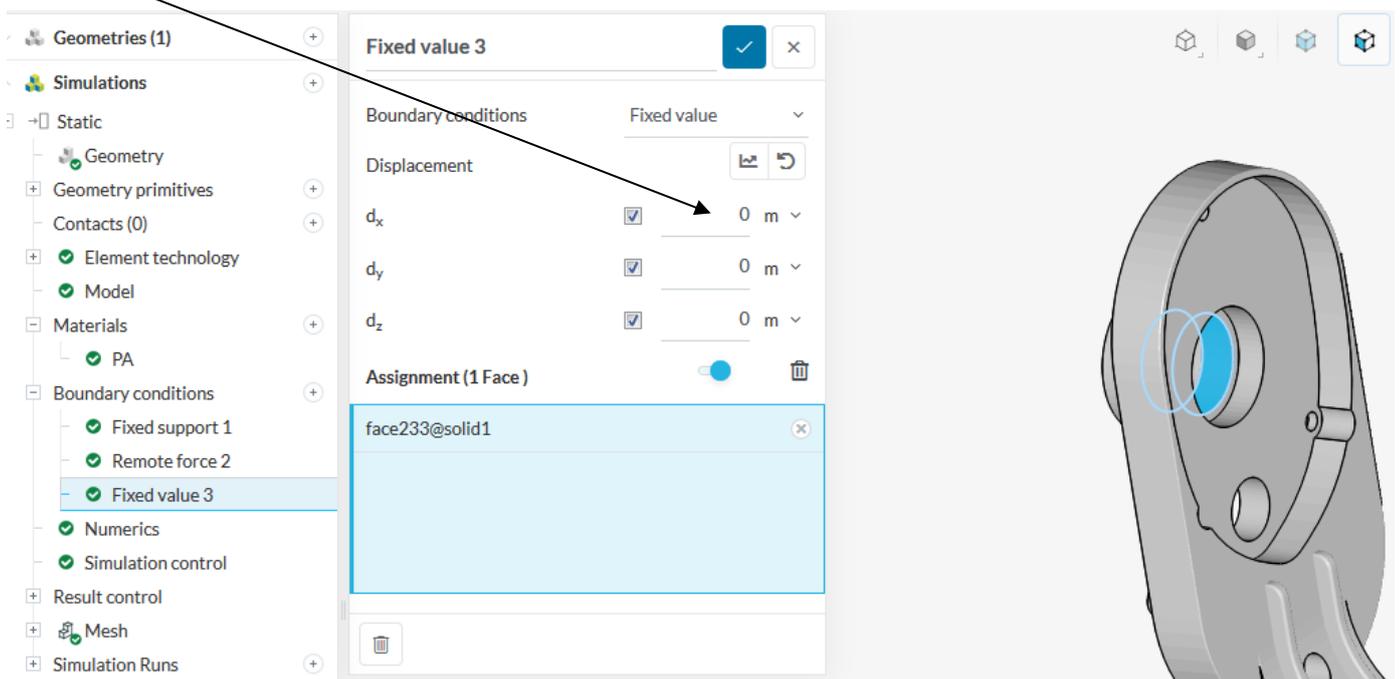
1. Ajouter d'abord une fixation de l'équerre à « **Fixed support** » qui équivaut à « *déplacement imposé* » dans SolidWorks®
2. Sélection la surface intérieure ou extérieure comm montré sur la figure, et valider



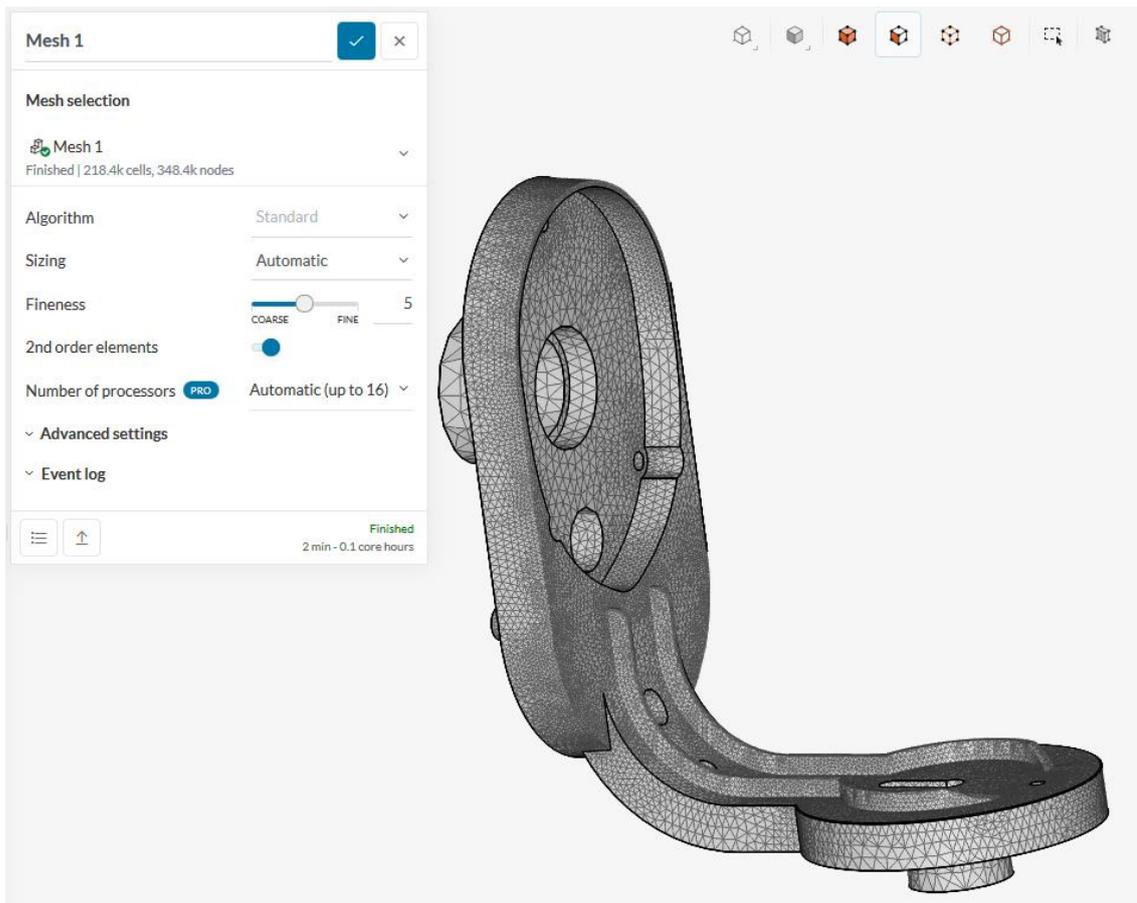
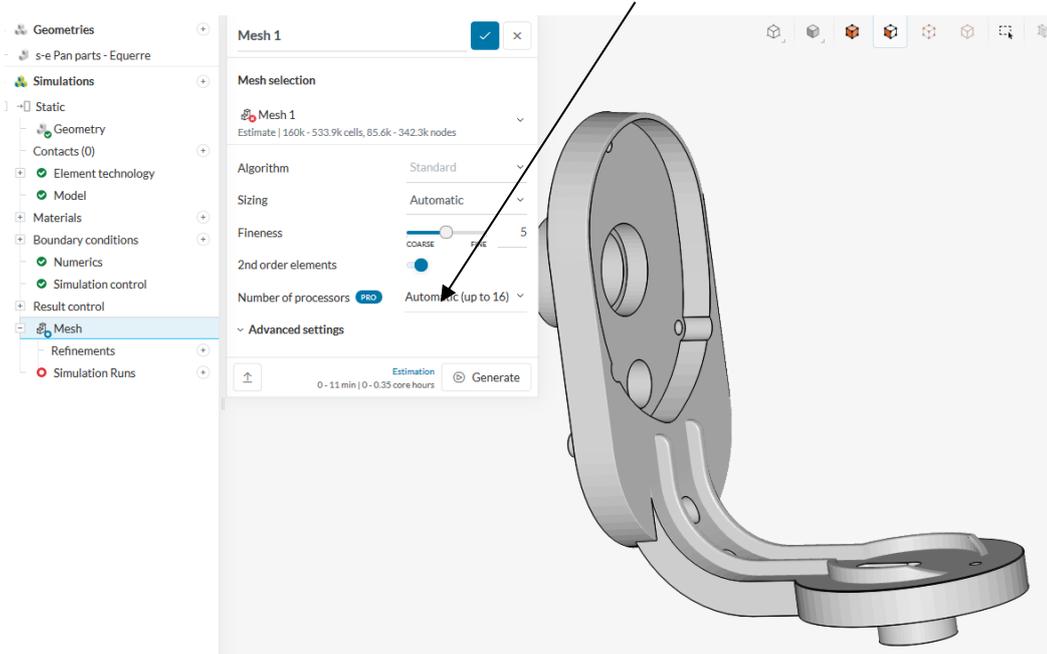
Ajouter les chargements de type « **Remote force** » dû à la masse portance du sous-ensemble TILT et du smartphone. La masse totale du Tilt (**118.55 g**) et du smartphone (*iPhone 11 Pro Max*) (**226 g**) est estimée à **344.55 g**. Sans le smartphone, le centre de masse du {se Tilt} ne se situe sur l'axe de rotation du {se Pan}. Ainsi, on suppose qu'avec la masse du smartphone les coordonnées du centre de masse du se {Tilt + smartphone}, défini à partir de la face sélectionnée, peuvent être **(-12; -60; 0)**. Valider



