Chapitre 11

EXERCICES

Feuille n°2

CORRECTION

ENERGETIQUE

Formes d'énergie

EXERCICE 1

Une masse $m = 1\,T$ est placée à la hauteur $h = 10\ m$ dans le champ de pesanteur terrestre $g = 10\ m \cdot s^{-2}$.

a) Calculer en J l'énergie potentielle E_p dont elle dispose.

L'énergie potentielle de hauteur (ou de gravitation) est une des deux formes de l'énergie mécanique (l'autre étant l'énergie cinétique issue du mouvement).

L'énergie potentielle de hauteur est donnée par la relation $E_p = m \cdot g \cdot h$; on a donc :

$$E_p = m \cdot g \cdot h = (1 \times 1000) \times 10 \times 10 = 10000 = 10^5\ J$$

Attention à bien convertir la masse en kg (initialement donnée en tonnes).

b) Calculer en m la hauteur h' à laquelle il faut la placer pour que son énergie potentielle soit de $10^3\ J$.

On repart de $E_p = m \cdot g \cdot h$ et on retourne l'équation pour exprimer ce qu'on cherche, la nouvelle hauteur h' :

$$E_p' = m \cdot g \cdot h' \quad \Leftrightarrow \quad h' = \frac{E_p'}{m \cdot g} = \frac{10^3}{1000 \times 10} = \frac{10^3}{10^4} = 10^{-1} = 0{,}1\ m$$

(pas besoin de calculatrice ici)

EXERCICE 2

Un condensateur de capacité $C = 10^{-4}\ F$ est soumis à une tension électrique continue $U = 5\,V$.

a) Calculer en J l'énergie potentielle E_p dont il dispose.

Un condensateur est un composant électronique capable de stocker de l'énergie électrique. Soumis à une tension électrique continue, il va se charger, jusqu'à ce que sa capacité soit atteinte. La capacité est exprimée en Farads (F, du physicien Faraday). Une fois chargé, il pourra se décharger (se vider) dans un autre composant qu'on brancherait à ses bornes (une résistance électrique par exemple).

L'énergie stockée par un condensateur est donnée par la relation $E_p = \frac{1}{2} C \cdot U^2$; on a donc :

$$E_p = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \times 10^{-4} \times 5^2 = 0{,}00125\ J = 1{,}25 \cdot 10^{-3}\ J$$

puissances de 10 recommandées ici

b) Calculer en V la tension à lui appliquer pour que l'énergie stockée soit $E_p = 2\ mJ$.

On repart de $E_p = \frac{1}{2} C \cdot U^2$ et on retourne l'équation pour exprimer ce qu'on cherche, la nouvelle tension électrique U :

$$E_p = \frac{1}{2} C \cdot U^2 \quad \Leftrightarrow \quad U = \sqrt{\frac{2 \cdot E_p}{C}} = \sqrt{\frac{2 \times (0{,}002)}{10^{-4}}} = 6{,}32\ V$$

Attention à bien convertir l'énergie en J (initialement donnée en mJ).

EXERCICE 3

On considère un ressort de compression de raideur $k = 1{,}2\ N \cdot mm^{-1}$, de longueur à vide $L_0 = 200\ mm$ et soumis à une charge $F = 80\ N$.

a) Calculer en mm puis en m son allongement.

Pour un ressort de compression, la longueur à vide correspond à celle qu'il a quand on ne le comprime pas, c'est-à-dire quand il n'y a pas de chargement. Sa loi de comportement est donc affine (l'ordonnée à l'origine est nulle).

On a $F = k \cdot x$ où x est l'allongement.

$$F = k \cdot x \quad \Leftrightarrow \quad x = \frac{F}{k} = \frac{80}{1{,}2} = 66{,}7\ mm$$

Attention aux unités : comme la raideur est en N.mm^{-1} et la force en N, l'allongement est bien en mm.

b) Calculer en mm sa longueur sous charge.

Le ressort à une longueur initiale $L_0 = 200\ mm$ et il est raccourci de $x = 66{,}7\ mm$.

Partant de $x = \Delta x = L_0 - L_1$, on a $L_1 = L_0 - x = 200 - 66{,}7 = 133{,}3\ mm$

c) Exprimer sa raideur k en $N \cdot m^{-1}$.

