

Approche du pré-dimensionnement dans Catia

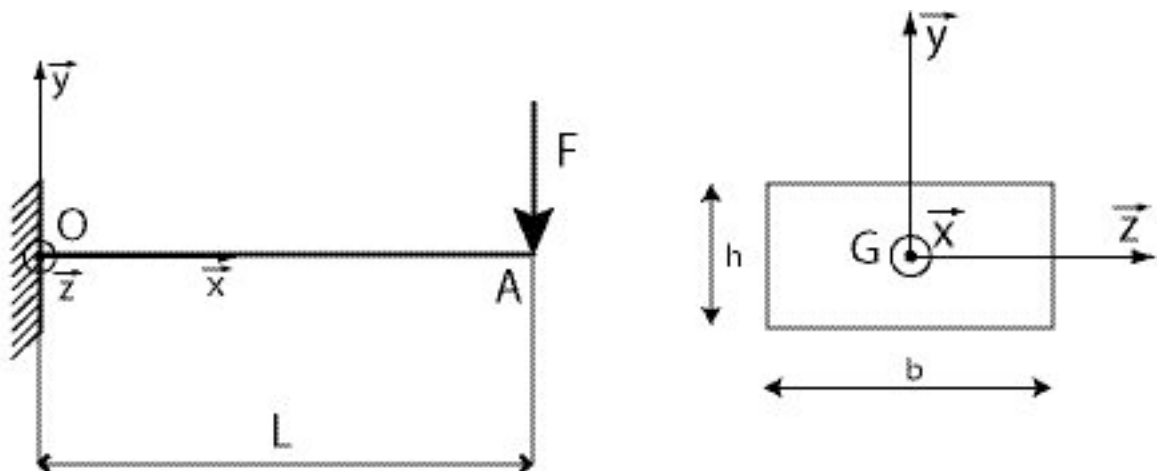
Le but de ce TP est de découvrir le module de calcul par Éléments-Finis utilisé dans Catia v5. Nous nous proposons de faire une étude critique de ce module en mettant en avant les bases de son utilisation, mais aussi les limites et son domaine de validité. Dans une dernière partie, on utilisera le module de dimensionnement pour concevoir une bielle de moteur de modèle réduit.

Il est demandé un compte-rendu sommaire pour les parties 1 & 2 et détaillé pour la partie 3.

1. Étude d'une poutre console

1.1 Solution analytique

On rappelle ici quelques résultats classiques de Résistance des Matériaux pour le cas d'une poutre encastree soumise à un effort à son extrémité telle qu'elle est représentée sur la figure ci-dessous.



Les résultats remarquables sont les suivants :

- la flèche maximale à l'extrémité de la poutre vaut :

$$v_{\max} = -\frac{F L^3}{3 E I_{Gz}} \text{ avec } E \text{ module d'Young, } I_{Gz} \text{ inertie de la section : } I_{Gz} = \frac{b h^3}{12},$$

- la répartition des contraintes dans l'épaisseur de la section est linéaire

On propose de confronter les résultats de ce modèle poutre pour :

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}, L = 20 \text{ cm}, b = 2 \text{ cm}, h = 1 \text{ cm}, F = 100 \text{ N}$$

Pour chacun des calculs réalisés, on relèvera les informations pertinentes en terme de temps de calcul : nombre de degrés de liberté, déplacement maximal...

1.2 Modèle E.F. utilisant des éléments poutre 1D

▪ Modèle géométrique associé : Poutre 1D.CATPart

À partir du modèle géométrique proposé, faire le calcul de la flèche maximale à l'aide du module *Generative Part Stress Analysis* de Catia. On respectera les différentes étapes suivantes :

- choix du matériau,
- choix du mailleur poutre (éléments linéaires uniquement), taille initiale des éléments de 20 mm,
- association des caractéristiques de section au maillage,
- mise en place des conditions aux limites en déplacements imposés,
- mise en place de l'effort imposé à l'extrémité.