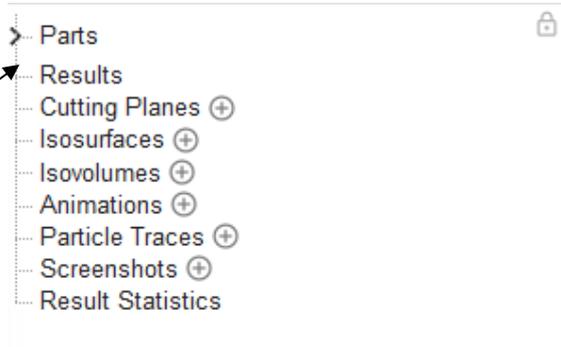
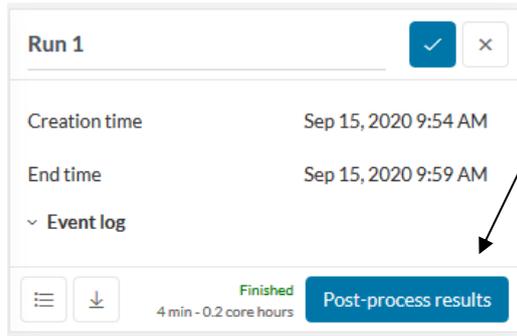
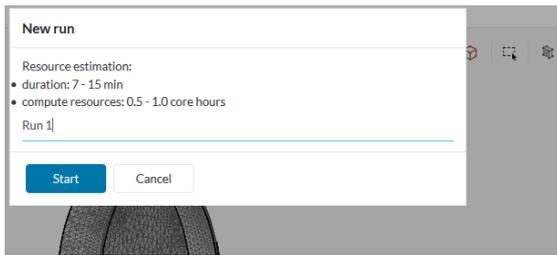
Ajouter un chargements de type contact par roulements (« **Fixed value** »), les valeurs du déplacements sont fixées à zéro.



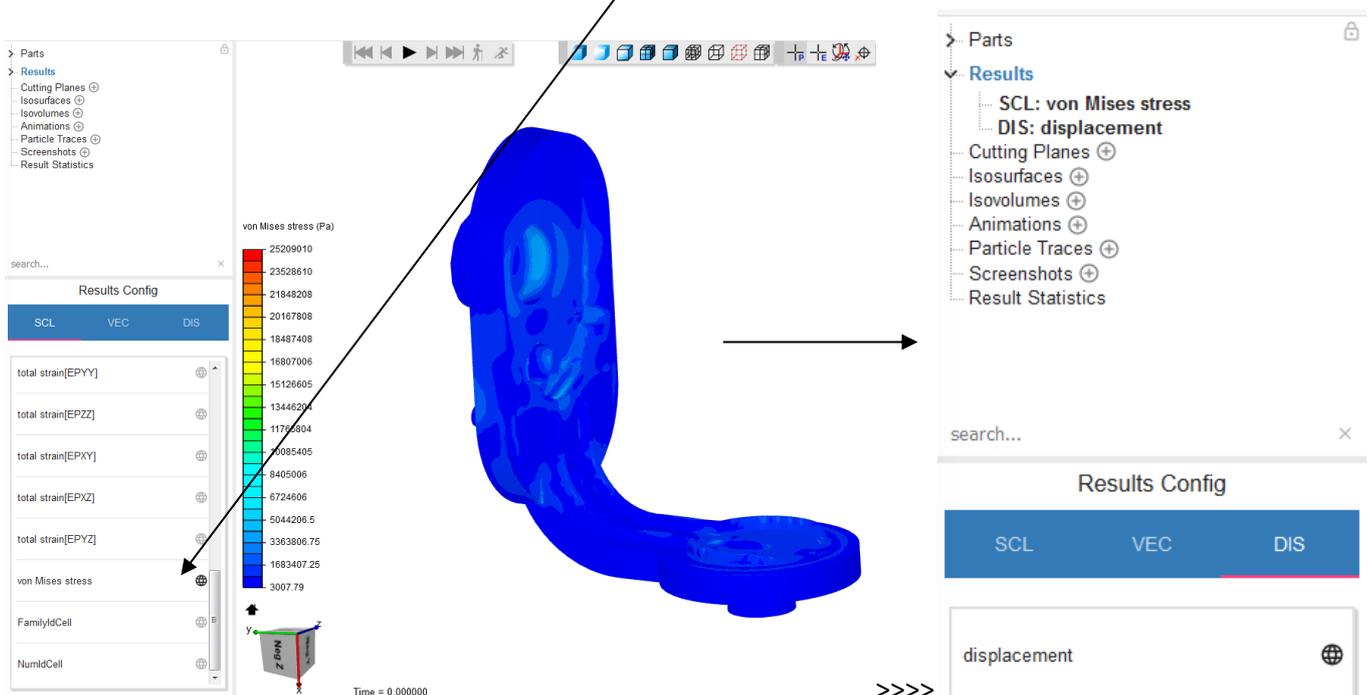
Créer le modèle par maillage, n'oubliez pas de sélectionner « **2nd order elements** » pour accélérer l'analyse



Lancer l'analyse. Une fois l'analyse terminée comme ci-dessous, cliquer sur « **Post-process results** » pour visualiser les résultats de la simulation



Dans « **Results** », sélectionner les contraintes de von Mises « **von Mises stresses** » pour afficher le graphique des contraintes qui s'affichera dans « **Results** »



Sélectionner « **SCL : von Mises stresses** » pour modifier les paramètres d’affichage (« **Continuous legend** »)

