Fomesoutra.com ça soutra ! Docs à portée de main

Chap 3: L'énergie mécanique (5h)

3.1.1. Energie mécanique

Rappelons la définition

-Un solide en translation ou en quasi-translation est un solide pour lequel l'ensemble de ses points à chaque instant a le même vecteur vitesse. Dans ce cas on choisira le vecteur vitesse $\vec{V}_G$ du centre d'inertie G du solide comme étant la vitesse du solide.

- Un corps matériel peut être assimilé à un point s'il ne roule pas sur lui-même et si ses dimensions caractéristiques sont petites par rapport aux distances qu'il parcourt. Un point matériel est toujours en translation.

3.1.2 Expression de l'énergie cinétique de translation

Un solide de masse m en translation ou en quasi-translation à la vitesse V possède relativement à un repère une énergie cinétique E_c telle que :

$$\boxed{\mathbf{Ec} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}\mathbf{mV^2}} \begin{cases} \mathbf{m}: Masse\ du\ solide(kg) \\ \boldsymbol{V}: Vitesse\ du\ point\ matériel\ (m/s) \\ \boldsymbol{Ec}: Energie\ (J) \end{cases}$$

3.1.3. Effets d'une force constante sur l'énergie cinétique

Lorsque la somme vectorielle des forces appliquées à un solide n'est pas nulle($\sum \vec{F} = \vec{0}$) ;alors $\vec{V}_G$ varie par conséquent l'énergie cinétique aussi varie. Par contre la variation de la direction du vecteur vitesse ne modifie pas l'énergie cinétique (Ec=Cte).

a) Force parallèle au vecteur vitesse

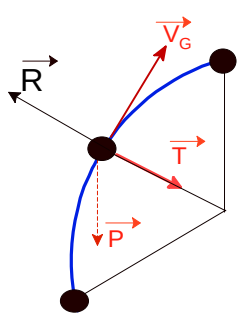
- Quand on lâche un objet on constate que celui-ci tombe de plus en plus vite suivant la verticale et son énergie augmente.

- Quand on lance un objet verticalement vers le haut, on constate que la vitesse diminue dans la phase ascendante et son énergie diminue

Remarque : Les vecteurs poids $\vec{P}$ et vitesse $\vec{V}$ ont la même direction et ont des sens opposés.

Conclusion : Une force appliquée à un solide en translation et parallèle au vecteur vitesse modifie l'énergie cinétique du système.

b) Force perpendiculaire au vecteur vitesse



Un mobile glisse sans frottement sur un plan horizontal ;il est relié à un point fixe du plan par une ficelle tendue ; le mouvement du mobile est circulaire uniforme. Le mobile est soumis à trois forces : Son poids ;la tension et la réaction .

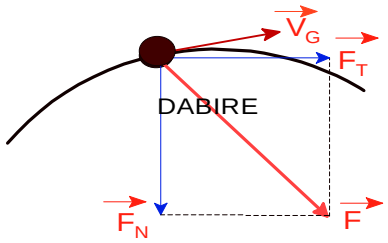
La tension de la ficelle est une force dirigée vers le centre décrit .Cette force est également perpendiculaire à la vitesse.

N.B : Une force appliquée à un solide constamment perpendiculaire à la vitesse $\vec{V}_G$ ne modifie pas son énergie cinétique.

c) Force quelconque

Fomesoutra.com ça soutra ! Docs à portée de main

Dans le cas d'une force $\vec{F}$ quelconque, on peut à chaque instant décomposer la force en deux composantes telles que : $\boxed{\vec{F} = \vec{F_T} + \vec{F_N}}$



- Une composante tangentielle $\vec{F}_T$ parallèle à la vitesse .C'est l'existence de cette composante qui permet d'affirmer que l'énergie cinétique varie.
- Une composante normale $\vec{F}_N$ perpendiculaire à la vitesse. Qui est sans effet sur l'énergie cinétique.

