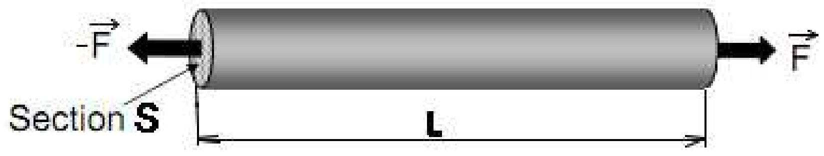
Choix de matériaux à partir d'un indice de performance

Exercices

Jean-Paul Krebs (Ac. Rouen)

Choix de matériau à partir d'un indice de performance

Mise en situation



Une pièce appelée tirant, est soumise à une sollicitation de traction. En effet elle est soumise à deux forces extérieures de même intensité, de sens opposés et de même support : la ligne moyenne de la poutre.

On souhaite concevoir un tirant **solide** et **léger**.

Hypothèses
- Sa forme permet de l'assimiler à une poutre.
- Son matériau est homogène et isotrope

La théorie de la RDM peut s'appliquer.

Données :
- L'intensité des forces F est donnée.
- L'aire de la section S est variable
- La longueur initiale L est imposée.

Résolution du problème

1°) Il faut répondre à 3 questions :

a) Quelles sont les exigences à respecter ?
- F est imposée ;
- L : est imposée ;
- Il faut que la pièce résiste : la contrainte de traction σ doit rester inférieure à la limite élastique du matériau Re (on a pas pris de coeff de sécurité pour cet exemple).

$\sigma < Re$ autrement dit $\sigma_{max} = Re$
(avec $\sigma_{max} = F_{max} / S_{min}$ par définition)

b) Quel est l'objectif ?

On souhaite minimiser la masse m :
$m = \rho . V$ (ρ : masse volumique et V : volume)
$m = \rho. S .L$

c) Quels sont les paramètres variables sur lesquels on peut jouer ?
- l'aire de la section : S ;
- la limite élastique du matériau : Re ;
- la masse volumique : ρ.

2°) Recherche d'un indice de performance

On exprime m en fonction de 2 variables : Re et ρ
On va éliminer S des équations car ce n'est pas sur la géométrie qu'on veut jouer.

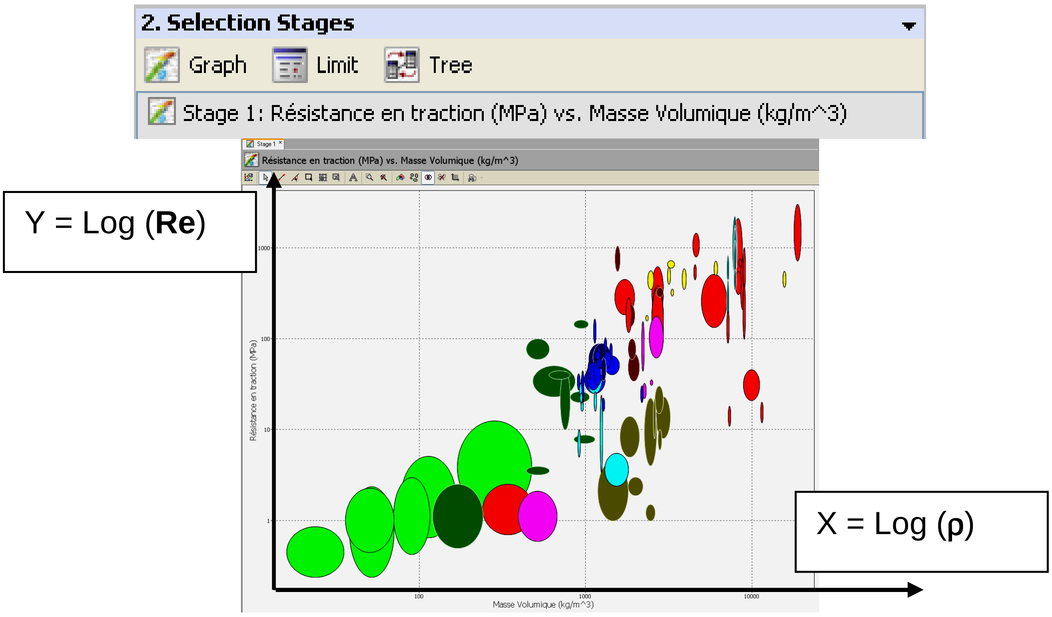
m = ρ.S.L   or S = F / σ_{max} donc   m = F.L.$\left(\dfrac{\rho}{Re}\right)$

La performance à obtenir est de minimiser m, cela consiste donc à minimiser le rapport $\left(\dfrac{\rho}{Re}\right)$ ou à maximiser $\left(\dfrac{Re}{\rho}\right)$.