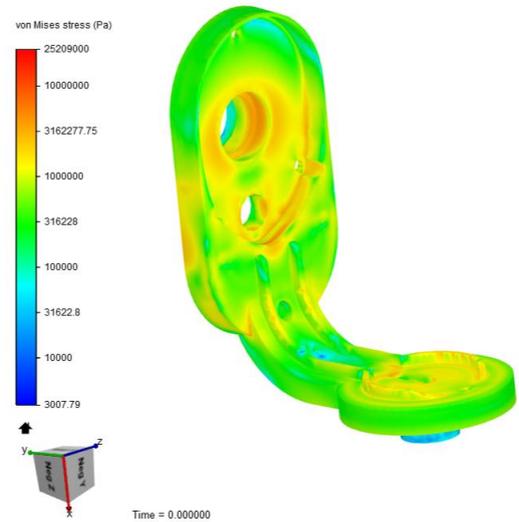
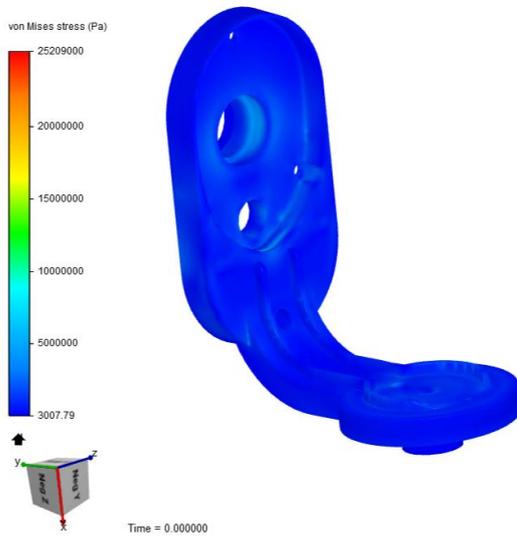
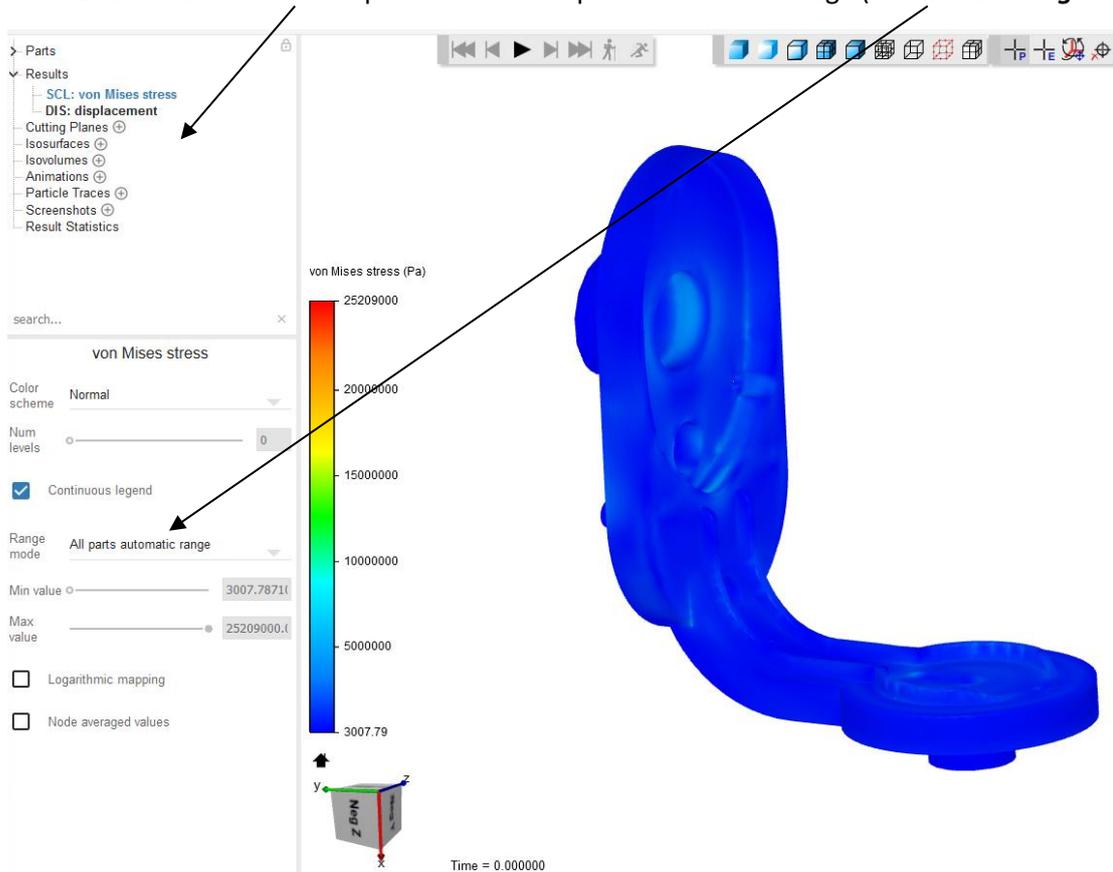
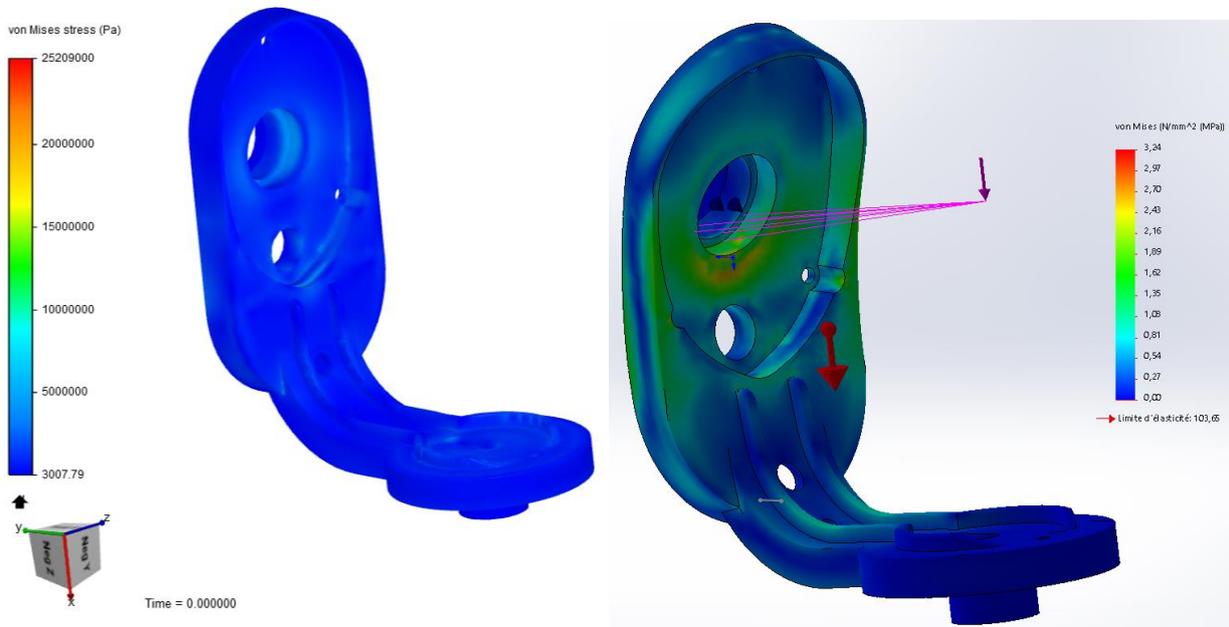


Diagramme des contraintes avec la légende en mode « **Continuous legend** » et/ou « **Logarithmic mapping** »

- Contrainte maxi obtenue : _____
- La résistance à la **limite élastique du polyamide (PA)** se situe entre **50-94.8 Mpa** d’après CES Edupack

QB-1 Que pouvons-nous en conclure : _____

QB-2 Comparer vos résultats avec ceux obtenus avec **SolidWorks®** et expliquer les différences : _____



Comparaison des résultats de la simulation sur SimScale® (gauche) et SolidWorks® (droite)

Applications	Limite élastique Re	Contraintes max
SOLIDWORKS	[50-94.8 MPa]
SIMSCALE	103.65 MPa

QB-3 En vue de présenter vos travaux, rédiger un document de synthèse de vos résultats en réponse au problème posé et conclure quant à la résistance de la structure de la Tourelle.

