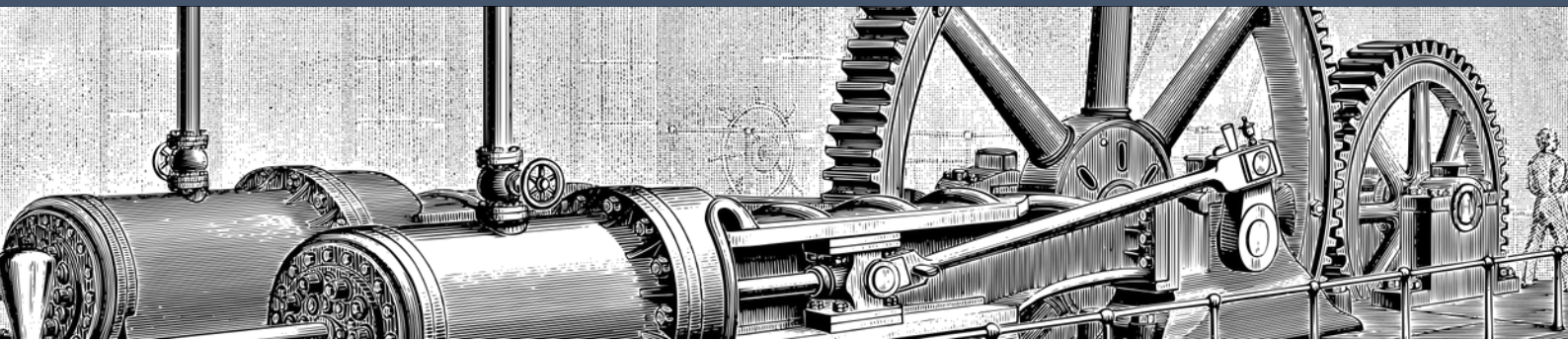




Activité pratique E-skate

2 h



1. Présentation

L'E-skate, skateboard électrique, est un moyen de locomotion qui permet de se déplacer facilement tout en apportant une sensation de liberté. Pour se déplacer, l'E-skate utilise un moteur qui transmet le mouvement à une roue arrière motrice par l'intermédiaire d'une courroie crantée.

La vitesse est contrôlée par une télécommande sans fil. Sa planche en bois améliore considérablement la stabilité du skate et son moteur vous propulsera jusqu'à une vitesse de 12km/h.



2. Problème Technique

En tant que chef de projet en charge de ce produit, votre équipe doit développer ce produit pour le soumettre à une validation auprès d'un organisme de contrôle du type APAVE.

Il convient dans un premier temps de **s'assurer que le banc d'essai du e-skate permet de simuler la force qu'exerce un utilisateur sur la planche de façon théorique et expérimentalement via des éléments électroniques de contrôles.**

Puis dans un second temps de **s'assurer que la planche résiste à d'éventuelles déformations en ayant au préalable défini les paramètres influents.**

3. Pré requis / Compétences travaillées

- MR 7 - Modéliser les actions mécaniques (avec frottement)
- MR 10 – Utiliser les lois et relations entre les grandeurs efforts et flux pour élaborer un modèle de connaissance
- MR 12 - Déterminer les actions mécaniques menant à l'équilibre statique d'un mécanisme, d'un ouvrage ou d'une structure
- MR 15 - Déterminer la grandeur effort lorsque le mouvement est imposé