Conclusion : L'indice de performance est : P = $\left(\dfrac{Re}{\rho}\right)$

3) Exploitation sur un logiciel de base donnée de matériaux du type CES Edupack

a) On trace un graphe exprimant le log(**Re**) en fonction du log(ρ)



b) Traduction graphique de l'indice de performance P

on applique la fonction logarithme à P :

log **P** = log $\left(\dfrac{Re}{\rho}\right)$ donc log **P** = log (**Re**) - log(ρ)

log(Re) = log(ρ) + log (P)

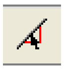
On se ramène ainsi à une fonction du type Y = a.X + b :

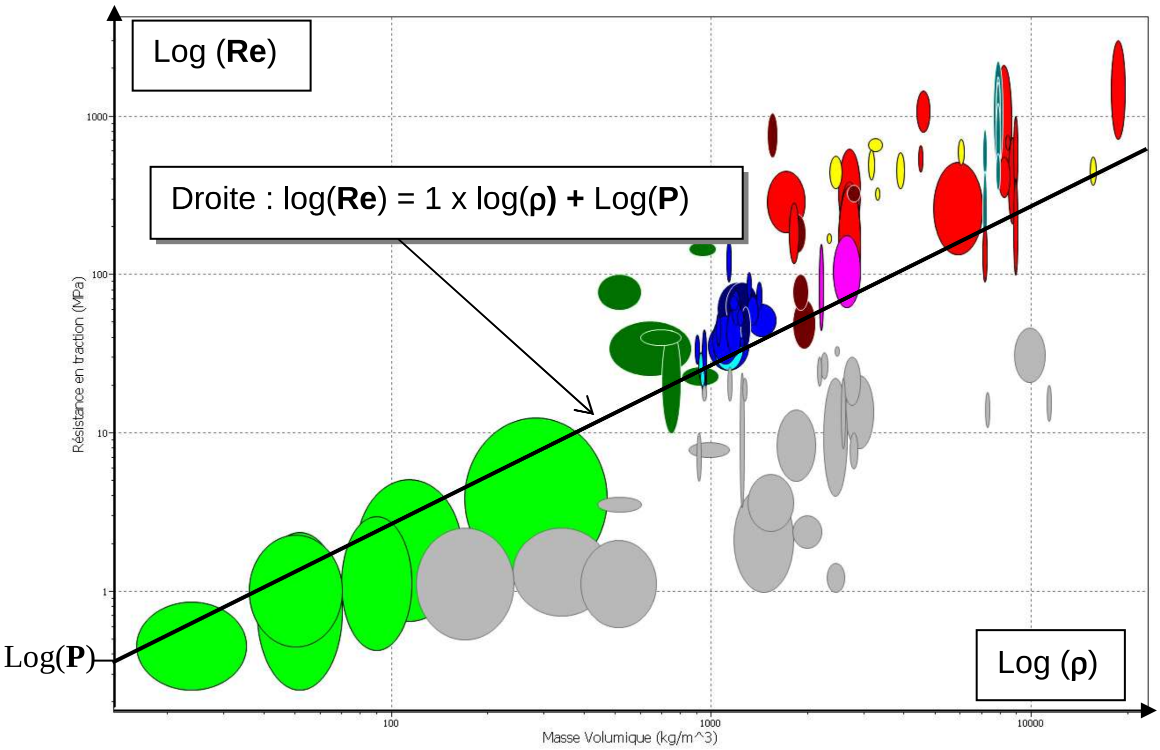
log(Re) = 1. log(ρ) + log (P)

$$\downarrow \qquad \downarrow \qquad \downarrow$$

Y = 1. X + log(P)

Graphiquement c'est une droite de coefficient directeur 1 et d'ordonnée à l'origine log(P)