Rendre vos productions au Professeur

Et compléter la fiche de formalisation des connaissances et des compétences

Deuxième partie A

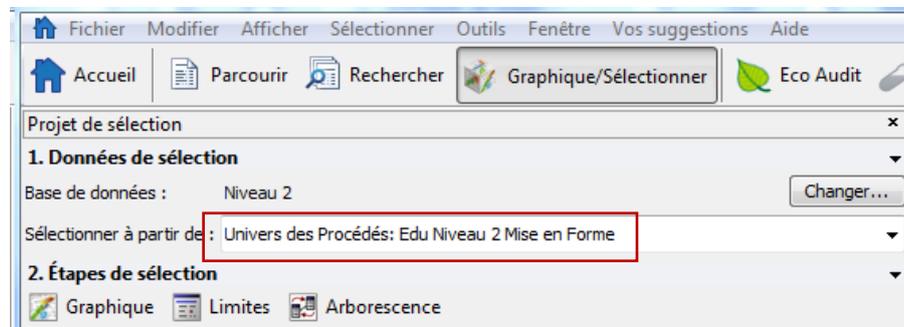
Poste 1

Activité 3 : Choix d'un matériau et procédé d'obtention de l'axe motoréducteur Pan/Tilt

L'objectif est de choisir un procédé d'obtention en relation avec le matériau de l'axe de sortie du motoréducteur.

Ouvrir **CES Edupack (Niveau 2)** et dans **Graphique/Sélectionner**, choisir « **Univers des procédés : Mise en forme** »

Ouvrir une nouvelle étude



Sur les axes X et Y, régler les paramètres suivants :

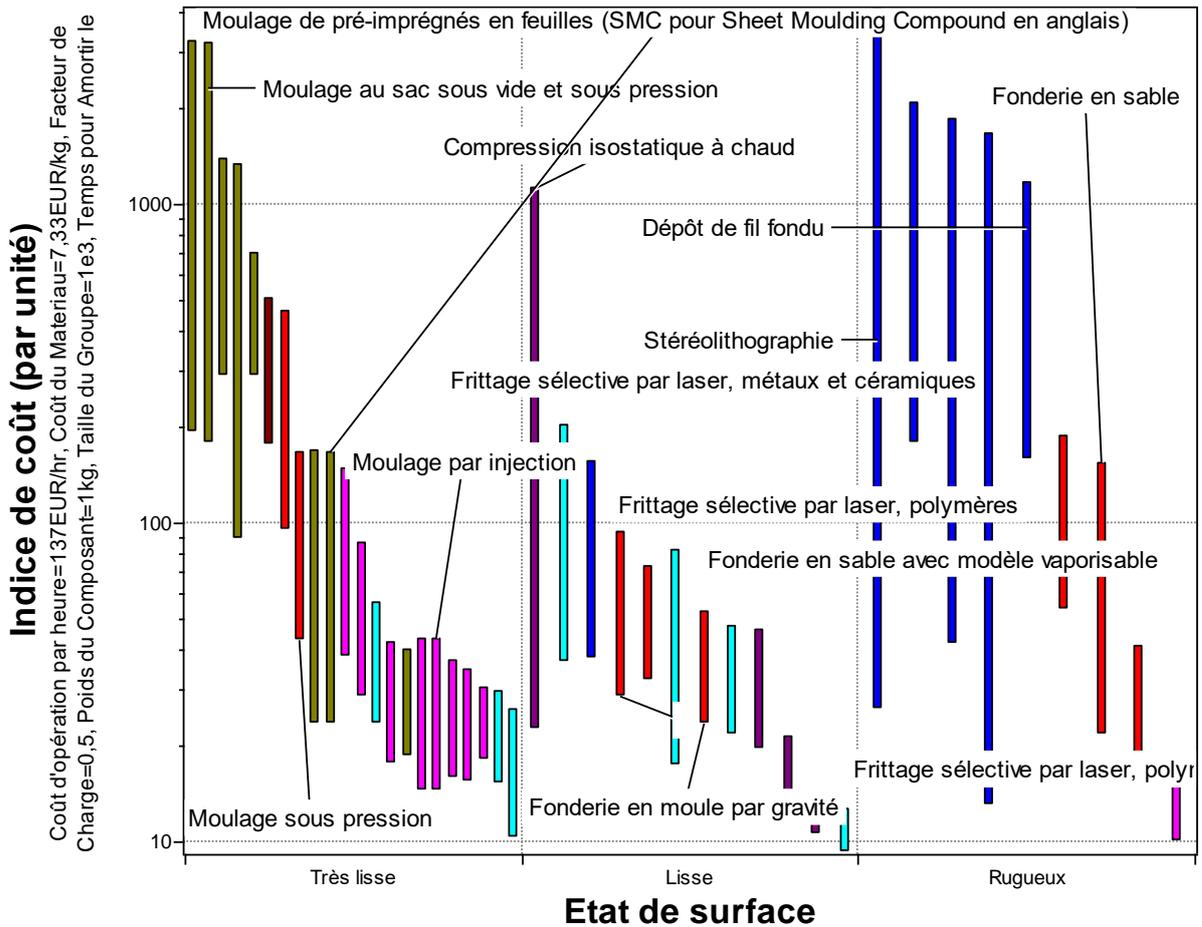
Axe des abscisses (X) :

- Catégorie : **Attributs physiques et de qualité**
- Attribut : **Etat de surface**

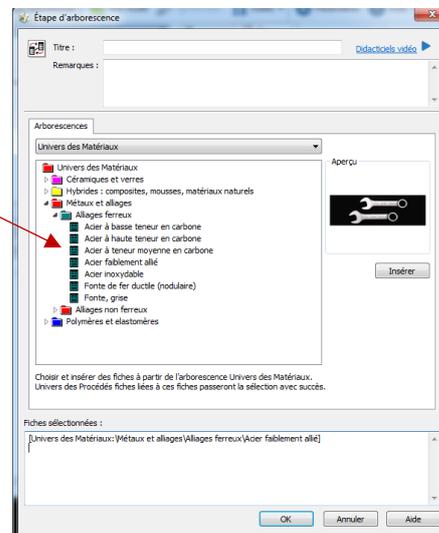
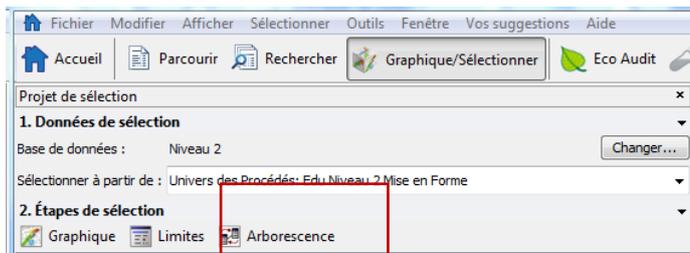
Axe des ordonnées (Y) :

- Catégorie : **Modélisation du coût**
- Attribut : **Indice de coût (par unité)**