Conclusion : Lorsque l'énergie cinétique d'un système varie on dit que la force qui lui est appliquée effectue un travail : c'est le transfert d'énergie par travail mécanique de la force $\vec{F}$.Par contre lorsque l'énergie cinétique ne varie pas le travail de la force est nul.

- $\vec{F}.\vec{V}=0 \Rightarrow W(\vec{F})=0$:pas de transfert d'énergie par travail
- $\vec{F}.\vec{V} \neq 0 \Rightarrow W(\vec{F}) \neq 0$:transfert d'énergie par travail

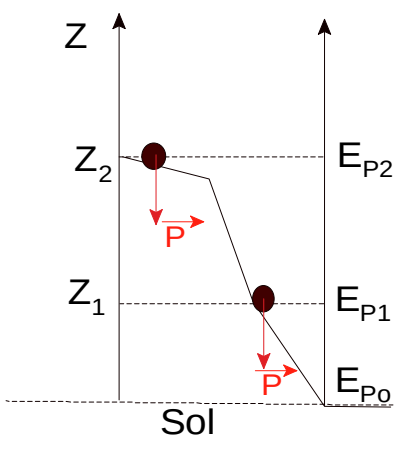
■ Rappels mathématiques (Le produit scalaire)

- $\vec{F}.\vec{V}=||\vec{F}||.||\vec{V}||\cos(\vec{F},\vec{V})$

  Dans un repère $(o,\vec{\imath},\vec{\jmath})$
- $\vec{F}.\vec{V}=\begin{pmatrix}Fx\\Fy\end{pmatrix}.\begin{pmatrix}Vx\\Vy\end{pmatrix}$=Fx.Vx+Fy.Vy

3.2. 1. Energie potentielle

Un corps de masse m placé dans le champ de pesanteur à une altitude Z possède une énergie du fait de sa position relativement à la terre. Cette forme d'énergie est appelée énergie potentielle de pesanteur E_P.



$\boxed{Ep = m.g.h}$ ou $\boxed{\Delta E_P = mg(Z_2 - Z_1)}$

$$\begin{cases} \boldsymbol{m}: \quad \boldsymbol{la\ masse\ du\ solide\ (en\ kg)} \\ \boldsymbol{g}: \boldsymbol{Intensité\ de\ pesanteur\ (N/kg)} \\ \boldsymbol{h = \Delta Z\ : hauteur\ ou\ l'altitude (m)} \end{cases}$$

Conclusion :L'énergie potentielle varie avec la l'altitude

N.B :L'origine des énergies potentielles doit être la position la plus basse que peut prendre le centre de gravité du solide c'est-à-dire quand le stock d'énergie potentielle est épuisé.

REMARQUE : L'énergie potentielle de pesanteur représente l'énergie potentielle du système (Terre+masse}

3.2.2. Energie mécanique du système

Fomesoutra.com ça soutra ! Docs à portée de main

On appelle système mécanique un système possédant : une énergie cinétique(Ec) et une énergie potentielle(Ep).L'énergie mécanique d'un système dans un référentiel donné est la somme de ses deux énergies :

$\boxed{E_M = Ec + Ep}$ ⇛Si Ep=0 alors E_M=Ec ou si E_c=0 alors E_M=E_P

REMARQUE : L'une de ces deux quantités peut relativement être nulle. D'autre part un système mécanique possède toujours une énergie interne ou microscopique U_{int} et éventuellement d'autres formes d'énergies.

3.3 .1.Bilan énergétique

a) Système isolé

Un système isolé est un système pour lequel il n'y a pas de transfert avec l'extérieur. L'énergie totale notée E d'un système est la somme de son énergie cinétique ;de son énergie potentielle et son énergie interne :

$$\boxed{E = Ec + Ep + U_{int}}$$

N.B :Cette énergie totale E de ce système isolé est constante : $\boxed{\Delta E = 0}$

b) Système isolé conservatif

Un système isolé mécanique est conservatif si son énergie interne reste constante : $\boxed{U_{int} = Cte}$

Nous admettrons pour le moment qu'un système de solides sans frottement ne comportant aucun moteur thermique ou électrique est un système conservatif.

