



Département Génie Mécanique et Productique
Laboratoire de dimensionnement des structures
17 rue de France
69627 Villeurbanne cedex

TP de Dimensionnement des Structures

Semestre N°2 – Module M2102



Rédigé par : équipe de DDS – Version N°1



Problème N°1 : Prise en main de RDM7

Cet exercice a pour objectif de vous faire découvrir le module ossature de RDM7®. Pour ce faire, on se propose de traiter l'exemple d'une poutre circulaire en AU4G posée sur deux appuis (figure N°1) :

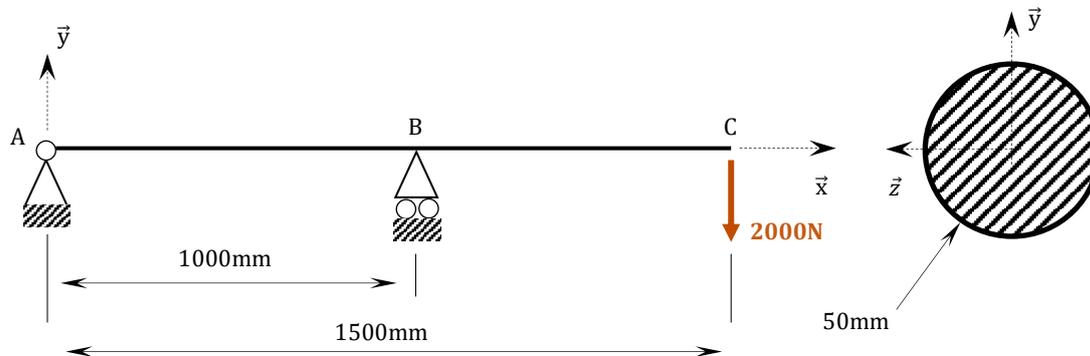


Figure N°1 : Exemple à traiter sous RDM6® ossature - plane

Répondez dans l'ordre aux questions suivantes :

Question N°1 : Modélisez la structure (géométrie, liaisons, effort, matériau) sous le logiciel RDM6® ossature (étude plane). Lancez et enregistrez le calcul.



Vidéos : « 1_Réaliser une étude sous RDM6® ».

Question N°2 : Donnez les réactions aux appuis (point A et B).

Question N°3 : Donnez les diagrammes des sollicitations et donnez le point le plus sollicité.



Vidéo : « 2_Editer une figure avec RDM6® ».

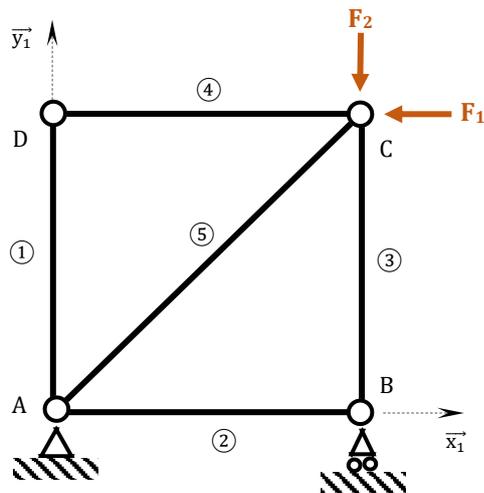
Question N°4 : Donnez la contrainte normale max au point le plus sollicité.

Question N°5 : Donnez le déplacement suivant \vec{y} du point C. Calculez la raideur de la structure.

Question N°6 : Calculez le coefficient de sécurité de la structure sachant que la limite d'élasticité du matériau qui la compose est $Re = 200\text{MPa}$.

Problème N°2 : Introduction à l'étude des treillis

On se propose dans cet exercice de mettre en place les outils nécessaires à l'étude des treillis sous le logiciel RDM7®. Pour se faire, on considère la structure suivante :



Données :

- $\|\vec{AB}\| = \|\vec{BC}\| = \|\vec{CD}\| = \|\vec{DA}\| = 1\text{m}$
- $\|\vec{F}_1\| = 10\text{kN}$
- $\|\vec{F}_2\| = 5\text{kN}$
- Les barres utilisées pour réaliser le treillis sont circulaires de diamètre 30mm.
- Le matériau employé est de type AU4G

La modélisation proposée considère que le treillis est un assemblage de barres. En d'autres termes, les poutres constituant la structure sont rotulées les unes aux autres.