Valider pour obtenir le graphique ci-après



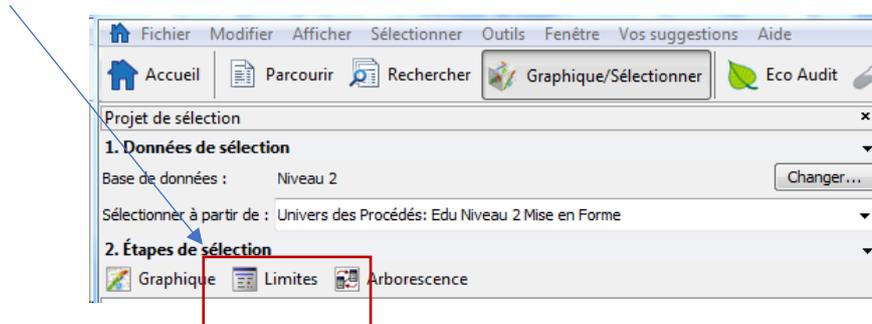
Effectuer un tri dans « **Arborescence** ». Choisir le matériau « **Acier faiblement allié** » dans « Univers des matériaux » de façon à lier la recherche du procédé de mise en forme à ce matériau. Noter que ce matériau appartient à la famille des **Métaux et alliages / Alliages ferreux**



QA-6 Combien reste-t-il de procédés ?

QA-7 Lesquels : _____

Imposer des **limites** pour affiner la sélection :



- L'acier faiblement allié est dans la familles des **Métaux et alliages**
- **Solide 3-D**
- Importance de la main d'œuvre : **Moyen**
- Taille de la série : **maximum 1000 unités**
- Epaisseur de sections à réaliser : **entre 1 et 5 mm**
- Etat de surface : **Lisse**

QA-8 Combien de procédé (s) de mise en forme reste-t-il ?

QA-9 Lequel ?

QA-10 En exploitant la fiche technique du procédé dans CES, expliquer le principe de ce procédé et sa pertinence.

*Astuce : Faire un clic droit sur le résultat et sélectionner « Fiche technique ».

QA-11 En vue de présenter vos travaux, rédiger un document de synthèse (MindView ou PowerPoint) de vos résultats en réponse au problème posé

Deuxième partie B

Poste 2

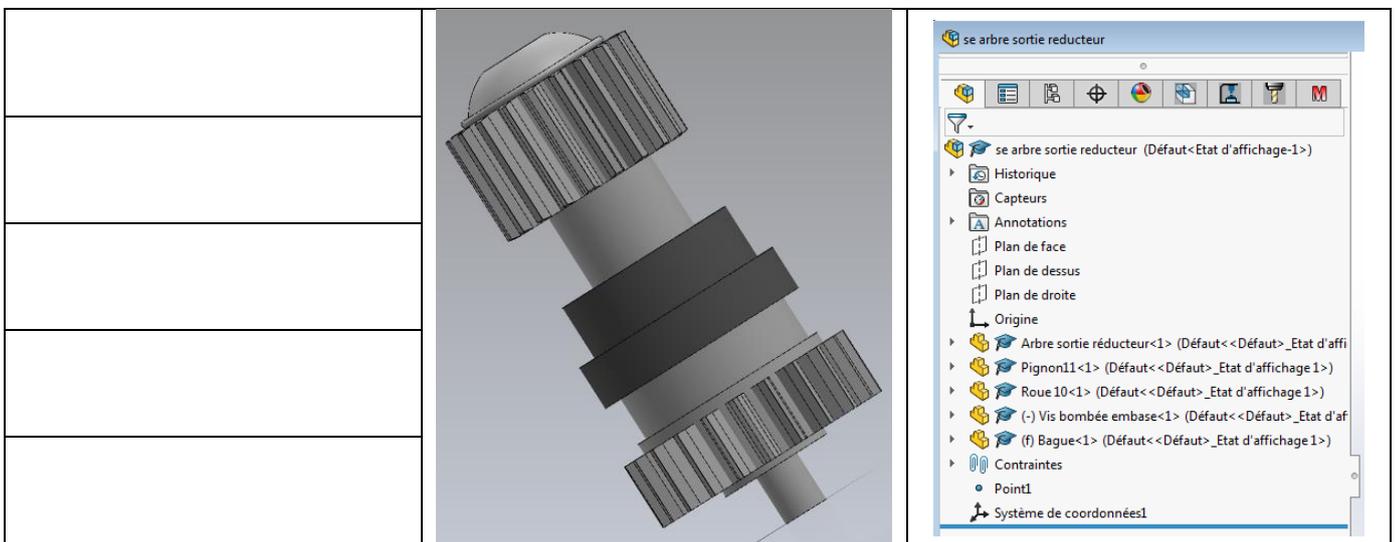
Activité 4 : Vérification de la résistance mécanique des axes de sorties des motoréducteurs Pan/Tilt

Copier le fichier de l'activité « **Modele 3D Axe motoreducteur** » dans Documents.

Lancer l'application **SolidWorks®**

Ouvrir le fichier assemblage « **Arbre de sortie motoreducteur** »

QB-1 En vous aidant de l'arbre de création *FeatureManager* de SolidWorks, identifier les pièces composant cet assemblage



QB-2 Quels types de liaisons existe-t-il entre :

- Les engrenages (Pignon11 et Roue10) et l'arbre : ____ ____
- La bague et l'arbre : ____ ____

On donne les caractéristiques mécaniques de l'arbre et des pignons de l'ensemble axe de sortie motoreducteur :

Arbre de sortie :

- $\dot{\theta}_{3_max} = 1.05 \text{ rad/s}$
- $a_{3_max} = 2.625 \text{ rad/s}^2$
- *Couple sur l'arbre* = $1.44 e - 4 \text{ N.m}$ soit 0.144 N.mm

Engrenages :

- Pignon 11 : $Z_{11} = 20$, $m = 0.4$, angle de pression $\alpha = 20$
- Roue 10 : $Z_{10} = 22$, $m = 0.45$, angle de pression $\alpha = 20$
- Formule du diamètre primitif : $d = m \cdot Z$

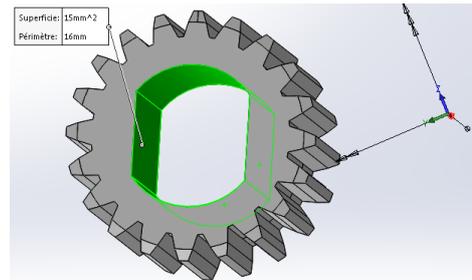
QB-3 Quel type de transmission mécanique ce sous-ensemble permet-il dans le fonctionnement de la tourelle :

QB-4 On se propose de calculer les efforts sur les dents des engrenages 10 et 11

Calcul des efforts sur les dents de l'engrenage de l'axe de sortie, Pignon 11 :

$$F_{t11} = \frac{C}{r_{11}} = \frac{0.144}{20 * 0.4 * 0.5} = 0.036 \text{ N}$$

$$F_{r11} = F_{t11} \tan \alpha = \text{_____}$$



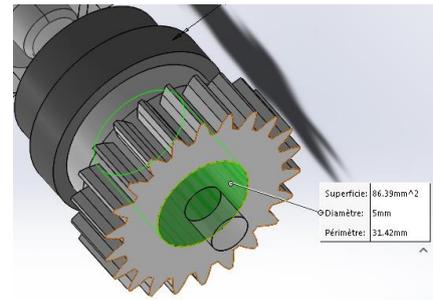
$$F_{11} = \sqrt{F_{t11}^2 + F_{r11}^2} = \text{_____}$$

Calcul des efforts sur les dents de l'engrenage de l'axe de sortie, Roue 10 :

$$F_{t10} = \frac{C}{r_1} = \text{_____} \text{ N}$$

$$F_{r10} = F_{t10} \tan \alpha = \text{_____} \text{ N}$$

$$F_{10} = \sqrt{F_{t10}^2 + F_{r10}^2} = \text{_____} \text{ N}$$



Le constructeur souhaite savoir si l'axe motoréducteur résiste bien aux chargements statiques extérieurs provenant des engrenages et du palier. Ainsi, une étude de la résistance de la structure est menée dans SolidWorks® pour simuler le comportement structurel de l'axe sous chargements.