On relèvera la valeur du déplacement maximal, et on le comparera au résultat théorique. Modifier le nombre (i.e. la taille) des éléments et comparer les résultats.

1.3 Modèle E.F. utilisant des éléments plaques 2D1/2

▪ Modèle géométrique associé : Poutre 2D.CATPart

À partir du modèle géométrique proposé, faire le calcul de la flèche maximale à l'aide du module *Generative Part Stress Analysis* de Catia. On respectera les différentes étapes suivantes :

- choix du matériau,
- choix du mailleur plan (éléments linéaires puis paraboliques), conserver la taille des éléments par défaut,
- association des caractéristiques d'épaisseur au maillage,
- mise en place des conditions aux limites en déplacements imposés,
- mise en place de l'effort imposé à l'extrémité.

On relèvera la valeur du déplacement maximal, et on le comparera au résultat théorique. Modifier le nombre (i.e. la taille) des éléments et comparer les résultats. On pourra ici commencer à utiliser les outils de post-traitement : visualisation des contraintes, du maillage, de « l'erreur ». On peut aussi modifier le maillage, ou utiliser les outils d'adaptativité et de taille locale.

1.4 Modèle E.F. utilisant des éléments 3D

▪ Modèle géométrique associé : Poutre 3D.CATPart

À partir du modèle géométrique proposé, faire le calcul de la flèche maximale à l'aide du module *Generative Stress Analysis* de Catia. On respectera les différentes étapes suivantes :

- choix du matériau,
- choix du mailleur tétraédrique (éléments linéaires puis paraboliques), conserver la taille des éléments par défaut,
- mise en place des conditions aux limites en déplacements imposés,
- mise en place de l'effort imposé à l'extrémité.

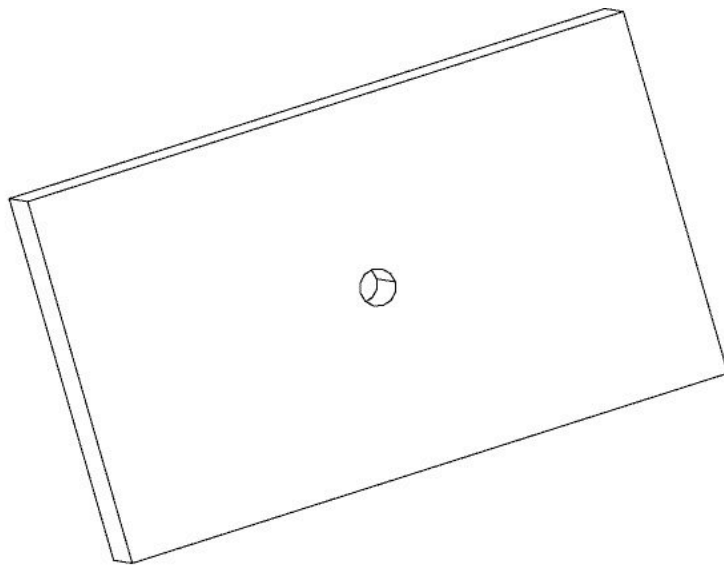
On relèvera la valeur du déplacement maximal, et on le comparera au résultat théorique. Il est particulièrement intéressant de visualiser les contraintes de traction dans l'épaisseur pour vérifier (ou pas !) que leur répartition est linéaire.

On tentera par l'utilisation de maillage successif de faire converger la solution du modèle 3D vers la solution théorique.

Faire un petit bilan de l'étude.

2. Étude d'une plaque trouée

On s'intéresse à une plaque trouée dont une représentation est donnée ci-dessous.



On suppose que la plaque est soumise à une charge répartie en traction dans sa plus grande direction. La charge est appliquée sur les deux surfaces latérales les plus petites. Les dimensions de la plaque sont :

- longueur 200 mm
- largeur 100 mm
- épaisseur 10 mm
- diamètre du trou 10 mm

On peut montrer que le fait que la plaque possède un trou dont les dimensions sont petites devant celle de la plaque conduit à une concentration de contrainte telle que le rapport entre la contrainte maximale dans la plaque trouée et la contrainte d'une plaque sans le trou vaut 3.