Ici, il faut bien réfléchir pour ne pas faire n'importe quoi : la raideur donnée vaut k=1,2 N.mm^{-1} ; cela signifie qu'il faut 1,2 N pour comprimer le ressort de 1 mm. Du coup, combien de N faut-il pour le comprimer de 1 m ? (puisqu'on veut la raideur en N.m^{-1}) et bien… 1000 fois plus ! Car dans 1 m il y a 1000 mm donc :

$$k = 1{,}2 \times 1000 = 1200\ N \cdot m^{-1}$$

d) Calculer en J l'énergie potentielle dont il dispose.

L'énergie potentielle accumulée par le ressort est donnée par la relation $E_p = \frac{1}{2} k \cdot x^2$; on a donc :

$$E_p = \frac{1}{2} k \cdot x^2 = \frac{1}{2} \times 1200 \times \left(\frac{66{,}7}{1000}\right)^2 = 2{,}67\ J$$

Attention aux unités : la compression x doit être prise en m (et non en mm) ; pour la raideur, on vous l'a fait convertir avant dans la bonne unité (unité légale) ; si on ne vous l'avait pas demandé, il aurait fallut faire la conversion quand même.

e) Calculer en $N \cdot mm^{-1}$ la raideur qu'il devrait avoir pour emmagasiner une énergie potentielle $E_p = 5\ J$ avec le même allongement.

Le point de départ est le même : $E_p = \frac{1}{2} k \cdot x^2$, mais on retourne l'équation pour avoir la raideur k :

$$E_p = \frac{1}{2} k \cdot x^2 \quad \Leftrightarrow \quad k = \frac{2 \cdot E_p}{x^2} = \frac{2 \times 5}{0{,}0667^2} = 2247{,}7 N \cdot m^{-1} = 2{,}25 N \cdot mm^{-1}$$

EXERCICE 4

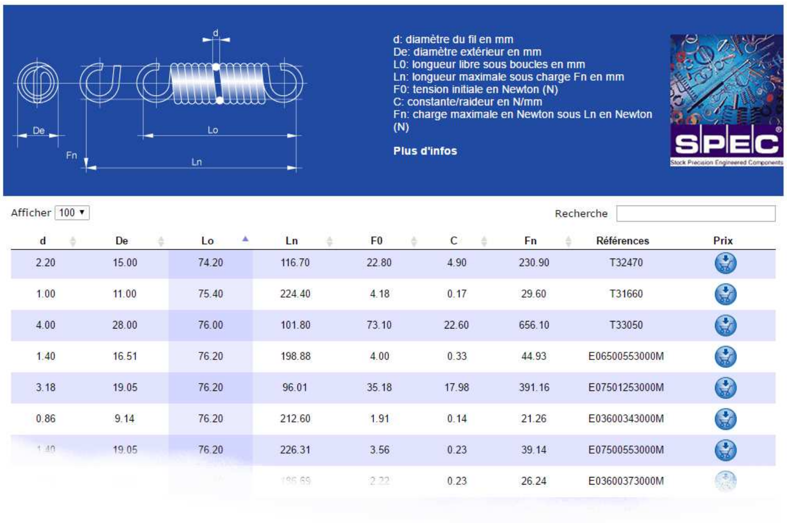
On considère le ressort de traction de référence « T33050 ».

a) Donner sa longueur à vide : $L_0 =$ 76 mm

b) Donner sa tension initiale : $F_0 =$ 73,1 N

c) Donner sa raideur : $k =$ 22,6 N.mm^{-1}

d) Déterminer la loi de comportement du ressort $F = F(x)$.



d	De	Lo	Ln	F0	C	Fn	Références	Prix
2.20	15.00	74.20	116.70	22.80	4.90	230.90	T32470	
1.00	11.00	75.40	224.40	4.18	0.17	29.60	T31660	
4.00	28.00	76.00	101.80	73.10	22.60	656.10	T33050	
1.40	16.51	76.20	198.88	4.00	0.33	44.93	E06500553000M	
3.18	19.05	76.20	96.01	35.18	17.98	391.16	E07501253000M	
0.86	9.14	76.20	212.60	1.91	0.14	21.26	E03600343000M	
1.40	19.05	76.20	226.31	3.56	0.23	39.14	E07500553000M	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2.22	0.23	26.24	E03600373000M	

Attention, le ressort a une tension initiale, c'est-à-dire que sans allongement (x = 0), il y a déjà une force de 73,1 N ; son comportement est linéaire mais pas affine :

$F(x) = k \cdot x + b$ avec k le coefficient directeur de la droite (c'est la raideur) et b l'ordonnée à l'origine, qui correspond à la tension quand il n'y a pas d'allongement, c'est-à-dire la tension initiale $F(x=0) = F_0 = 73{,}1\ N$.