Ouvrir cette étude dans SolidWorks® : « **Statique 1 Acier Allié** »



QB-5 Identifier la nature des matériaux de l'assemblage :

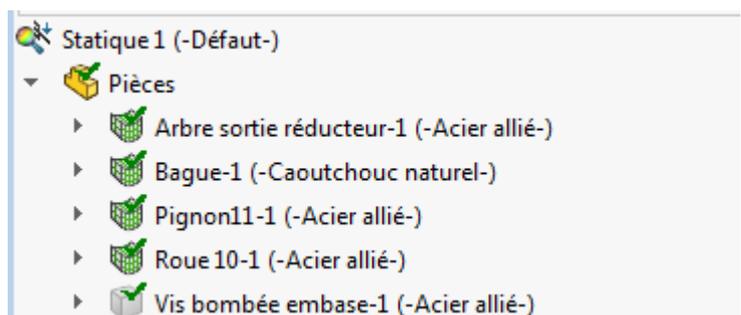
Arbre sortie réducteur : ___

Bague : ___

Pignon11 : ___

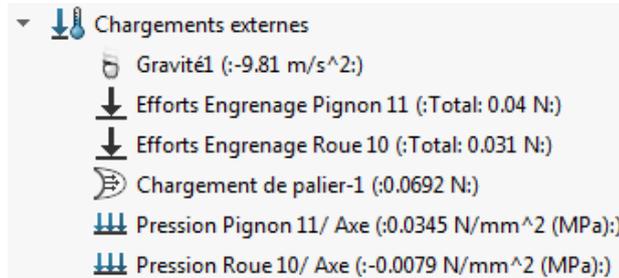
Roue10 : ___

Vis bombée embase : ___



QB-6 Dans le tableau suivant, identifier les chargements statiques qui s'appliquent seulement sur le système extérieur : « **Arbre sortie réducteur** »

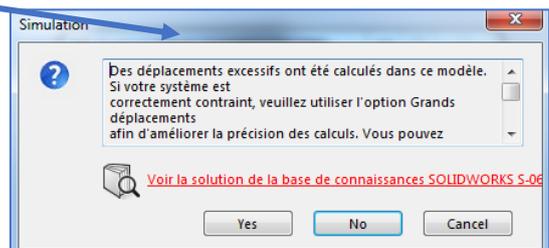
*NB : Dans le cadre de cette étude statique, les efforts sur les engrenages ne sont pas considérés ici comme extérieurs à l'arbre. Leur influence est représentée par les forces de pression sur l'arbre. Le chargement de type palier est calculé approximativement en appliquant les équations de la statique sur l'arbre.



Nom du chargement	Type de chargement statique	Intensité du chargement
Force de « Gravité »	Force à distance (dite de pesanteur terrestre)	=
Pression Pignon11/ Axe	Force de contact de type Pression	=
Pression Roue10/ Axe	Force de contact de type Pression	=
Chargement de palier-1	Force de contact radial	=

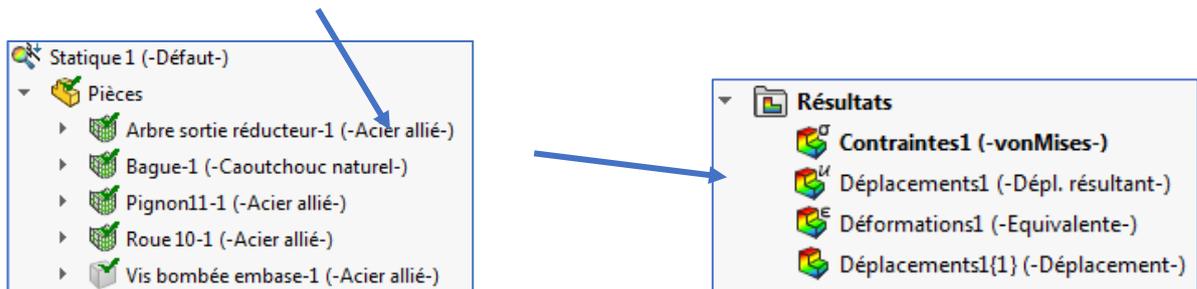
Exploitation des résultats de la simulation

Exécuter la simulation pour afficher les résultats des contraintes et déplacements. NB : On se place dans le cadre de **petits déplacements** (sélectionner **No** si un message d'erreur de ce type apparaît).



Afficher seulement le composant étudié qui est « **Arbre sortie réducteur** »

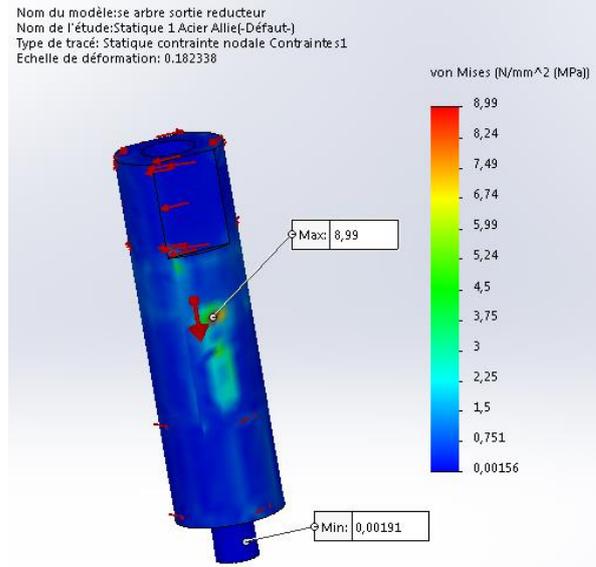
*Astuce : faites un clic droit sur ce composant et ensuite sur « Montrer » pour visualiser ses résultats



QB-7 Relever sur le graphique des contraintes les valeurs des contraintes maximale et minimale dans les sections de l'arbre en acier allié :

Contrainte max : _____

Contrainte mini : _____

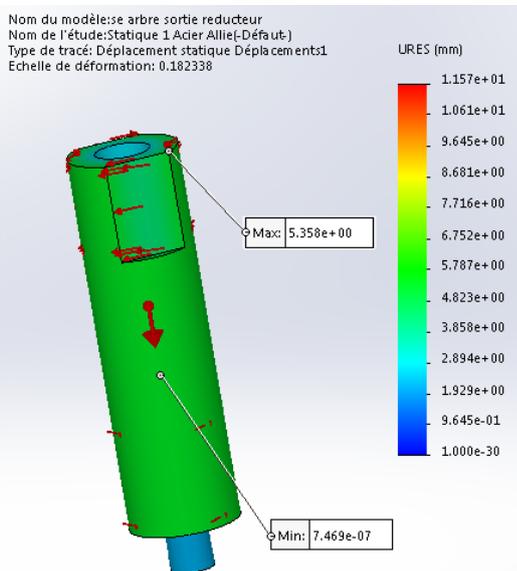


QB-8 Sur la figure ci-contre, entourer les zones les plus contraintes

QB-9 Rechercher la limite élastique de l'acier allié : _____

QB-10 Est-elle dépassée ? Comparée cette valeur à la contrainte maximale dans les sections de l'arbre de sortie :

QB-11 Afficher le graphique des déplacements et identifier les déplacements maxi et mini.