N.B. : la définition précédente n'est pas strictement celle du coefficient de concentration de contrainte !

Proposer une modélisation du problème et mettre en œuvre une méthode permettant de retrouver ce résultat. On s'attachera particulièrement à proposer un modèle qui permet de faire facilement varier le diamètre du trou.

Faire alors varier le diamètre du trou et vérifier que tant que le trou reste « petit » (on tentera de préciser le terme « petit » par un ordre de grandeur) l'indice de concentration de contrainte (égal à 3) ne dépend pas du diamètre du trou.

3. Étude d'une bielle – partie à rendre rédigée

On fournit le modèle géométrique d'une bielle (Bielle.CATPart) dont une représentation est proposée sur la figure suivante.



Plusieurs études sont proposées autour de cette bielle.

- Étude des vibrations en mode libre

On va chercher à identifier les 4 premiers modes de vibrations de cette structure : pour cela il faudra demander le calcul des 10 premiers modes propres... Justifier ce choix.

Identifier les six premiers modes calculés ainsi que leurs fréquences

On ne dispose pas ici d'indicateur d'erreur sur les résultats du calcul comme c'est le cas en statique : proposer une méthode permettant d'approcher au mieux les modes de vibrations de la bielle.

- Étude des vibrations avec prise en compte des conditions aux limites

On suppose que la bielle est en liaison pivot (plan prépondérant + centrage court) sur son plus grand diamètre, et en sphère-cylindre (centrage court) sur son petit diamètre. Modéliser ces conditions aux limites.

En calculant les 10 premiers modes de vibration, combien de modes/fréquences utiles donnent le calcul ?

Identifier, lorsque cela est possible, les modes rencontrés et donner leurs fréquences.

- Re-conception de la bielle

Les surfaces fonctionnelles de la bielle sont celles associées aux liaisons précédentes. Pour le dimensionnement on fait les hypothèses suivantes.



Moteur NovaRossi 3.5 cc (RX 21 Speed), 2.35 cv, à 32500 Tr/min

- La bielle fonctionne dans un moteur thermique utilisé dans les modèles réduits : micro moteur 2 temps, puissance développée d'environ 2 à 2.5 cv pour une fréquence de rotation de l'ordre de 30000 tr/min, carburant utilisé à base de nitro méthane. Ainsi, la fréquence d'excitation de la bielle est de l'ordre de :

$$f = \frac{1}{2\pi} \omega = \frac{1}{2\pi} \frac{30000 \times 2\pi}{60} = 500 \text{ Hz}.$$

- La distance entre les deux axes des liaisons pivot-glissant et sphère-cylindre est de 90 mm. Les grands diamètres et petits diamètres valent respectivement : 10 mm et 6 mm. Enfin la largeur minimale de la bielle au niveau des liaisons est de 8 mm.
- On souhaite que la première fréquence propre de la bielle soit au moins égale à 2 fois la fréquence d'excitation
- Pour le dimensionnement statique, et dans un souci de simplifier la modélisation, on suppose que le grand diamètre est encastré et que les efforts sur le petit diamètre sont de type « traction/flexion » dont l'intensité est de 1700 N en compression (efforts dû à la pression des gaz) et de 650 N en flexion (valeur maximale obtenue lorsque la bielle est à mi-course). On souhaite ne pas dépasser une valeur de contrainte équivalente maximale supérieure à 66 % de la limite élastique du matériau (coefficient de sécurité de 1,5).

À partir des données précédentes, concevoir une bielle qui respecte ces spécifications. On partira de la forme la plus simple possible pour ensuite faire évoluer la géométrie en tentant de l'optimiser afin d'obtenir une masse minimale. On conservera les différentes géométries et notices justificatives des calculs.