N.B :L'énergie mécanique d'un système conservatif est constante : $\boxed{E_M = Cte}$

Conséquences : Conservation de l'énergie mécanique du système

Notons E_{M1} et E_{M2} les énergies mécaniques d'un système conservatif respectivement aux instants t_1 et t_2

U_{int}= Cte et E_M= Cte donc on a : $\Delta E_M = 0 \leftrightarrow E_{M1}=E_{M2}$

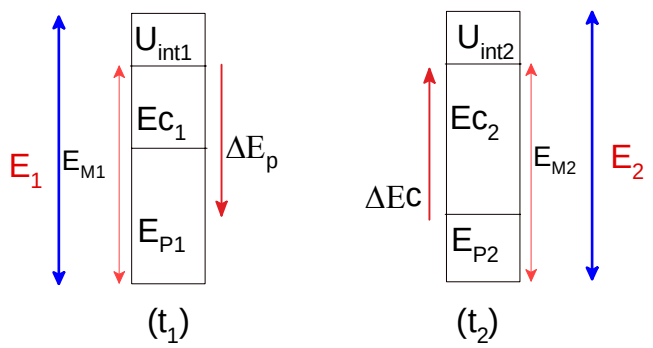
$\leftrightarrow E_{C2}-E_{C1}=Ep_1- E_{P2}$

$\leftrightarrow \Delta Ec = -\Delta Ep$

$$\boxed{\Delta Ec = -\Delta Ep}$$

Conclusion : La variation d'énergie cinétique d'un système conservatif entre deux instants donnés, est égale à l'opposé de la variation de son énergie potentielle entre ces mêmes instants.

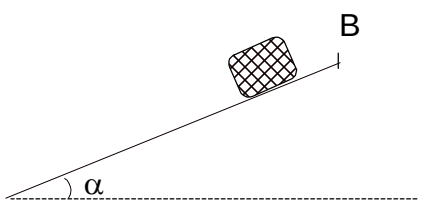
Bilan énergétique



Exercice d'Application

Un enfant de masse 30kg glisse sur un plan incliné B vers A. Le sommet B du plan est à une hauteur h=5m au-dessus du sol.

Fomesoutra.com ça soutra ! Docs à portée de main



a)Représenter toutes les forces s'exerçant sur l'enfant(sans frottement)

b) Calculer l'énergie mécanique du système, lorsque l'enfant se trouve au sommet

c)Calculer l'énergie cinétique de l'enfant quand il sera en A

d) En déduire la vitesse de l'enfant en A.

Réponses

- Système :{enfant}
- Le référentiel : terrestre muni de repère $(0, \vec{\imath}, \vec{\jmath})$
- Bilan des forces : Poids $\vec{P}$ et la réaction $\vec{R}$

a)Représentation des forces

b)L'énergie mécanique du système en B {terre-air-enfant} est : $E_M=E_C+E_P$

- Au sommet : Ec=0 et Ep=mgh $E_M=1470J$

c)L'énergie cinétique en A

- Au sol(en A) : $E_P=0$ car z=0, de la conservation d'énergie mécanique :on a $\Delta Ec= -\Delta Ep \leftrightarrow Ec_A=mgh$

D'où $Ec_A =1470J$

d)La vitesse au en A : $Ec=\frac{1}{2}mV^2 \leftrightarrow \boldsymbol{V = \sqrt{2gh}}$;AN : $\boldsymbol{V = 9,8m/s = 35,6km/h}$

3.3.2. Système isolé non conservatif : Mouvement avec frottement

Un système est non conservatif si son énergie interne varie ($U_{int} \neq \boldsymbol{Cte}$). On a : $\boldsymbol{\Delta E_M = -\Delta U_{int}}$

Conclusion : L'énergie mécanique d'un système isolé non conservatif n'est pas constante .La variation de son énergie mécanique entre deux instants donnés est égale à l'opposé de la variation de son énergie interne entre ces mêmes instants.