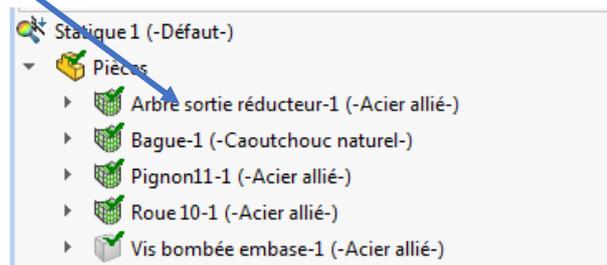
Déplacement max : _____

Contrainte mini : _____

QB-12 Le déplacement maxi a-t-il un effet avéré sur le fonctionnement du motoréducteur ? _____

Les résultats de cette analyse de structure concernent l'arbre de sortie en acier allié. On se propose de vérifier les contraintes mécaniques si l'arbre de sortie était en ABS et en PLA.

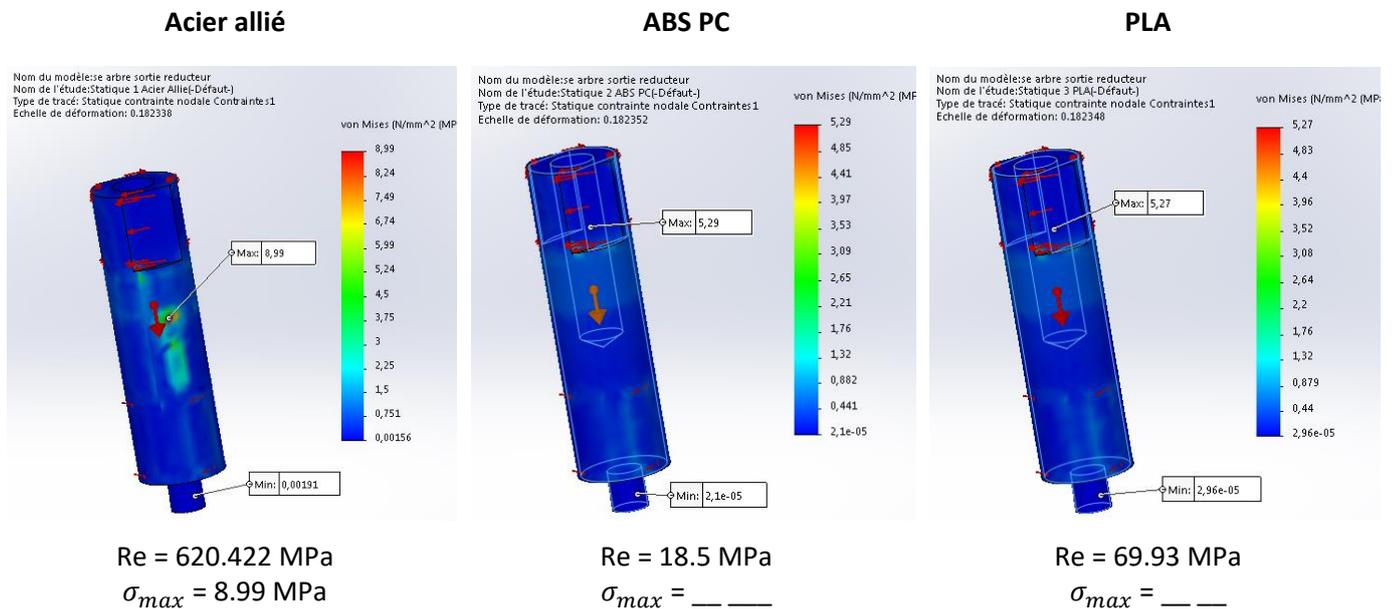
Pour cela, dupliquer l'étude : « **Statique 1 Acier allié** », pour refaire deux autres études statiques avec les matériaux ABS et PLA. Dans ces études, il suffira juste de changer le matériau de l'arbre de sortie réducteur



QB-13 A la suite de l'analyse de la résistance de l'arbre sortie réducteur avec les 3 matériaux (Acier allié, PLA, ABS), comparer les contraintes et déplacements maximaux dans les sections de l'axe en fonction des matériaux et conclure sur la pertinence du choix de la nature du matériau opté.

Matériau	Limite élastique Re	Contraintes max	Déplacement max
Acier allié	620.422 MPa		
ABS PC	18.5 MPa		
PLA	69.93 MPa		

Etude comparative du comportement structurel de l'arbre avec 3 matériaux. Compléter le tableau suivant :



QB-14 Les 3 matériaux résistent-ils aux chargements définis ? _____

QB-15 Conclure sur le choix du matériau de l'arbre. _____

QB-16 Discuter de vos résultats avec vos camarades du poste 1 qui souhaitent réaliser cet axe en acier faiblement allié avec un procédé de mise en forme de type fonderie. Enoncez les avantages et inconvénients d'un arbre de sortie en acier et en PLA.

Matériau	Avantages	Inconvénients
Acier (faiblement allié)		
PLA		

QB-17 En vue de présenter vos travaux, rédiger un document de synthèse (MindView ou PowerPoint) de vos résultats en réponse au problème posé

Rendre vos productions au Professeur

Et compléter la fiche de formalisation des connaissances et des compétences

Fiche de formalisation

Comment choisir et dimensionner les matériaux et structures ?

La résistance des matériaux est un domaine de la mécanique qui permet d'étudier le comportement structurel des matériaux et structures mécaniques définis à travers un modèle de poutre (hypothèses de simplification : isotropie, homogénéité, continuité, efforts invariants, déplacements sous charges petits). Ainsi, à partir d'une problématique définie par un cahier des charges, l'élève doit être capable de conduire une démarche permettant de :

- Choisir ou justifier l'utilisation d'un matériau pour une structure.
- Choisir ou vérifier les dimensions d'un élément d'une structure.

3 types de démarches complémentaires peuvent être conduites :

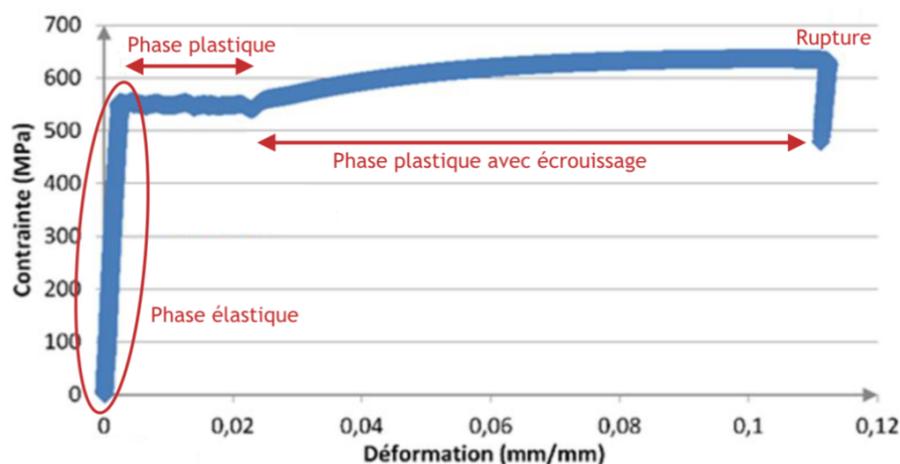
- Une _____ avec les équations de la résistance des matériaux.
- Un _____ avec une machine de caractérisation des matériaux
- Une _____ avec un logiciel de calcul numérique sur ordinateur (Exemple : SolidWorks)

Ces analyses visent très souvent à vérifier :

- **La condition de résistance** : La contrainte maximale (σ_{max} en MPa) du domaine élastique du matériau utilisé par rapport à sa limite élastique (R_e généralement connue) : _____
- **La condition de déformation** : La déformation de la structure élémentaire est inférieure à une valeur limite admise

Dans le cadre de la déformation d'un matériau comme l'acier, quatre phases se distinguent sur les courbes contrainte /déformation :

- La phase _____ qui permet de déterminer les caractéristiques élastiques de l'acier ;
- La phase _____ pendant laquelle la courbe forme un palier ;
- La phase _____
- La _____ caractérisée par la diminution brutale de la contrainte conventionnelle.



