

Matériaux pour rames d'aviron

La démarche de conception est centrée ici sur l'innovation : en quoi la connaissance des matériaux va-t-elle permettre d'inventer des solutions innovantes à un problème technologique précis ?

1. Analyse fonctionnelle et rédaction du cahier des charges.

1.a) *Quels moyens imaginez-vous pour la propulsion d'un bateau ? Sur quels principes mécaniques ces moyens reposent-ils ?*

1.b) *On va se focaliser sur la propulsion par rames. Faites l'analyse fonctionnelle d'une rame. Vous répondrez en particulier aux questions suivantes :*

- *Quelle est la fonction de la rame ?*
- *Comment une rame est-elle sollicitée en service ? Quelles sont les conditions aux limites ?*
- *Que cherche-t-on à maximiser ou minimiser ici (« sollicitations dimensionnantes ») ?*

1.c) *Rédaction du cahier des charges. En vous appuyant sur la géométrie générale donnée sur les figures 1 et 2,*

- *listez les différents attributs de la rame : comment est-elle caractérisée en termes de géométrie et de propriétés ?*
- *En termes d'astreintes, quelles sont les propriétés qu'il faut « juste satisfaire » mais non nécessairement « optimiser » ? Les astreintes liées à ces propriétés sont-elles fortes ou légères ?*
- *Quelle est la propriété « d'objectif », c'est-à-dire celle qui fait qu'un matériau sera meilleur qu'un autre pour cette application ?*
- *Précisez la géométrie choisie. Quelles sont les variables géométriques fixées par le problème et les variables géométriques libres ?*

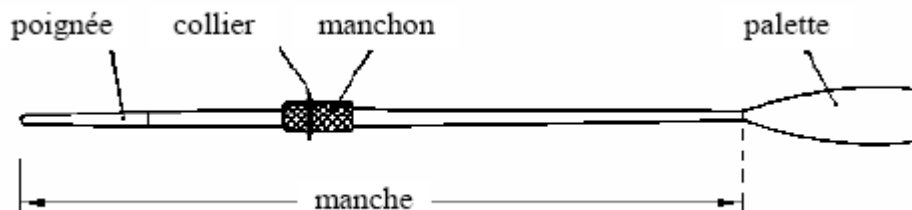


Figure 1 : Structure d'une rame d'aviron

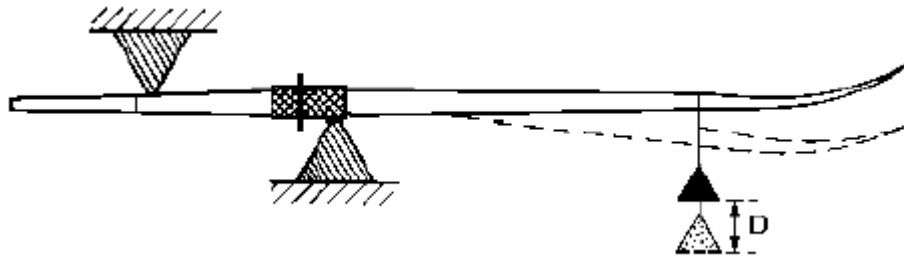


Figure 2 : Mesure de la rigidité d'une rame d'aviron

2. Modélisation et calcul de l'indice de performance

On s'intéresse ici à la partie « tige » de la rame, qui est essentiellement soumise à des efforts de flexion. On considérera un cylindre plein de section circulaire constante.

- 2.a) *Exprimez la fonction d'objectif en fonction de la géométrie et des propriétés matériau.*
- 2.b) *Une des variables n'est pas connue. En utilisant le cahier des charges et les formulaires ci-joints, trouvez une équation permettant d'éliminer la variable inconnue dans la fonction objectif.
Déduisez-en la formulation de la fonction d'objectif en identifiant bien les contributions respectives de la géométrie, des spécifications fonctionnelles et des propriétés matériau.*
- 2.c) *Quel est l'indice de performance à maximiser pour trouver les meilleures solutions ?*

Indications :

Calcul d'une flèche δ sous un moment M fixé : $\delta = \frac{ML^2}{C_1 EI}$

où I est le moment d'inertie de la poutre et E est le module d'Young du matériau. La constante C_1 (sans unité) est donnée dans le Tableau 1 et le moment d'inertie est donné dans le Tableau 2. Les conditions d'essai de rigidité sont montrées sur la Figure 2.

On considère que la poutre est défaillante par plasticité lorsque la limite d'élasticité σ_y est localement atteinte. On écrit la valeur du moment critique : $M_f = \frac{I}{\gamma_m} \sigma_y$

où γ_m est la distance de la fibre neutre (en flexion) à la surface extérieure de la poutre (typiquement la moitié de l'épaisseur de la section).

TABLEAU 1 : FORMULAIRE DE RESISTANCE DES MATERIAUX : RIGIDITE EN FLEXION

Conditions aux limites	C_1
Poutre encastrée à une extrémité, chargée à l'autre	1
Poutre encastrée à une extrémité, chargée uniformément dans la longueur	8
Poutre fixée par deux rotules, appui central	48
Poutre encastrée aux deux extrémités, appui central	192

TABLEAU 2 : FORMULAIRE DE RESISTANCE DES MATERIAUX : MOMENT D'INERTIE

Géométrie de la section	$I \text{ (en m}^4\text{)}$
Disque plein, de rayon r	$\frac{\pi \cdot r^4}{4}$
Carré plein, de côté a	$\frac{a^4}{12}$
Triangle équilatéral plein, de côté a	$\frac{a^4}{32\sqrt{3}}$

3. Sélection des matériaux

- 3.a) *A partir des indices de performances calculés dans la partie précédente, tracez dans le logiciel CES Edupack les diagrammes qui vous paraissent les plus pertinents pour la sélection des matériaux pour la rame d'aviron ? Utilisez le « bon » diagramme pour trouver les « meilleures » solutions. Listez celles-ci.
Certaines solutions doivent évidemment être rejetées. Pourquoi ?*
- 3.b) *On ajoute le diagramme 3, qui donne des indications sur la résistance de différents matériaux à l'environnement et au rayonnement UV. Utilisez ces données pour affiner encore votre sélection, et donnez la liste finale des familles de matériaux sélectionnées.*
- 3.c) *Commentez la faisabilité des différentes solutions choisies et comparez avec ce qui existe sur le marché.*

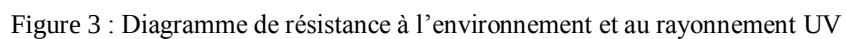


Figure 3 : Diagramme de résistance à l'environnement et au rayonnement UV