

CSCS2

TP1 : Etude d'une manivelle de pédalier de vélo

D. Lemosse

January 13, 2026

1 Objets

- Cas simple de modélisation 3D.
- Observations des résultats de la méthode des éléments finis.
- Étude de différents maillages et éléments.
- Cas simple d'analyse non linéaire, comparaison avec le cas linéaire.

2 Données pour l'étude de la manivelle

Il s'agit de faire l'analyse du comportement élastique d'une manivelle de pédalier de vélo. Pour les besoins de la formation, la manivelle sera modélisée de façon simplifiée. Pour l'analyse de cette manivelle, on suppose des états statiques équivalents, aussi on suppose que l'axe de pied (au niveau du vélo) est encastré. Enfin, on suppose que l'axe de pédale transmet l'effort en son milieu sous la forme d'un glisseur dirigé vers le bas.



Figure 1: Manivelle de pédalier

Les données suivantes sont fournies pour l'étude :

- La manivelle et l'axe de pédale sont en acier standard S235 : $E = 2e^{11} Pa$, $\nu = 0.3$, $Rm = 370 MPa$ et $Re = 235 MPa$.
- Le chargement de dimensionnement de référence est estimé à $100 kg$ au niveau de la pédale.
- Les coefficients de sécurité sont choisis : $\gamma_F = 1.2$ et $\gamma_M = 1.1$.
- Le chargement à l'état ultime est réalisé avec une force 2 fois supérieure à celle de référence.

3 Paramétrage du logiciel Ansys

Cette manipulation n'aura besoin d'être réalisée qu'à la première utilisation de ANSYS sur votre compte. Le fichier de configuration sera ensuite sauvegardé et lu à chaque nouvelle exécution.

- Exécuter le script de configuration en choisissant l'application "Mechanical APDL Product Launcher".
- Commencer par vérifier que la licence est la version "Educational".
- Dans l'onglet "File Management", vous pouvez indiquer le nom par défaut de vos études "Job Name", ainsi que le répertoire par défaut où seront sauvegardés vos données "Working Directory".
- Dans l'onglet "High Performance Computing Setup", sélectionner l'option de calcul "Use Shared-Memory".

Le logiciel ANSYS peut alors être exécuté à l'aide de la commande "Run" ou par la barre des applications.

4 Réalisation du premier modèle 3D

4.1 Chargement du modèle

- Placez dans votre répertoire de travail les scripts suivants :
 - `cscs_tpManivelleAnsys.txt` réalise la construction de la manivelle.
 - `cscs_tpManivelleAnsys_pedale.txt` permet de créer un point pour imposer le chargement.
- Lancer l'application Ansys pour une étude de simulation ("Mechanical APDL")
- Charger le modèle dans Ansys : `File > Read Input From > (s\el\')lectionner le fichier`.

4.2 Réalisation du modèle éléments finis

- Les outils de préparation de la modélisation sont regroupés dans le menu "Preprocessor".
- La modélisation est choisie par la création d'un type d'élément :
 - `Element Type > Add/Edit/Delete > Add`
 - Choisir le modèle Solid tétraédrique linéaire `Solid > Tet 4 node 284`
- Le matériau est défini avec l'outil :
 - `Material Props > Material Models > Structural`
 - Choisir un comportement linéaire, élastique et isotrope. `Structural > Linear > Elastic > Isotropic`
 - Indiquer les valeurs de E et ν
- La discrétisation est réalisée avec l'outil de maillage `Meshing`
 - Il faut commencer par indiquer quel modèle utiliser pour modéliser la structure `Mesh Attributes > All Volumes` et affecter les propriétés adaptées.
 - `Size Cntrls > ManualSize > Global > Size` permet de définir la taille des éléments qu'il faudra fixer à 10mm.
 - Le maillage est réalisé en exécutant `Mesh > Volumes > Free`

4.3 Imposer les conditions aux limites

- Les conditions aux limites sont regroupées dans `Loads > Define Loads > Apply > Structural`
- Ainsi les encastremements peuvent être imposés avec l'outil `Displacement`. Dans la boîte de sélection des objets à définir, on peut introduire des filtres de sélection, ce qui permet de travailler sur les objets éléments finis ou géométriques.
- On commencera par bloquer les déplacements des noeuds représentant l'axe du pied de manivelle.
- Pour imposer la force, on va commencer par charger le modèle représentant la pédale : `cscs_tpManivelleAnsys_pedale.txt`.
- Les efforts sont imposés avec l'outil `Force/Moment > On Nodes`.
- Imposer un effort sur le noeud 2000 représentant l'axe de la pédale.
- Enfin, le (ou les) cas d'étude doit être stocké avec l'outil `Write LS File` qui détermine les combinaisons de conditions aux limites à prendre en compte.