On a donc : $F(x) = 22{,}6 \cdot x + 73{,}1$ qu'on écrit plus simplement $F = 22{,}6 \cdot x + 73{,}1$

e) Calculer en mm son allongement sous une charge $F = 100\ N$.

On part de $F = 22{,}6 \cdot x + 73{,}1$ et on la retourne pour exprimer l'allongement :

$$F = 22{,}6 \cdot x + 73{,}1 \quad \Leftrightarrow \quad x = \frac{F - 73{,}1}{22{,}6} = \frac{100 - 73{,}1}{22{,}6} = 1{,}19\ mm$$

f) Calculer en J l'énergie potentielle dont il dispose.

L'énergie potentielle accumulée par le ressort est donnée par la relation $E_p = \frac{1}{2} k \cdot x^2$; on a donc :

$$E_p = \frac{1}{2} k \cdot x^2 = \frac{1}{2} \times (22{,}6 \times 1000) \times \left(\frac{1{,}19}{1000}\right)^2 = 0{,}016\ J$$

Attention aux unités : la compression x doit être prise en m (et non en mm) et la raideur en N.m^{-1} et non en N.mm^{-1}. Les conversions ont directement été intégrées dans le calcul…

EXERCICE 5

Une voiture parcourt une distance $d = 260\ km$ sur l'autoroute à la vitesse $v = 130\ km \cdot h^{-1}$; l'indicateur de consommation a tout le temps indiqué une consommation d'essence $c = 7{,}3\ l \cdot 100\ km^{-1}$.

a) Calculer en l le volume d'essence consommé V_{ess}.

Une consommation c = 7,3 l.100 km^{-1} indique qu'il faut 7,3 litres d'essence pour parcourir la distance de 100 km. Ainsi pour connaître le volume d'essence (en litres) nécessaire pour parcourir 260 km, on peut faire un petit produit en croix ou (je préfère), calculer le volume pour 1 km et ensuite multiplier par 260 :

Consommation au kilomètre : $c_0 = \frac{7{,}3}{100} = 0{,}073\ l \cdot km^{-1}$

Consommation pour parcourir $d = 260\ km$: $c_{260} = c_0 \times 260 = 0{,}073 \times 260 = 18{,}98\ l$

b) Calculer en kg la masse d'essence consommée M_{ess}.

On dispose dans l'immédiat d'un volume (18,98 litres) et on nous demande une masse. Le lien est la masse volumique $\rho = m/V$!

La masse volumique de l'essence est une donnée à récupérer dans la section « Matériaux >> Annexe A1 » : on trouve $\rho = 750\ kg \cdot m^{-3}$.

Le petit soucis ici c'est qu'on a un volume en litres et on a des m3 dans la masse volumique ; il faut donc convertir (les l en m^3 ou les m^3 en l).

Conversion de la masse volumique en $kg \cdot l^{-1}$: $1\ m^3 = 1000\ l \quad \Rightarrow \quad \rho = \dfrac{750}{1000} = 0{,}75\ kg \cdot l^{-1}$

Calcul de la masse :

Par définition de la masse volumique, on a $\rho = \dfrac{M}{V} = \dfrac{M_{ess}}{V} \quad \Leftrightarrow \quad M_{ess} = \rho \cdot V = 0{,}75 \times 18{,}98 = 14{,}23\ kg$

c) Calculer en J l'énergie E_{ess} qui a été consommée.

Il faut utiliser ici le PCI (pouvoir calorifique inférieur) de l'essence ; il s'agit d'une donnée fournie dans la section « Matériaux >> A3 ».