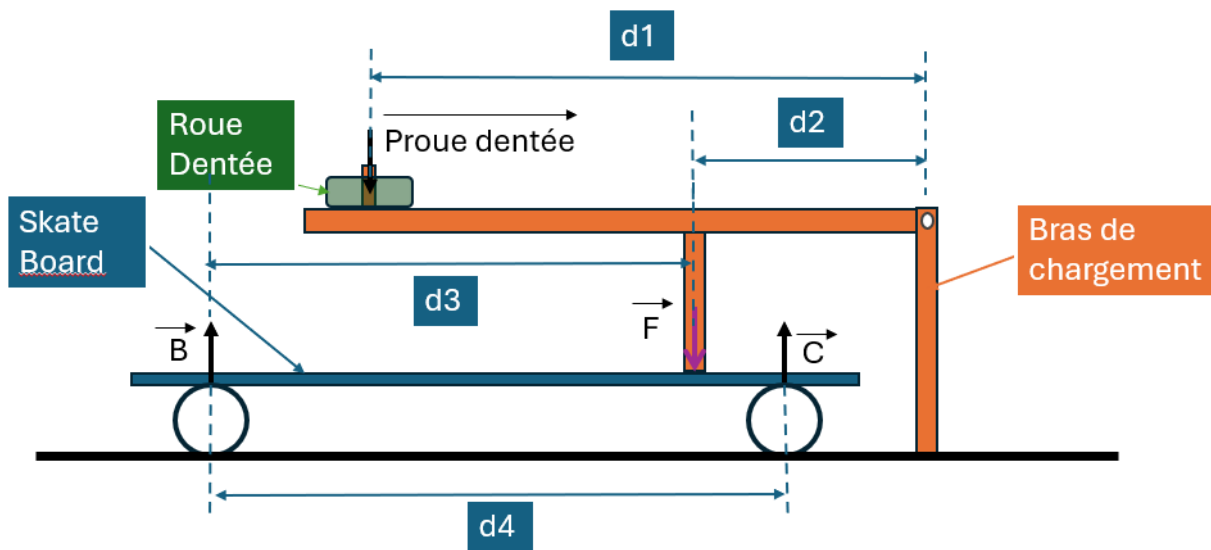
4. Objectif du TP

- Déterminer le ratio « effort d'entrée » / « effort obtenue en sortie » du bras de chargement,
- Vérifier si le cahier des charges est respecté et caractériser les écarts éventuels,
- Déterminer les paramètres influents sur l'étude.

5. Partie 1 – Mesurer, simuler et comparer les performances du systèmes

5.1. Comportement mécanique du système

Pour simuler différents cas de charge, nous pouvons mettre des masses variant de 1 à 10 kg sur le bras de chargement, voir schéma ci-dessous. Le schéma simplifié du portique est le suivant :



Expérimentation 1 - Mesurer les dimensions les distances suivantes : d_1 , d_2 , d_3 et d_4 .

Corrigé : $d_1 = 580 \text{ mm}$ // $d_2 = 210 \text{ mm}$ // $d_3 = 565 \text{ mm}$ // $d_4 = 610 \text{ mm}$

On prendra une masse m , définie par la roue dentée. Nous négligeons le poids du bras de chargement.

Expérimentation 2 - Déterminer la masse « m_{roue} » et le poids « P_{roue} » de la roue de dentée, en prenant $g = 9.81 \text{ m.s}^{-2}$

Corrigé : $m_{\text{roue}} = 1508 \text{ g}$ soit $P_{\text{roue}} = m \cdot g = 1,508 \cdot 9,81 = 14,8 \text{ N}$

(Valeur exacte 14,793 N)



Question 1 - Déterminer l'intensité de la force F en appliquant le principe fondamental de la statique au bras de chargement, en faisant l'hypothèse que le poids du bras de chargement est négligeable.

On isole le bras de chargement. Le bras de chargement est soumis à 3 actions mécaniques.

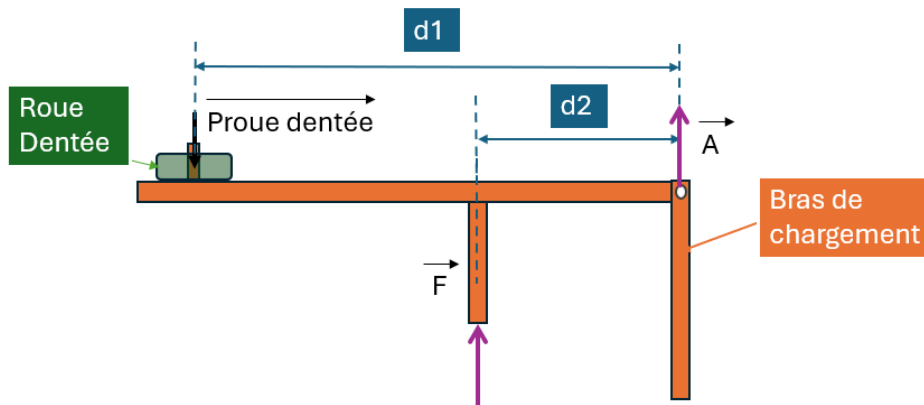
Donc d'après le PFS, nous pouvons dire que :

