

## FICHE TD n°2 MQ12 : Choix des Matériaux & des Procédés

### Exercice 1 : Cadre de VTT

Le cadre de VTT de « bas de gamme » est en acier dont les caractéristiques mécaniques et dimensionnelles sont les suivantes :

Diamètre extérieur du tube :  $d = 25\text{mm}$ , Epaisseur du tube :  $e = 0.4\text{mm}$ , Module d'Young :  $E = 210\text{ GPa}$ , Résistance en traction :  $\sigma_m = 400\text{ MPa}$ , masse volumique :  $\rho = 7800\text{ kg/m}^3$ .

En raison du matériau utilisé dans le cadre, ce VTT est assez lourd ( $\approx 15\text{Kg}$ ). Pour améliorer le comportement du vélo, on dispose des matériaux présentés dans le tableau ci-dessous.

I – Peut-on réduire le poids du cadre avec ces matériaux sans perdre les caractéristiques mécaniques ?

II – Pour alléger de façon significative le VTT, quelle solution technique peut-on utiliser et avec quel matériau ?

III – En tenant compte d'autres aspects qui peuvent intervenir dans le choix du matériau, proposer des solutions optimales.



| Matériau                               | E (GPa) | R <sub>m</sub> (MPa) | ρ (Kg/dm <sup>3</sup> ) |
|--|---------|----------------------|-------------------------|
| Alu 5086 H16                           | 71      | 345                  | 2.66                    |
| Alu 7020 T5                            | 71      | 380                  | 2.78                    |
| CMM BP217                              | 100     | 460                  | 2.86                    |
| Ti T40                                 | 105     | 450                  | 4.51                    |
| Ti TA3V2.5                             | 103     | 860                  | 4.48                    |
| Reynolds 531                           | 220     | 802                  | 7.85                    |
| Reynolds 753                           | 220     | 1235                 | 7.85                    |
| Composite renforcé de fibre de carbone | 45      | 800                  | 1.9                     |
| Acier mi-doux                          | 210     | 400                  | 7.8                     |

### Exercice 2 : Choix de matériau pour un miroir pour grands télescopes

Il y a quelques très grands télescopes optiques dans le monde fabriqués avec des miroirs de grands diamètres (entre 4 et 12m). De fortes contraintes de stabilité dimensionnelle sont requises pour les miroirs pour éviter la détérioration de leurs propriétés optiques. Ces contraintes peuvent être prises en compte grâce à l'augmentation de la rigidité des matériaux choisis. A titre indicatif, un miroir en verre de 6m de diamètre, doit avoir une épaisseur minimale de 1m pour assurer une bonne rigidité. Le poids d'un tel miroir est de 70 tonnes ! Par ailleurs, la part du coût d'un miroir dans le prix d'un télescope varie entre 5-10%. Il en ressort de ces indications, qu'il est important de faire un choix de matériau limitant la déflexion du miroir sous l'effet de son poids, en réduisant également le coût du matériau. La masse volumique sera notée  $\rho$ , le coefficient de poisson  $\nu$  (il est considéré constant et égale à 0.3), le module d'Young  $E$ , le rayon du disque  $R$ , la masse du disque  $m$ , l'accélération de la pesanteur  $g = 10\text{ m/s}^2$ .

1°) Dresser le tableau indiquant la fonction du composant étudié, l'objectif, les contraintes, les variables libres et fixes du problème traité.

2°) Ecrire l'équation de la masse. Donner, en justifiant, l'expression analytique de l'indice de performance<sup>1</sup> qu'on notera  $I_1$  au regard de la minimisation de la masse en limitant la déflexion du disque.

On rappelle l'expression du volume  $v$  d'un disque de rayon  $R$  et d'épaisseur  $t$ . Dans le cas d'un disque encasté sous pression, la déflexion  $\delta$  au centre du disque et la contrainte maximale sont données par :

$$v = \pi R^2 t, \quad \delta = \frac{3}{4\pi} \frac{mg R^2}{E t^3} \quad \text{et} \quad \sigma_{\max} = \frac{3}{8} (1 + \nu) \frac{mg R^2}{t^2}$$

3°) Compléter le tableau ci-dessous (se limiter à un chiffre après la virgule) et discuter (relativement à l'indice de performance) les différentes solutions matériaux proposées par rapport au choix actuel : verre :

| Matériau                  | E (MPa) | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | c (euro/kg) | Propriétés optiques | Indice de réfraction <sup>2</sup> | $I_1$ (indiquer l'unité) |
|---------------------------|---------|-----------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Bois                      | 25000   | 900                         | 0.6         | Opaque              | -                                 |                          |
| Alliage d'Aluminium       | 70000   | 2700                        | 1.3         | Opaque              | -                                 |                          |
| Béton                     | 24000   | 2300                        | 0.04        | Opaque              | -                                 |                          |
| CFRP                      | 120000  | 1200                        | 32          | Opaque              | -                                 |                          |
| GFRP                      | 22000   | 1850                        | 15          | Translucide         | -                                 |                          |
| Mousse polymérique rigide | 3500    | 300                         | 15          | Opaque              | -                                 |                          |
| Verre                     | 80000   | 2600                        | 6           | Translucide         | 1.5                               |                          |

4°) Dans le cas spécifique CFRP, Alliage d'Aluminium, Mousse polymérique rigide et verre, calculer la masse (exprimée en tonne) d'un miroir de rayon 6m. En déduire l'épaisseur du miroir dans le cas où la déflexion  $\delta$  n'excède pas 10  $\mu\text{m}$ . Discuter les résultats obtenus.

5°) Quel commentaire pouvez-vous faire par rapport à l'application visée : matériau pour un miroir de télescope ? Peut-on préconiser des solutions en termes de revêtement pour palier au problème ?

<sup>1</sup> On attire l'attention sur le fait que maximiser  $I^n$  revient à maximiser  $I$  pour  $n = C^{\text{ste}}$ .

<sup>2</sup> La vitesse de la lumière dans le vide est la plus rapide qui soit. Lorsqu'elle pénètre dans un matériau, elle ralentit. L'indice de réfraction est le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide par rapport à celle dans le milieu.