

Le système ostéo-musculaire

Partie 1 : Facteurs d'échelle

Contraction musculaire, métabolisme et dimensions
Monstres, lilliputiens et puces savantes

Partie 2 : Le squelette comme support

Le système : matériau, centre de gravité et forces
Elasticité, déformation et rupture
Posture et mouvement : équilibre d'un solide

Partie 3 : Le muscle comme moteur du mouvement

Puissance musculaire
Rendement métabolique
Limites

Partie 1 : Facteurs d'échelle

Analyse dimensionnelle

Grandeur physique	Définition	Unités (ou dimension)
masse volumique	$\rho = m/V$	kg/m^3
accélération	$a = \Delta v / \Delta t$	m/s^2
force	$F = ma$	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
travail ou énergie	$A = f \cdot d$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$
puissance	$P = E/t$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$
chaleur massique	$c = E_{\text{therm}}/m \cdot \Delta\theta$	$\text{m}^2/(\text{°} \cdot \text{s}^2)$
courant électrique	$I = Q/t$	A
tension électrique	$U = E_{\text{el}}/Q$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{A} \cdot \text{s}^2$
pression	$p = F/S$	$\text{kg}/\text{s}^2 \cdot \text{m}$
champ électrique	$E = F/q$	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{A} \cdot \text{s}^3$
champ magnétique	$F = qvB \quad B = F/q \cdot v$	$\text{kg} / \text{A} \cdot \text{s}^4$
etc...		

Exemple

On sait par expérience que l'accélération dans un virage dépend de la vitesse à laquelle on le prend et de son rayon de courbure. La seule possibilité est : $a \propto \frac{v^2}{r}$

Partie 1 : Facteurs d'échelle

Monstres, lilliputiens et puces savantes

Des araignées géantes pourraient-elles avoir des pattes proportionnellement aussi grêles que les araignées réelles ?

1. Considérons le corps de l'araignée comme une sphère de rayon R , supportée par un cylindre de rayon r . A quel effort (ou tension) le cylindre porteur est-il soumis ? Exprimez le en fonction du poids de la sphère et de la section du cylindre.
2. Cet effort produit un allongement (ou une compression) relative, qui ne dépend que des propriétés élastiques du matériau. En considérant que les pattes de toutes les araignées soient faites du même matériau, expliquez pourquoi une araignée dont le corps a un rayon de $2R$ doit avoir des membres plus trapus.

Partie 1 : Facteurs d'échelle

Monstres, lilliputiens et puces savantes

Revenons sur le saut de puce.

Une puce peut sauter 200 fois sa taille. Que se passerait-il si elle était mille fois plus grande ? Comment sa masse varierait-elle ? Et la puissance développée par ses pattes (proportionnelle à la section de ces dernières) ? Quelle distance pourrait-elle sauter ?

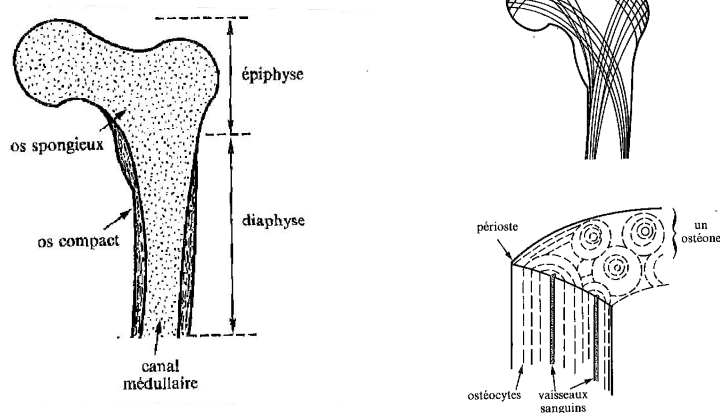
Partie 1 : Facteurs d'échelle

Monstres, lilliputiens et puces savantes

Comment la taille d'un organisme joue-t-elle sur les pertes de chaleur ? Sur l'apport en oxygène ?