Le théorème de la résultante statique

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

Le théorème du moment statique :

$$\sum \vec{M} = \vec{0}$$



En calculant le moment au point A, on obtient :

$$m_{\text{roue}} \cdot g \cdot d_1 - F \cdot d_2 = 0 \rightarrow F = (m_{\text{roue}} \cdot d_1) / d_2 = (1,508 \cdot 9,81 \cdot 0,58) / 0,21 = 40,85 \text{ N}$$

Expérimentation 3 - Mesurer la force F avec le capteur de force mis à votre disposition via une carte Arduino et comparer avec la valeur calculée d'après le PFS.

Nota : une variante peut être proposée en utilisant simple une balance.

Pour cela, vous devrez **compléter** le programme Arduino fourni en y ajoutant un écran LCD. Nous vous demandons que l'affichage puisse afficher le message sous la forme suivante avec un fond d'écran vert.

Première ligne de l'afficheur : Force :

Deuxième ligne de l'afficheur : La force est = ?? Newtons.

En allant à la ligne entre chaque mesure avec le délai de 0,1s entre chaque mesure.

Une aide pour programmer un afficheur LCD est mis à disposition dans le dossier.

```
Serial.begin(9600);           //Begin serial communication
lcd.begin(16, 2);             //configure l'afficheur 16 lig 2 col
lcd.setRGB(0, 255, 0);        //couleur de fond (R, G, B)
lcd.print("Force :");         //affichage 1ere ligne
```



```

    lcd.setCursor(0, 1);           //placement curseur debut 2eme ligne
    // lcd.print(force);           //affichage de la force
    lcd.print(force);              //affichage de la force
    lcd.print(" Newtons  ");
    Serial.print("La force est = ");
    Serial.print(force);
    Serial.println(" Newtons");
    delay(100);                   //Small delay

```

Question 2 - Relever la force mesurée par le capteur et **comparer** cette mesure avec la valeur théorique obtenue à la question 1 et **conclure**.

On relève 59,49 N et on avait trouvé une valeur de 40,85 N,

Soit un écart relatif de $\varepsilon_{\text{mesurée/théorique}} = (59,49 - 40,85) / 40,85 * 100 = + 45,63 \%$.

En conclusion, l'écart est trop important. Ce n'est pas acceptable. Cela signifie que l'hypothèse de la négligence du bras de chargement est fausse.

Expérimentation 4 - Mesurer la masse du bras de chargement « m_{bras} » puis **déterminer** le poids du bras de chargement « P_{bras} ». *Nota : Les instruments de mesure vous ont été mis à votre disposition dans le bac prévu à cet effet.*

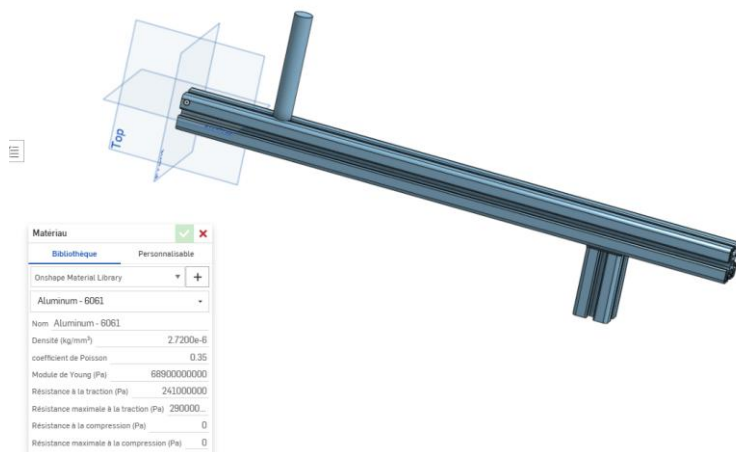
La masse du bras de chargement mesurée est de 1,371 kg soit un $P_{\text{bras}} = m_{\text{bras}} * g = 1,371 * 981 = 13,45 \text{ N}$.