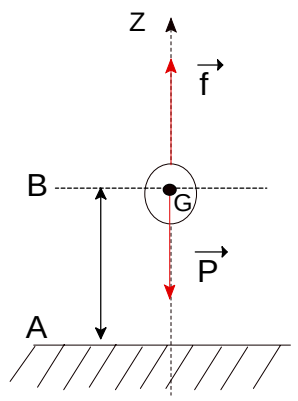
Exercice d'application

Un solide abandonné en un point B situé à 5m du sol tombe verticalement en A. Il atteint une vitesse de 10m.s^{-1} en A. La masse du solide est m=90kg.

a)Calculer l'énergie mécanique du système en B.

b) Calculer l'énergie mécanique du système en A .

c)En déduire la variation de l'énergie mécanique de B en A. Est-elle constante ?



Réponses

- Système :{Solide}
- Réf : Terrestre muni de repère $(o,\vec{\jmath})$
- Bilan des forces : Le poids $\vec{P}$ et la résistance de l'air $\vec{f}$

a) $\boldsymbol{E_{MB}=mgh}$; **AN** : E_{MB}=90x9,8x5=4410J ; $\boldsymbol{E_{MB}=4410J}$

b) $\boldsymbol{E_{MA} = \frac{1}{2}mV^2}$; **AN** : E_{MA}=0,5x90x10²=4500J ; $\boldsymbol{E_{MA}=4500J}$

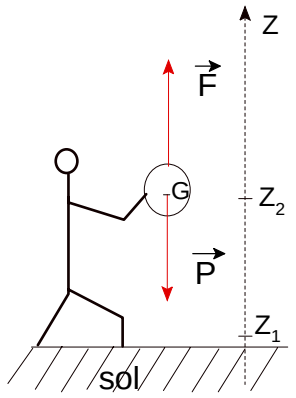
c) $\Delta E_M=E_{MA}-E_{MB}$; ΔE_M = 4500J-4510J=90J ; ΔE_M = 90J Non,elle n'est pas conservative

Fomesoutra.com ça soutra ! Docs à portée de main

3.3.3. Système non isolé

Un système est non isolé s'il existe des transferts d'énergie entre le système et l'extérieur.

Exemple : Quand un opérateur soulève un objet d'une certaine hauteur h en exerçant une force verticale, le système {Terre+ Objet} n'est pas isolé puisque l'opérateur (élément hors système) exerce une force sur l'objet (élément du système).



N.B : Le travail du poids d'un corps de 1 vers 2 :

$$W(\vec{P}) = -\Delta E_P = mg(Z_2 - Z_1)$$

$$W(\vec{P}) = -W(\vec{F})$$

3.4. Relation de transfert

Soit un objet soumis, en plus de son poids ; a une action mécanique extérieure .Le seul transfert avec l'extérieur résulte du travail de cette action mécanique. La variation de l'énergie totale du système entre deux instants t_1 et t_2 est égale aux travaux des forces extérieures appliquées :

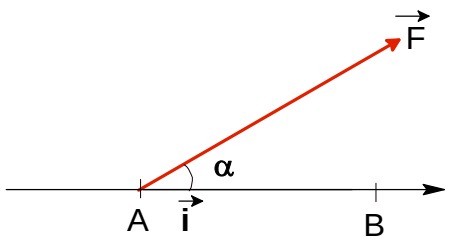
$$\Delta E = E_2 - E_1 = \sum_{1\to 2} W(\vec{F})$$

Nous faisons l'hypothèse que l'énergie interne du système reste constante (U_{int}=Cte) :

Conséquences : La variation de l'énergie mécanique entre deux instants t_1 et t_2 du système {Terre-Objet} est égale aux travaux des forces appliquées au solide autre que le poids ($\vec{P}$) : $\Delta E_M = \sum W_{1\to 2}(\vec{F})$