Répondez dans l'ordre aux questions suivantes :

Question N°1 : Calculez le degré d'hyperstatisme de la structure (Cf. Annexe N°1).

Question N°2 : Réalisez l'étude proposée sous RDM7® en « rotulant » l'ensemble des barres entre elles. Lancez et enregistrez le calcul.



Vidéo : « 3_Etude d'un treillis ».

Question N°3 : Donnez les actions des liaisons aux points A et B.



Présentez les résultats des questions N°4 et N°5 avec un tableur Excel...

Question N°4 : Donnez la valeur des sollicitations dans chacune des barres de la structure.

Question N°5 : Donnez la contrainte normale de traction/compression dans chacune des barres de la structure.

Question N°6 : Modifiez la structure en supprimant les barres qui ne sont pas sollicitées. Lancez le calcul. Que se passe-t-il ?

Analysez ce problème en calculant le nouveau degré d'hyperstatisme de la structure.

Question N°7 : Proposez une forme de structure cohérente et limitant le nombre de barres.



Problème N°3 : Etude d'un cadre de vélo

On considère la modélisation plane suivante (figure N°1) représentant le cadre d'un vélo. Ce dernier est formé par l'assemblage de deux triangles quelconques :

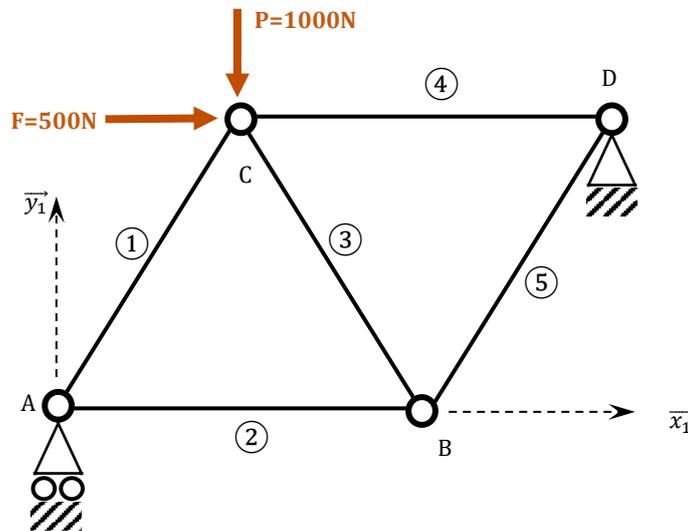


Figure N°1 : Modélisation du cadre de vélo

Le cadre est fabriqué à partir de tube circulaire en alliage d'aluminium AU4G dont les caractéristiques sont :

- Diamètre extérieur du tube (d [mm]) : 22
- Epaisseur des parois du tube (e [mm]) : 2
- Limite d'élasticité du matériau (R_e [MPa]) : 35
- Module de Young du matériau (E [GPa]) : 70

La longueur de chacune des barres composant le treillis est résumée dans le tableau suivant :

Barre N°	Longueur des barres [mm]
①	500
②	500 (barre horizontale)
③	600
④	700
⑤	700

Le cahier des charges retenu pour la conception du cadre impose un coefficient de sécurité de 5.

Répondez dans l'ordre aux questions suivantes :

Question N°1 : Modélisez le problème proposé dans une esquisse Solidworks puis importez la modélisation sous RDM7® ossature plane.



Vidéo « 4_Utiliser un format IGES sous RDM7®.

Question N°2 : Modélisez le problème proposé sous RDM7® ossature plane. Lancez et enregistrez le calcul.



Ne pas oublier de « rotuler » les poutres entre elles.

Question N°3 : Donnez les actions des liaisons aux points A et D.



Présenter les résultats des questions N°4 et N°9 avec un tableau Excel...

Question N°4 : Donnez la valeur de l'effort normal dans chacune des barres du cadre.

Question N°5 : Donnez le numéro de la barre la plus sollicitée en traction ainsi que la valeur de sa contrainte normale.

Question N°6 : Réalisez une étude de flambement (5 modes et 100 éléments)



Vidéo « 5_ Flambement_RDM6 »

Question N°7 : Donnez le numéro de la barre susceptible de flamber ainsi que la valeur de son coefficient critique. Quels seraient les charges P et F à appliquer pour faire flamber le cadre ?