Expérimentation 5 - Déterminer expérimentalement la position du centre de gravité du bras de chargement

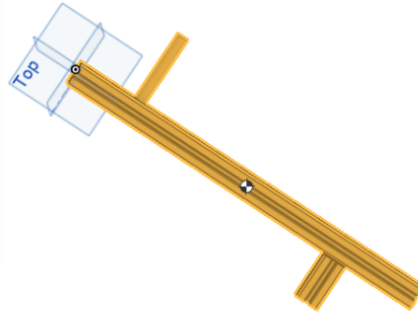
On essaie en plaçant un cylindre, de positionner le bras de chargement de telle manière à ce qu'il soit à l'équilibre.

Quand on réalise l'expérience, nous trouvons une valeur de 342 mm soit presque le milieu de la barre.

Application 1 - En vous aidant de modèle volumique 3D sous Onshape, **déterminer** le centre de gravité de la barre et **comparer** cette mesure numérique à la mesure expérimentale



Propriétés de masse et de section.			
Morceau		Affronter	
Pièces à mesurer			
Partie 1			
Connecteur de positionnement pour le cadre de référence			
<input type="checkbox"/> Afficher la variance de calcul			
Masse	<input type="checkbox"/> Écraser	1.374 kg	
Volume		505061.3227 mm³	
Superficie		343483.0141 mm²	
Barycentre <input type="checkbox"/> Écraser			
X		-5.2083 mm	
Y		-323.1597 mm	
Z		6.9106 mm	
Moments d'inertie de masse (kg mm²) <input type="checkbox"/> Écraser			
Lxx	47866.584	Lxy	-3255.4539
Lyy	-3255.4539	Lyz	1705.5216
Lzz	1.2951	Lzx	3.8495
		Lzy	49206.6573
		Lzz	
Matériau			



En appliquant le matériau correspondant au profil (Aluminium 6060), nous trouvons la position du centre de gravité situé à 323,15 mm.

La mesure expérimentale est de 342 mm tandis que la mesure numérique est de 323 mm.

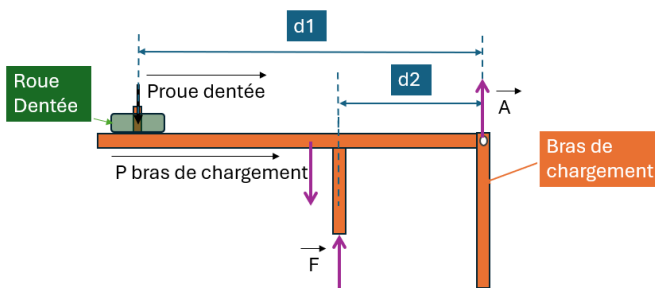
Question 3 - Déterminer l'intensité de la force F en appliquant le principe fondamental de la statique au bras de chargement en prenant en compte cette fois-ci le poids du bras de chargement.

On isole le bras de chargement, ensemble soumis à 4 actions mécaniques. Donc d'après le PFS :

En calculant le moment au point A, on obtient

$$m_{\text{roue}} \cdot g \cdot d_1 - F \cdot d_2 + P_{\text{bras}} \cdot 0.323 = 0 \rightarrow F = (m \cdot g \cdot d_1 + P_{\text{bras}} \cdot 0.323) / d_2 =$$

$$F = (1,508 \cdot 9,81 \cdot 0.580 + 13,45 \cdot 0.323) / 0.21 = 61,54 \text{ N}$$