Évolution de la contrainte dans l'acier en fonction de la déformation (source *Eduscol*)

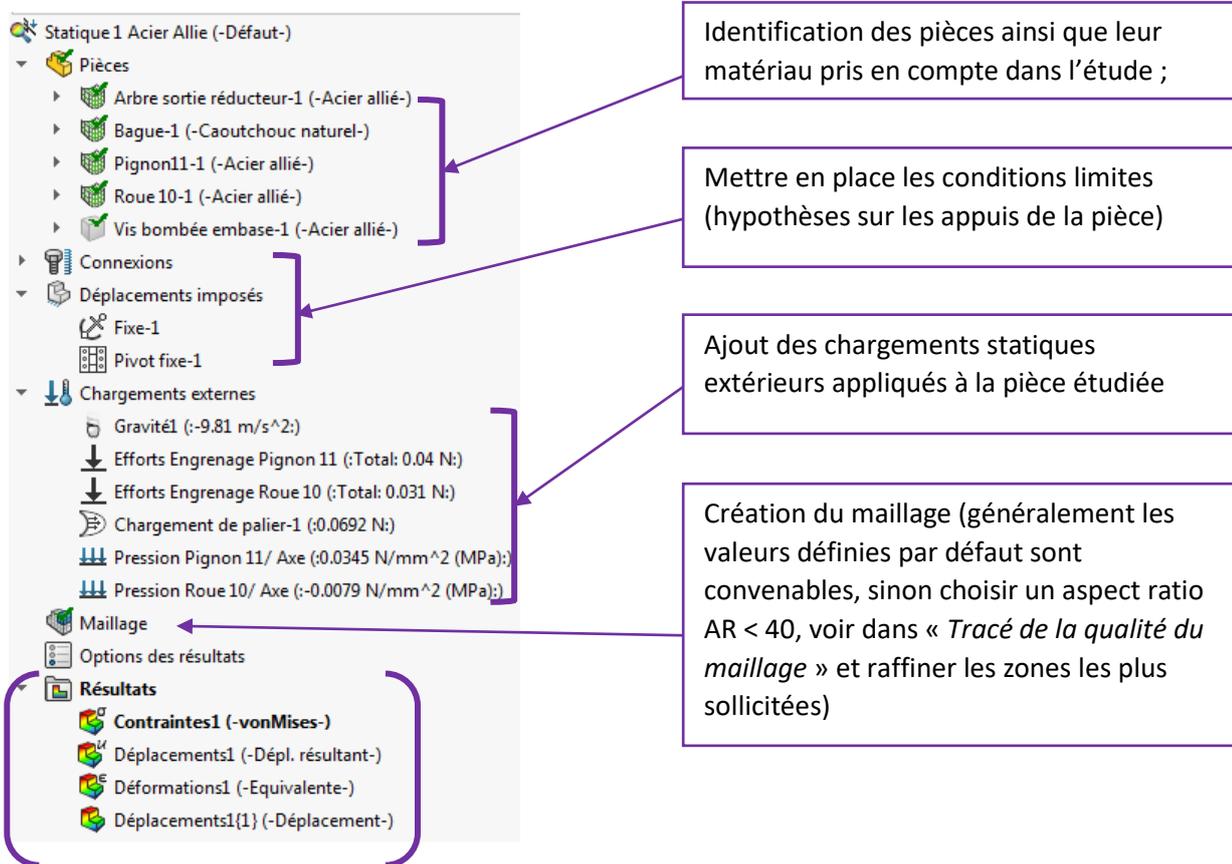
Du fait de l'instabilité du domaine plastique, les calculs de résistance s'effectuent dans le domaine élastique. Ainsi, une **étude de statique linéaire** peut être conduite pour vérifier la résistance de la pièce. Dans cette phase, la contrainte (σ en MPa) est proportionnelle au module de Young E du matériau et l'allongement relatif (ϵ sans unité) par la relation suivante dite **Loi de Hooke** :

Exemple de démarche de simulation : étude de la résistance du se Arbre motoréducteur

On s'intéressera seulement à la pièce « Arbre sortie réducteur ».

But : connaître les déformations et les contraintes maxi afin de dimensionner (ou valider) la pièce (formes, dimension, choix du matériau).

Pour valider la solution envisagée, on pourra mener une étude de résistance des matériaux avec SolidWorks® par exemple. Arbre sortie réducteur en « Acier allié »

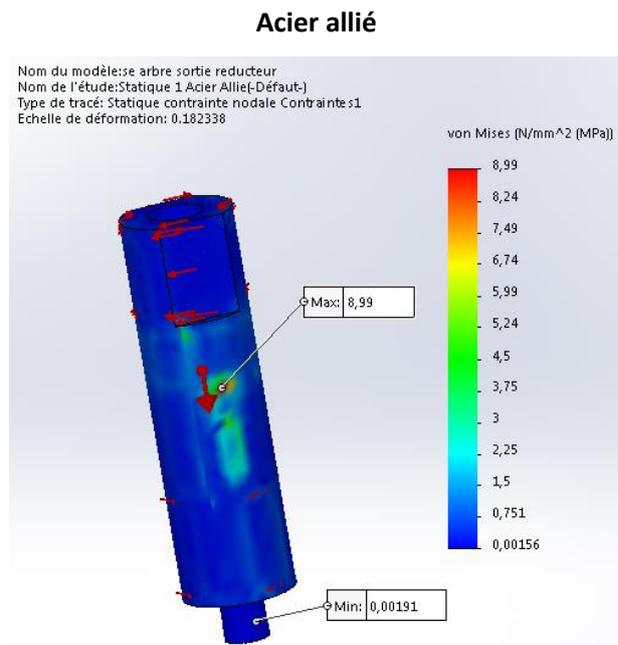


- Paramètres recherchés :
- Contraintes (von Mises)
 - Déplacements
 - Déformations

Le coefficient de sécurité **Cs** est estimé à **1.5** pour les structures en acier, et matériaux homogènes soumis des charges constantes.

La contrainte maximale σ_{max} = reste donc faible comparée au rapport **Re / Cs** =

La condition de résistance est respectée, l'arbre est donc bien dimensionné.



Limite élastique **Re** acier = 620.422 MPa
 σ_{max} arbre =

FICHE DE FORMALISATION DES CONNAISSANCES ET DES COMPETENCES
1- CONNAISSANCES ABORDEES DU PROGRAMME

Connaissances abordées du programme	Niveau ciblé : expression	Savoir appris maîtrisé	Je saurai en parler	Non maîtrisé
<ul style="list-style-type: none"> • 3.2.3. Concept de résistance 				

2- COMPETENCES ABORDEES DU PROGRAMME

Compétences abordées du programme	Acquis	Je saurai refaire avec de l'aide	Non acquis
- CO3.1. Identifier et caractériser les fonctions et les constituants d'un produit ainsi que ses entrées / sorties			
- CO.3.3 Identifier et caractériser le fonctionnement temporel d'un produit			
- CO3.4. Identifier et caractériser des solutions techniques.			