On souhaite à présent optimiser les dimensions des tubes à implanter sur le cadre du vélo afin de diminuer sa masse tout en conservant sa résistance. Pour se faire, répondez dans l'ordre aux questions suivantes :

Question N°8 : Déterminez la relation donnant le diamètre extérieur du tube (noté « $\varnothing t$ » [mm]) à implanter sur le cadre en fonction de son épaisseur (notée « e » [mm]), de la limite d'élasticité du matériau employé (notée « Re » [MPa]), du coefficient de sécurité (noté « s » [SU]) et de l'effort normal dans la barre (noté « N » [N]).

Question N°9 : Calculez le diamètre extérieur de chacun des tubes à implanter sur le cadre en conservant une épaisseur fixe pour chacun d'eux (arrondir les résultats à un chiffre après la virgule).



Aidez-vous d'Excel® pour réaliser vos calculs plus rapidement...

Question N°10 : Implantez la section de chaque tube sur votre modélisation RDM7®.



Vidéo « 6_Dissocier les sections sous RDM7 »

Question N°11 : Validez l'optimisation du cadre aux regards des contraintes normales, du gain de masse et la résistance au flambement.

Problème N°4 : Etude de l'optimisation d'une bride

On considère la modélisation plane suivante (figure N°1) représentant une bride de serrage devant être optimisée à l'aide d'un treillis :

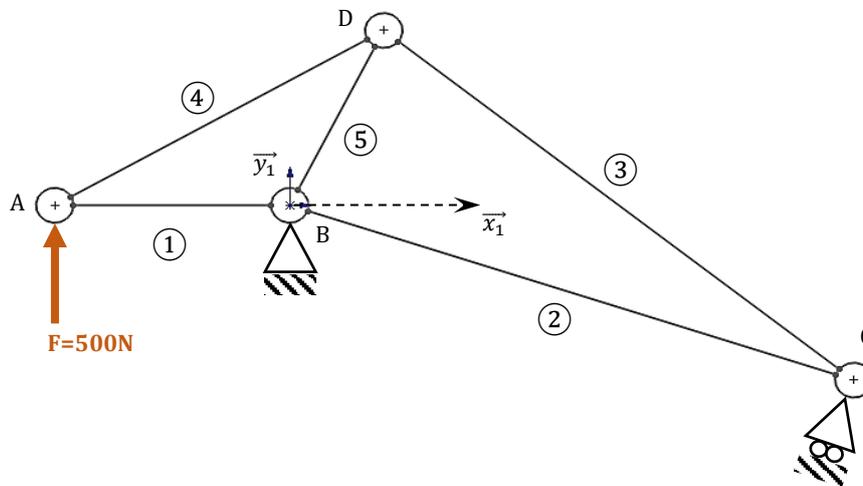


Figure N°1 : Modélisation de la bride

La bride est fabriquée à partir de profils rectangulaires en plexiglass ($R_e = 25\text{MPa}$). Le coefficient de sécurité adopté pour la conception est de 2. Les coordonnées (exprimées en [mm]) des différents nœuds sont :

$$- \overrightarrow{BA} = -50\overrightarrow{x_1} \quad - \overrightarrow{BD} = 20\overrightarrow{x_1} + 40\overrightarrow{y_1} \quad - \overrightarrow{BC} = 120\overrightarrow{x_1} + (-40)\overrightarrow{y_1}$$

La liaison ponctuelle en C est inclinée de 42° par rapport à $\overrightarrow{x_1}$.

Répondre dans l'ordre aux questions suivantes :

Question N°1 : Modélisez le problème proposé sous RDM7® ossature plane. Lancez et enregistrez le calcul.



- Ne pas oublier de « rotuler » les poutres entre elles.
- Vous pouvez utiliser la méthode de votre choix (Solidworks ou RDM7) pour le placement de vos nœuds.
- Utilisez des sections carrées de 10mm de côté pour lancer le premier calcul.



Vidéo : « 7_Changer le repère local d'un nœud »

Question N°2 : Donnez les actions des liaisons aux points A et D.

Question N°3 : Donnez la valeur de l'effort normal dans chacune des barres de la bride

Question N°4 : Calculez, à partir des résultats de la question précédente la largeur de la section de chaque poutre composant la bride pour assurer sa résistance (arrondir à un chiffre après la virgule) sachant que la dimension de chacune d'elle suivant l'axe \vec{z} vaut 8mm.

Question N°5 : Mettre à jour les dimensions des sections trouvées précédemment sur votre modèle RDM7® ossature plane. Lancez et enregistrez le calcul.