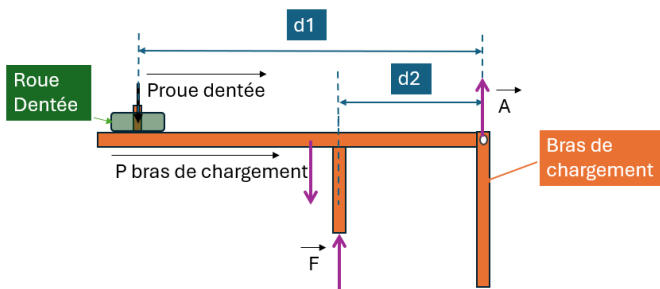


Question 4 - Comparer la valeur obtenue avec la valeur calculée d'après le PFS (question n°3).
Conclure.

Avec le capteur de force, nous trouvons une valeur de 59,49 N et nous avons trouvé une valeur théorique de 61,54 N, soit un écart relatif de $(59,49 - 61,54) / 61,54 \cdot 100 = -3,33 \%$.

C'est acceptable, l'hypothèse prenant en compte le poids du bras de chargement est justifié.

Question 5 - En partant des éléments déterminés expérimentalement, à savoir le poids de la roue dentée P_{roue} , le poids du bras de chargement P_{bras} et la valeur mesurée au point F, **déterminer** le centre de gravité du bras de chargement.



En appliquant le PFS et en calculant la somme des moments au point A

$$1,508 \cdot 9,81 \cdot 0,58 - 59,49 \cdot 0,21 + 1,371 \cdot 9,81 \cdot x = 0$$

$$x = (59,49 \cdot 0,21 - 1,508 \cdot 9,81 \cdot 0,58) / (1,371 \cdot 9,81) = 0.290 \text{ m, soit } 290 \text{ mm.}$$

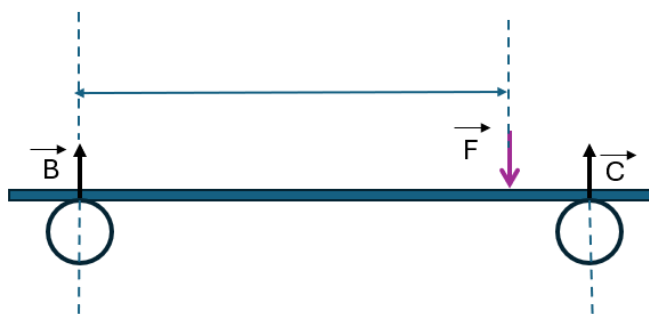
Question 6 - Déterminer la norme de l'action en A

D'après le PFS, la somme des forces est nulle. En projection sur l'axe verticale, nous trouvons l'équation suivante :

$$-P_{\text{Roue}} + F - A = 0 \rightarrow A = F - P_{\text{Roue Dentée}} = 59,49 - 14.79 = 44.69 \text{ N}$$

Question 7 - Déterminer l'intensité des forces B et C en appliquant le PFS au skate et en négligeant son poids.

On isole le skate, ensemble soumis à 3 actions mécaniques. Donc d'après le PFS :