4.4 Préparation et lancement du calcul

- Une fois le modèle éléments finis réalisé, on peut définir un cas de calcul. Pour cela on passe dans les outils `Solution`.
- Préparer un calcul statique linéaire avec l'étude de cas définie précédemment. On sélectionne le type d'étude à réaliser `Analysis Type > New Analysis > Static`.
- Le calcul est lancé `Solve > Current LS` ou `From LS Files`.

4.5 Analyse des résultats

- Choisir l'onglet **General Postproc** donne accès aux outils de post-traitement.
- On peut ainsi réaliser une déformée **Plot Result > Deformed Shape**.
- On peut réaliser une cartographie (couleur ou isovaleur) **Plot Result > Contour Plot > Nodal Solu** . On peut choisir l'ensemble du modèle ou seulement quelques éléments d'une zone d'intérêt.
- Mais aussi obtenir des valeurs ponctuelles **Query Results > Subgrid Solu**.
- Définir les données à représenter : on observera en particulier les déplacements et la valeur des contraintes de VON MISES.
- Sélectionner tout ou partie du modèle pour faire l'affichage.
- Relever des valeurs significatives des déplacements et des contraintes.

5 Influence des éléments

- Faire l'analyse avec un maillage constitué d'éléments linéaires de taille 5mm et 3mm.
- Utiliser maintenant des éléments de degré 2.
- Comparez entre eux les résultats des différentes modélisations.
- Afin de pouvoir utiliser des éléments prismatiques, il faut proposer un modèle géométrique adapté :
 - Utiliser le fichier de géométrie `cscs_tpManivelleAnsys_mapped.txt`. Ce modèle est découpé avec des partitions.
 - Définir le type d'élément hexaédrique **Solid > Brick 8 node 185**
 - Le maillage structuré est produit à l'aide de l'option **Mesh > Volumes > Mapped > 4 to 6 sides**
 - Si le volume choisit a plus de 6 faces, on utilise l'option **Mesh > Volumes > Mapped > Concatenate**
- Faire l'analyse avec un maillage constitué d'éléments prismatiques linéaires et de degré 2 de taille 5mm et 3mm.

6 Position de la manivelle

- Imposer une position différente de la manivelle.
- Effectuer à nouveau l'étude, avec des éléments de degré 2 et de taille 3mm.
- Relever des valeurs significatives des déplacements et des contraintes.
- Proposer une méthode pour réaliser une étude de toutes les positions angulaires de la manivelle.

7 Analyse de fatigue

- La valeur de la limite à l'endurance est évaluée par la loi empirique $\sigma(-1) = Rm \cdot (0.5 - 1.2 \cdot 10^{-4} \cdot Rm)$
- On utilise l'approximation de Basquin pour la zone polycyclique : $\log(N) = \log(C) - m \cdot \log(S)$
- Le coefficient $m = 10$, et la constante C permet d'imposer $\sigma(-1)$ pour $N = 10^7$ cycles.
- Proposer une évaluation du nombre de cycles que la manivelle peut supporter.

8 Etude non linéaire géométrique

- Reprendre le premier modèle réalisé : maillage avec des éléments linéaires de taille 10, encastrement et effort suivant l'axe de la manivelle.
- Transformer les conditions aux limites linéaires en conditions non linéaires.
- Préparer et exécuter un calcul non linéaire.
- Comparer les résultats de l'analyse linéaire à ceux de l'analyse non linéaire (rem : comparer aussi les temps de calcul).
- Reprendre le cas en multipliant les efforts par 100 (même si cela n'a aucun sens) et comparer.