On a $PCI_{essence} = 43{,}8\ MJ \cdot kg^{-1}$ (1 kg d'essence contient 43,8 méga joules d'énergie)

Quand on a compris ce qu'il faut comprendre ici, on est capable d'établir la formule suivante :

$$E_{ess} = PCI_{ess} \times M_{ess} = 43{,}8 \times 14{,}23 = 623{,}5\ MJ$$

Conversion en Joules sachant que $1\ MJ = 10^6\ J$ (car « méga » = « million » = 1 000 000 = 10^6)

$$E_{ess} = 623{,}5 \cdot 10^6 = 6{,}2 \cdot 10^8\ J$$

d) Calculer en kg la masse de charbon M_{char} qu'il faudrait pour disposer de la même quantité d'énergie.

Il faut utiliser ici le PCI du charbon ; il s'agit d'une donnée fournie dans la section « Matériaux >> A3 ».

On a $PCI_{charbon} = 28{,}8\ MJ \cdot kg^{-1}$ (1 kg de charbon contient 28,8 méga joules d'énergie)

$$E = E_{ess} = PCI_{charbon} \times M_{charbon} \quad \Leftrightarrow \quad M_{charbon} = \frac{E}{PCI_{charbon}} = \frac{623{,}5}{28{,}8} = 21{,}64\ kg$$

<u>Attention aux unités</u> : comme le PCI est donné en MJ, il faut prendre l'énergie en MJ (et pas en J).

EXERCICE 6

On considère l'accumulateur ci-contre. Il délivre une tension continue.

a) Donner la tension électrique qu'il délivre : $U =$ 12 V

b) Donner sa capacité : $C =$ 12 A.h

c) Convertir la capacité en unités légales.

La capacité est le produit d'une intensité et d'une durée.

L'unité légale de l'intensité électrique est l'ampère (A) et celle du temps la seconde (s).

Dans l'unité « A.h », on a déjà les ampères (A) mais on a des heures (h).

Il faut donc convertir les heures en secondes : $1\ h = 3600\ s$

On a alors : $C = 12 \times 3600 = 43200\ A \cdot s$

d) Calculer en J l'énergie E qu'il stocke.

On a la formule $E = Q \cdot U$ où E est l'énergie (en J), Q la capacité (en A.s) et U la tension électrique (en V).

$$E = Q \cdot U = 43200 \times 12 = 518400\ J$$

On branche aux bornes de l'accumulateur un moteur électrique.

e) Faire un schéma électrique de la situation.

f) Donner la tension électrique à laquelle il est soumis : $U =$ 12 V

On mesure l'intensité du courant délivré par l'accumulateur (et qui traverse le moteur) ; on trouve $i = 0{,}5\ A$.

g) Quel instrument de mesure faut-il utiliser pour mesurer l'intensité du courant électrique ?

Il faut utiliser un ampèremètre.

h) Calculer en h la durée de fonctionnement du moteur si l'accumulateur est initialement chargé à 100 % de sa capacité.

On part de la définition de l'intensité : $I = \frac{Q}{t}$ ou alors on analyse l'unité de la capacité (A.s) pour y arriver.

$$I = \frac{Q}{t} \quad \Leftrightarrow \quad t = \frac{Q}{I} = \frac{43200}{0{,}5} = 86400\ s$$

Sachant que $1\ h = 3600\ s$, on a :

$$t = \frac{86400}{3600} = 24\ h$$

i) Calculer le nombre k d'accumulateurs nécessaire si on souhaite une durée de fonctionnement du moteur de 50 heures.

On peut construire la relation suivante :

$$Q_{total} = k \cdot Q$$

Or, on a vu que : (définition de l'intensité d'un courant électrique)

$$I = \frac{Q}{t} \quad \Leftrightarrow \quad Q = I \cdot t$$

Donc,

$$I \cdot t_{total} = k \cdot I \cdot t \quad \Leftrightarrow \quad t_{total} = k \cdot t \quad \Leftrightarrow \quad k = \frac{t_{total}}{t} = \frac{50}{24} = 2{,}08$$

Il faut donc un peu plus de deux accumulateurs pour répondre au besoin.

Mais on ne peut prendre qu'un nombre entier d'accumulateur et, comme le résultat est très proche de deux, on peut dire **k = 2**. Mais si le « ,08 » est indispensable, alors il faut prendre **k = 3**.