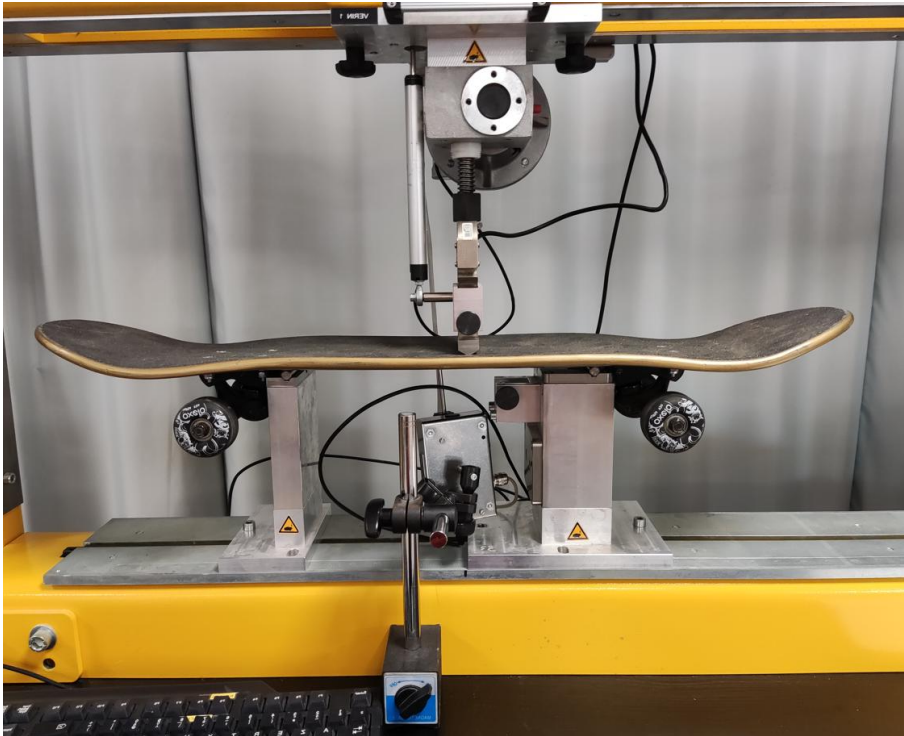
En calculant le moment au point C, on obtient :

$$-F \cdot 0,565 + C \cdot 0,610 = 0 \rightarrow C = (F \cdot 0,565) / 0,610 = (59,49 \cdot 0,565) / 0,610 = 55.1 \text{ N}$$

En faisant, la somme des forces égale à 0, sur l'axe verticale, on obtient :

$$B = F - C = 59,49 - 55,1 = 4,38 \text{ N}$$

5.2. Comportement structurelle du système – partie expérimentale

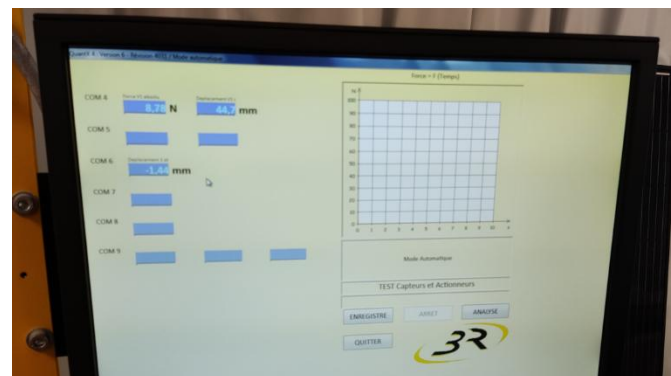


Avec le Banc 3R présent dans le laboratoire, vous allez mesurer le déplacement du plateau du skate sous une charge de 80 daN avec un comparateur. Placer le skate comme sur la photo ci-dessus.

Faites valider par le professeur

Démarche à suivre pour réaliser l'essai

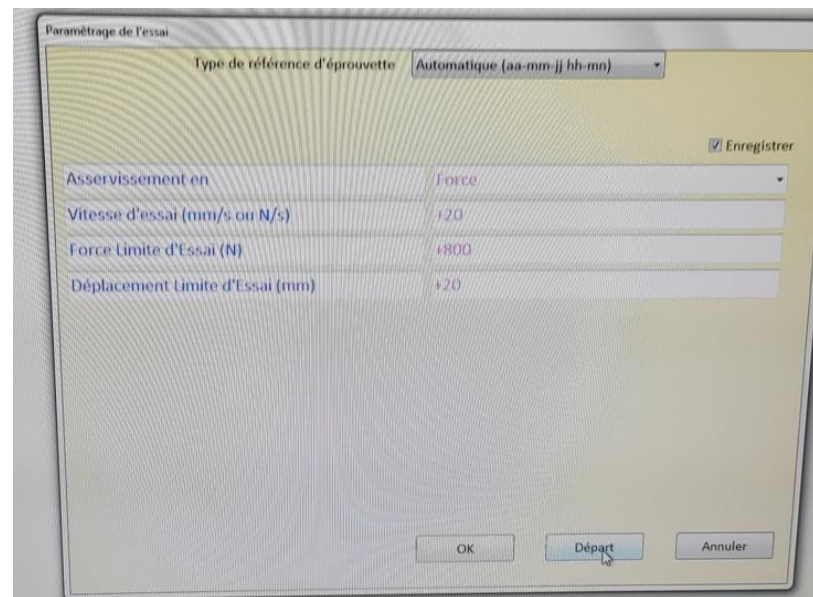
- ALLUMER le banc (Bouton Vert) et l'Ordinateur
- PASSER EN MODE MANUEL avec le bouton à clé
- MONTER LE VERIN au-dessus de la structure à tester (MARCHE + F5)
- METTRE EN PLACE LA STRUCTURE A TESTER
- Dans le répertoire 3R\Test\Test des Actionneurs
- DESCENDRE LE VERIN jusqu'au contact (force de 10 + F6)