Partie 2 : Le squelette comme support

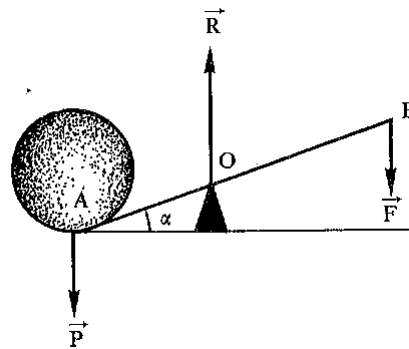
Le tissu osseux



Partie 2 : Le squelette comme support

Statique : équilibre d'un corps solide

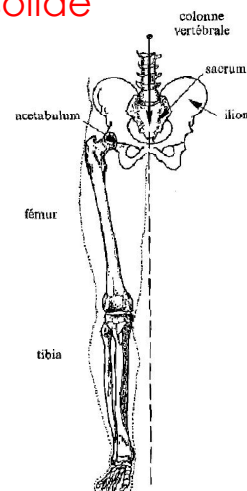
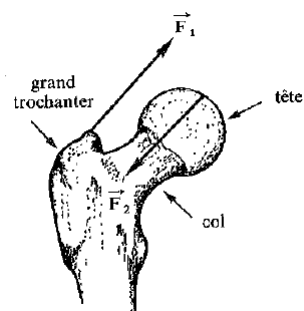
Moment des forces



Partie 2 : Le squelette comme support

Statique : équilibre d'un corps solide

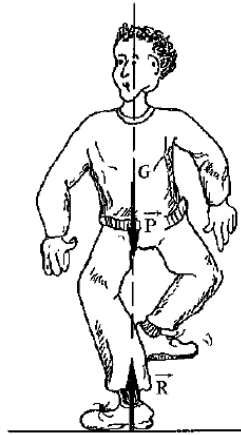
Application : la hanche



Partie 2 : Le squelette comme support

Statique : équilibre d'un corps solide

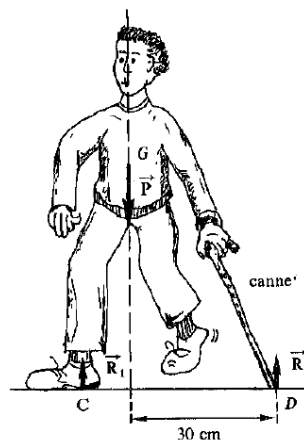
Application



Partie 2 : Le squelette comme support

Statique : équilibre d'un corps solide

Application



Partie 2 : Le squelette comme support

Elasticité, déformation et rupture

Loi de Hooke

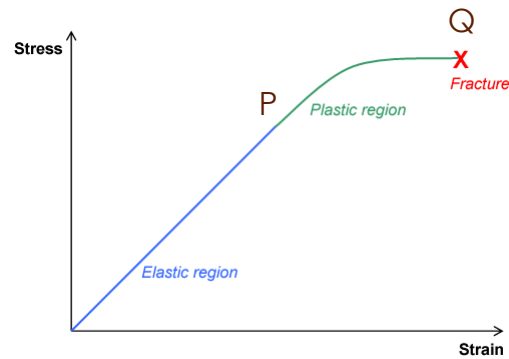
$$\sigma = E \times \varepsilon$$

Contrainte $\sigma = \frac{F}{S}$

Module d'Young E

Déformation

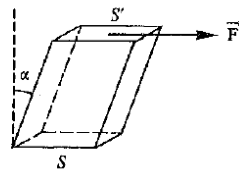
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}$$



Partie 2 : Le squelette comme support

Elasticité, déformation et rupture

Cisaillement



	E ($N \cdot m^{-2}$)	G ($N \cdot m^{-2}$)
Aluminium	7×10^{10}	$2,5 \times 10^{10}$
Fer	20×10^{10}	8×10^{10}
Acier ordinaire	$(1,8 \text{ à } 2,5) \times 10^{11}$	$(7,5 \text{ à } 10) \times 10^{10}$
Cuivre	12×10^{10}	4×10^{10}
Bronze	11×10^{10}	$4,5 \times 10^{10}$
Os compact	$1,7 \times 10^{10}$	$0,8 \times 10^{10}$
Os spongieux	$1,7 \times 10^8$	10^8