On trace une droite de pente 1. Cliquer sur  **puis définir la pente (slope) :** 



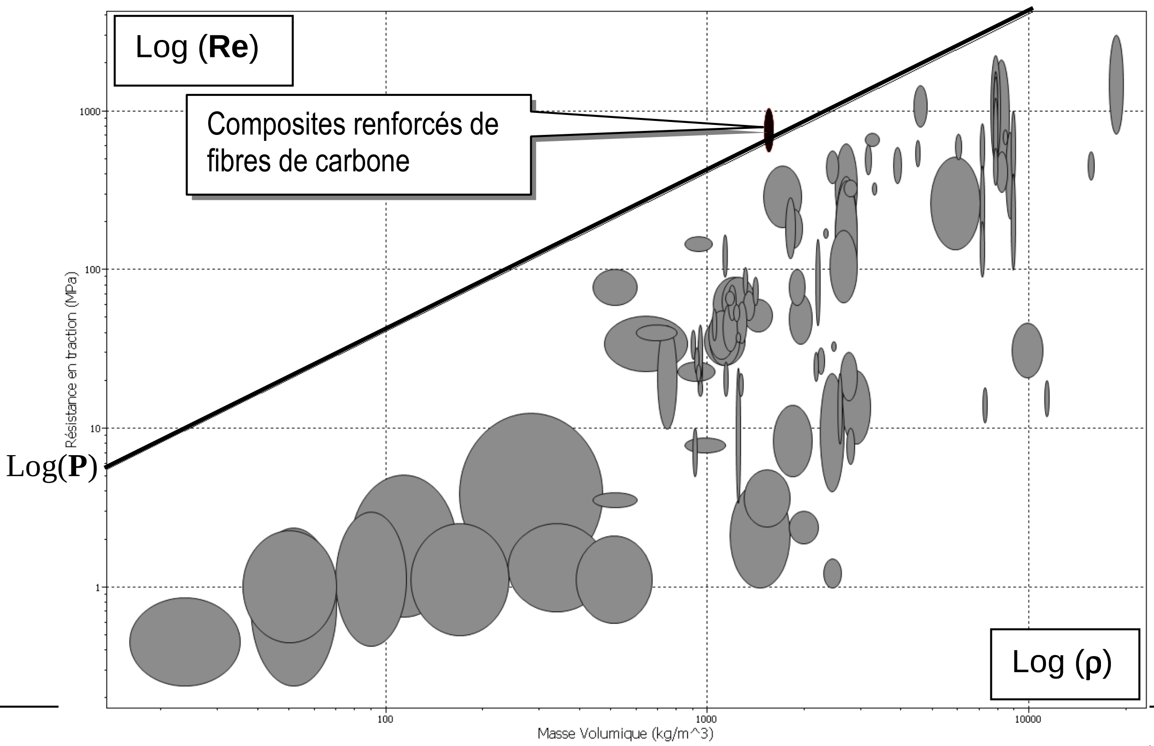
On rappelle qu'on cherche à maximiser P, donc à maximiser log(P).

Le problème revient à chercher où se situe la droite **ayant la plus grande ordonnée à l'origine** et croisant des matériaux.

<u>**Conclusion**</u>

On trouve la famille de matériaux ayant le plus grand rapport $\left(\frac{Re}{\rho}\right)$

C'est la famille des composites en fibres de carbone.



Choix de matériau à partir d'un indice de performance

Il reste ensuite à sélectionner un des matériau de cette famille.

On y trouve des composites ayant une limite élastique Re valant entre 550 et 1050 MPa

Stage 1 | Composites renforcés de fibres de carbone (CFRP)

Composites renforcés de fibres de carbone (CFRP)

Layout: Edu Niveau 2 Show/Hide

Description

Le Matériau

Les composites renforcés par des fibres de carbone (CFRP) offrent une plus grande rigidité et une meilleure tenue mécanique que n'importe quel autre type de composites mais ils sont nettement plus chers que les GFRP (voir cette fiche). Les fibres continues dans une matrice polyester ou époxy donnent les performances les plus élevées. Les fibres supportent les charges mécaniques, alors que le matériau de la matrice transmet la charge aux fibres et offre la ductilité et la résistance aux chocs ainsi que la protection des fibres contre les dégâts causés par la manipulation et l'environnement. C'est le matériau de la matrice qui limite la température de service et les conditions de mise en œuvre.

Composition (résumé)

Epoxy + renfort de fibres de carbone continues de type HS (0, +-45, 90), disposition quasi isotrope.

Le matériau dans un produit

Légende de l'illustration

Un cadre de vélo en CFRP pesant seulement 1,08 kg, avec la gracieuse permission de TREK.

Propriétés générales

Masse Volumique	1.5e3	-	1.6e3	kg/m^3
Prix	* 30.7	-	33.7	EUR/kg

Propriétés mécaniques

Module de Young	69	-	150	GPa
Module de cisaillement	28	-	60	GPa
Module de compressibilité	43	-	80	GPa
Coefficient de Poisson	* 0.305	-	0.307	
Limite élastique	550	-	1.05e3	MPa
Résistance en traction	550	-	1.05e3	MPa
Résistance à la compression	440	-	840	MPa
Allongement	* 0.32	-	0.35	%
Mesure de dureté Vickers	* 10.8	-	21.5	HV
Limite de fatigue	* 150	-	300	MPa
Ténacité	* 6.12	-	20	MPa.m^1/2
Coefficient d'amortissement (tan delta)	* 0.0014	-	0.0033	

Re

On sélectionne un des composites ayant une certaine limite élastique Re, pour en déduire l'aire S de la section du tirant.:

Sachant que la condition de résistance est **F/S < Re**

Cela impose que : S > Re / F

Conclusion il faudra concevoir un tirant de section minimale Re / F

Author

We would like to thank Jean-Paul Krebs
from Ac. Rouen
for contributing this resource.
You can contact him via the email address
jean-paul.krebs@ac-rouen.fr.

Reproduction

These resources have been contributed on the basis that you can download and reproduce these resources in order to use them with students. You should make sure that the author and their institution are credited on any reproductions.
You cannot use this resource for any commercial purpose.

Accuracy

We try hard to make sure that resources in Granta's Teaching Resource Website are of a high quality. If you have any suggestions for improvements, you can contact the author using the contact details above.

Other resources include:

- 19 PowerPoint lecture units
- Exercises with worked solutions
- Recorded webinars
- Posters
- White Papers
- Solution Manuals
- Interactive Case Studies

GRANTA TEACHING RESOURCES