- PASSER EN MODE AUTOMATIQUE avec le bouton à clé



- Cliquer sur ENREGISTRE et renseigner la boîte de dialogue
 - Asservissement : FORCE
 - Vitesse d'essai : 20 N / s
 - Force limite d'essai : 800 N
 - Déplacement limite d'essai : 20 mm



Faites valider par le professeur

- CLIQUER sur DEPART
- Maintenir le bouton MARCHE appuyé, L'ESSAI commence jusqu'aux limites imposées.

PS : FILMEZ VOTRE ESSAI AVEC UN TELEPHONE POUR AVOIR L'ENSEMBLE DES MESURES et les exploiter!!!!!!

Question 8 - En exploitant le fichier obtenu, déterminer la déformation maximale du skate sous la charge de 80 daN.

On trouve un déplacement de 4,90 mm.

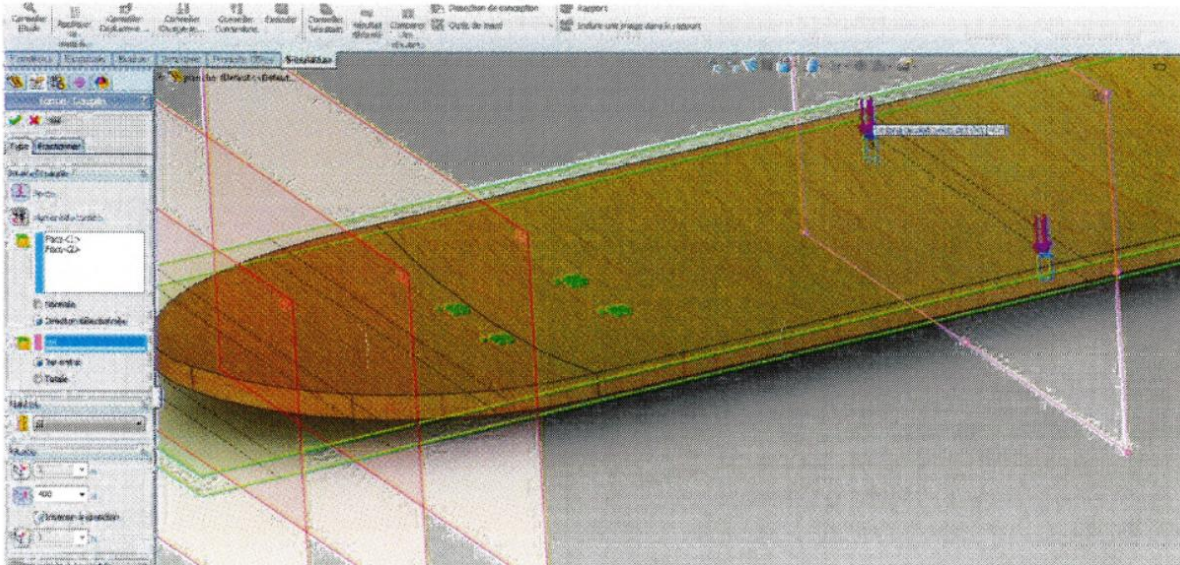
5.1. Comportement structurelle du système – partie simulation.

Vous trouverez ci-dessous un lien vers un tuto pas à pas vous permettant de réaliser la partie simulation.