Question N°6 : Réalisez une étude de flambement (5 modes et 100 éléments) et modifiez la structure si nécessaire.

Question N°7 : Concluez quant au dimensionnement de la bride en rédigeant une note de dimensionnement (cf. Annexe N°2).



Annexe N°1 : Calcul du degrés hyperstatique d'une structure treillis

Pour caractériser l'état d'un mécanisme ou d'une structure il convient de déterminer ce qui est appelé le « degré d'hyperstatisme » (noté « h »).

Trois cas sont à distinguer :

- $h = 0$: Le mécanisme est dit ISOSTATIQUE. Ce cas est obtenu lorsqu'une liaison ou une combinaison de liaisons ne supprime qu'une seule fois les mobilités des pièces. De tous les points de vue c'est le plus favorable. En effet, le dimensionnement de la structure se fait « simplement » car le principe fondamental de la statique suffit à déterminer l'ensemble des efforts dans les liaisons.
- $h > 0$: Le mécanisme est dit HYPERSTATIQUE. Ce cas présente l'inconvénient de supprimer plusieurs fois un degré de liberté au sein de la structure ou du mécanisme. La fabrication des pièces constituant la structure doit alors être plus soignée pour permettre un montage sans contraintes parasites. L'utilisation d'éléments « élastiques/déformable » peut également être une solution.
- $h < 0$: Le mécanisme est dit HYPOSTATIQUE. Dans ce cas le système comporte trop de mobilité. Autrement dit, une pièce au moins conserve un degré de mobilité nuisible (instabilité, ruine, mouvement...).

Le calcul du degrés d'hyperstatisme pour une structure treillis se fait par l'intermédiaire de la formule suivante :

$$h = (I_{S\text{-posage}} + I_{S\text{-treillis}}) - d \cdot N_P$$

Avec :

- N_P : Nombre de barres (Le bâti n'est pas à prendre en compte).
- d : Constante ($d=3$ dans le plan et $d=6$ dans l'espace).
- $I_{S\text{-posage}}$: Somme du nombre d'inconnues statiques des liaisons entre le treillis et le bâti.
- $I_{S\text{-treillis}}$: Somme du nombre d'inconnues statiques des liaisons dans le treillis.

Rappelons également qu'une structure treillis est un assemblage d'une ou plusieurs barres et qu'une liaison ne peut relier que deux pièces maximum.

Ainsi :

$$I_{S\text{-treillis}} = 2 \cdot (2 \cdot N_P - N_{\text{nœud}})$$

Avec :

- $N_{\text{nœud}}$: Nombre de nœuds dans le treillis (convergence de plusieurs barres) .

Finalement :

$$h = I_{S\text{-posage}} + 2 \cdot (2 \cdot N_P - N_{\text{nœud}}) - d \cdot N_P$$



Annexe N°2 : Rédiger une notice de dimensionnement

L'objectif des informations contenues dans une notice de dimensionnement est de permettre de refaire le calcul, et donc de trouver les mêmes résultats sans autre ressource extérieure.

Une notice de dimensionnement doit comporter, dans l'ordre :

- ✓ Nom et prénom du rédacteur de la notice
- ✓ Introduction et contexte de l'étude (préciser clairement l'objectif de la notice)
- ✓ Présentation de la démarche suivie et des moyens mis en œuvre (logiciels avec le numéro de sa version, essais, ...)
- ✓ Présentation de la structure étudiée (dimensions, conditions aux limites (liaisons, efforts, ...), matériaux employés, sections, ...)
- ✓ Présentation des développements scientifiques (hypothèses utilisées, formules, ...) et/ou des conditions de simulation sous un logiciel et/ou des choix effectués (justifier l'utilisation d'un coefficient de sécurité, ...).
- ✓ Présentation des résultats pertinents (en fonction de l'étude, il peut s'agir du choix d'un matériau, de la recherche d'une section droite, ...)
- ✓ Conclusions visant à répondre à l'objectif

Attention :

- ✓ Aux fautes d'orthographe.
- ✓ La notice doit être claire (titres explicites) et synthétique (3 pages max).
- ✓ Les illustrations doivent être lisibles et pertinentes
- ✓ Les images, graphiques ou tableaux doivent toujours comporter un numéro (ce numéro sera repris dans le texte pour explications) et un titre.
- ✓ Les graphiques, images et tableaux doivent être commentés.
- ✓ Chaque partie de la notice doit être introduite en quelques lignes visant à présenter ses objectifs.