Partie 2 : Le squelette comme support

Elasticité, déformation et rupture

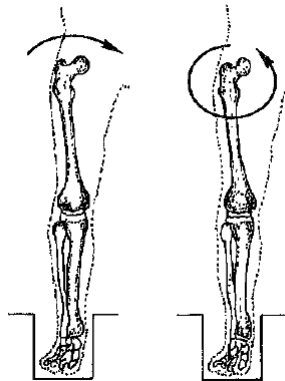
Application

Quel est le raccourcissement du tibia ($r = 1 \text{ cm}$) sous l'effet du poids de la personne (70 kg)

Partie 2 : Le squelette comme support

Elasticité, déformation et rupture

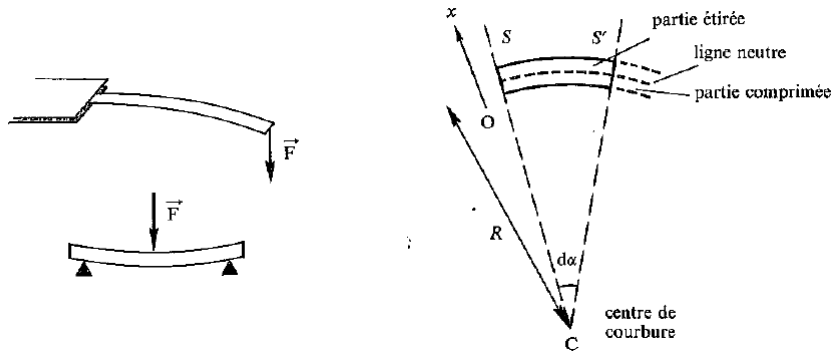
Application



Partie 2 : Le squelette comme support

Elasticité, déformation et rupture

Application



Partie 2 : Le squelette comme support

Elasticité, déformation et rupture

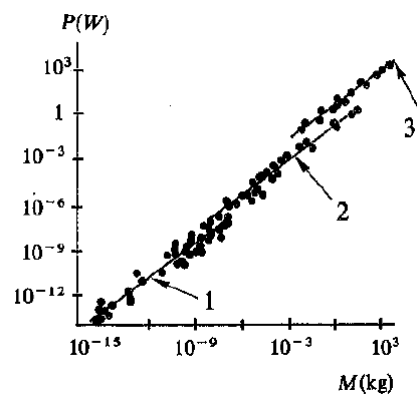
Application

Matériau	E ($\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$)	F/S ($\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$)	
		Point P	Point Q
Aluminium	7×10^{10}	5×10^7	15×10^7
Fer	2×10^{11}	2×10^8	4×10^8
Acier ordinaire	$2,5 \times 10^{11}$	10^9	2×10^9
Cuivre	$1,2 \times 10^{11}$	10^7	3×10^7
Bronze	$1,1 \times 10^{11}$	10^7	3×10^7
Os compact	$1,7 \times 10^{10}$	5×10^7	$1,5 \times 10^8$
Élastine	0,2 à 3×10^6	$1,2 \times 10^7$	$1,3 \times 10^7$

Partie 3 : Le muscle comme moteur du mouvement

Puissance musculaire

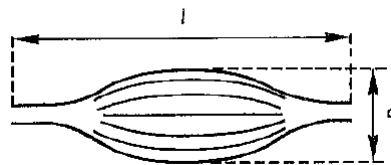
Première approche
...Métabolisme et chaleur



Partie 3 : Le muscle comme moteur du mouvement

Puissance musculaire

Première approche
...Métabolisme et chaleur



Partie 3 : Le muscle comme moteur du mouvement

Puissance musculaire

La course