<https://tube-sciences-technologies.apps.education.fr/w/6B9VpWik2nQwrnu5oYfZQ6>

Les principaux éléments à suivre est la démarche suivante :

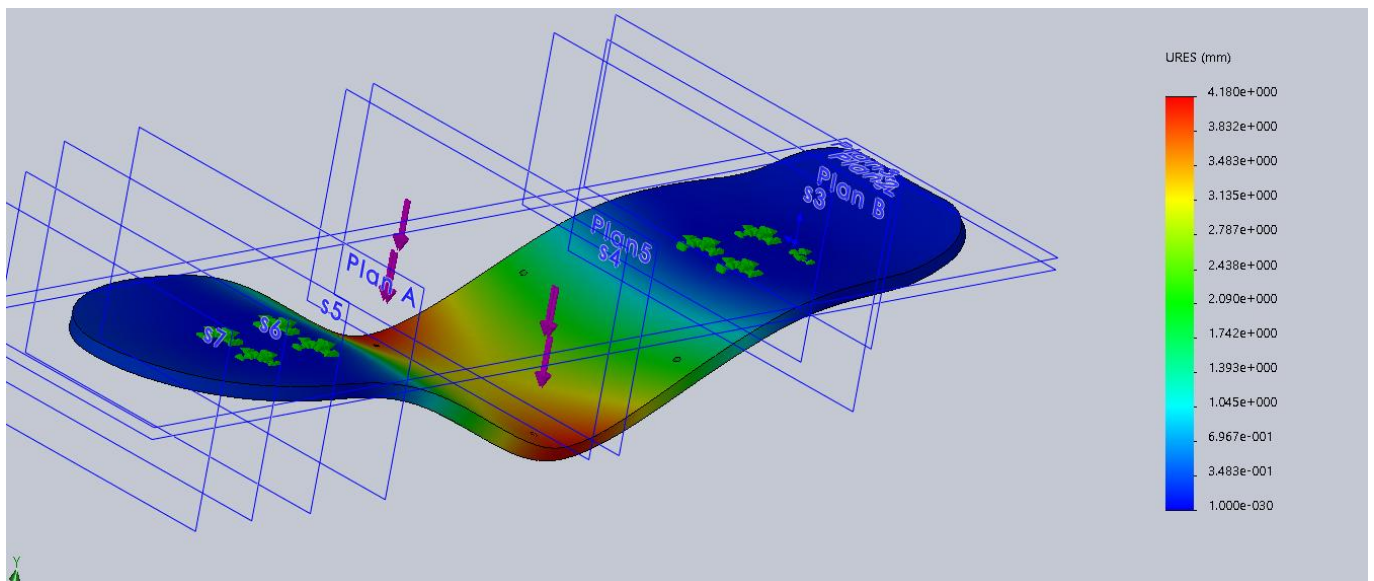
- Ouvrir le Logiciel Solidworks, Ouvrir la pièce Planche,
- Dans l'Onglet Produits Office, Sélection Solidworks Simulation, Puis aller dans l'onglet Simulation,
- Dans Conseiller Étude, Sélectionner Nouvelle Etude, Etude Statique
- Appliquer un matériau, la planche est en bois (prendre les caractéristiques du Balsa)
- Conseiller Déplacements, Géométrie Fixe, (les 8 trous de fixations)



Conseiller Chargement, Force. (2 forces de 400 N dans les 2 trous centraux)

Exécuter la simulation.

Dans Conseiller Résultats, Nouveau Tracé, Déplacements.



Question 9 - Évaluer le déplacement obtenu par la simulation. **Comparer** le résultat la mesure réelle.

On trouve une valeur simulée de 4,18 mm alors que la mesure sur le banc expérimentale nous indique une valeur de 4,9 mm.

Question 10 - En regardant dans le fichier ci-joint, vous trouverez des vidéos recensant les principales sollicitations qui caractérisent la résistance des matériaux (RdM). **Déterminer** le type de sollicitation auquel est soumis le skate.

La flexion pure.