3.5. Expression du travail d'une force constante

On appelle travail d'une force constante, lors d'un déplacement rectiligne de son point d'application de A en B, le produit scalaire de la force par le déplacement noté : $W_{AB}(\vec{F})$ ou $W_{A\to B}(\vec{F})$



$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$$
$$W_{AB}(\vec{F}) = F.AB.\cos\alpha$$

$W_{AB}(\vec{F})$:Travail de la force $\vec{F}$ en Joule(J)
AB:Le déplacement du point d'application de la force F (en m)
α:Angle existant entre les valeurs de $\vec{F}$ et $\overrightarrow{AB}$

Remarque: Le travail d'une force est une valeur algébrique: Positif ou négatif

- Si la force est dirigée dans le même sens du déplacement alors le travail est *positif* ou moteur.
  Cas d'un travail moteur : $W(\vec{F})_{A\to B} = +F.AB$
- Si le sens de la force est opposé au déplacement alors le travail est *négatif* ou *résistant*.
  Cas d'un travail résistant : $W(\vec{F})_{A\to B} = -F.AB$
- Si la force est perpendiculaire au déplacement alors le travail est nul :
  Cas d'un travail nul : $W(\vec{F})_{A\to B} = 0$

Exercice de d'application

Un solide de masse m=10kg glisse sans vitesse initiale sur un plan incliné d'un angle α=30°.Les frottements sont équivalentes à une force unique d'intensité f=2N.

a)Calculer la variation de l'énergie mécanique lorsque le solide glisse d'une longueur L=3m.

Fomesoutra.com ça soutra ! Docs à portée de main

b) Quelle est alors la vitesse du solide à l'arrivée?

Réponses

Système :{Solide }

a) On a : $\Delta E_M = \sum W(\vec{F})$. $\Leftrightarrow \Delta E_M = w(\vec{R}) + W(\vec{f})$ or $w(\vec{R}) = 0$ donc $\Delta E_M = -f.L = -2x3 = -6J$

b) Vitesse atteinte : $\Delta E_M = \sum W(\vec{F})$. $\Leftrightarrow \Delta EM = E_{M2} - E_{M1} \Leftrightarrow$

$$EC_2 + E_{P2} - (EC_1 + E_{P1}) = 0 \Leftrightarrow EC_2 - Ep_1 = \frac{1}{2}mV_2^2 - mgh;\quad h = Z_1 - Z_0 = L\sin\alpha$$

Donc $\Delta E_M = \frac{1}{2}mV^2 = mgL\sin\alpha - f.L \leftrightarrow \boxed{V = \sqrt{2gL\sin\alpha - \frac{2FL}{m}}}$; AN :$V = \sqrt{\frac{2(10x10x3xSin30° - 2x3}{10}} = 5,36 m.s^{-1}$

$\boxed{V = 5,36 m/s}$

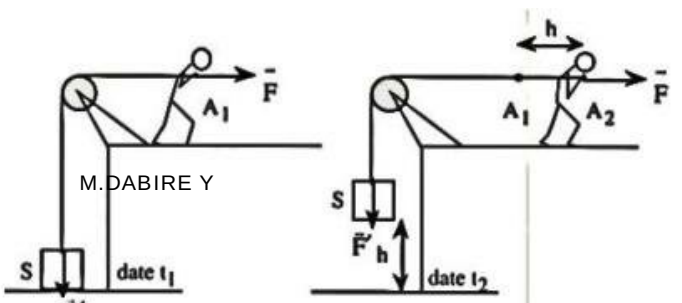
3.6. Rendement d'un convertisseur mécanique

Un convertisseur est un système qui par l'intermédiaire du travail des actions mécaniques extérieures transforme une forme d'énergie en d'autres formes d'énergies.

- Analysons le fonctionnement d'une machine simple

Un opérateur tire sur une corde passant par une poulie et remonte un fardeau S d'une hauteur h.

On suppose que l'ensemble est immobile à la date t_1 (avant la montée) et à la date t_2 (après la montée).

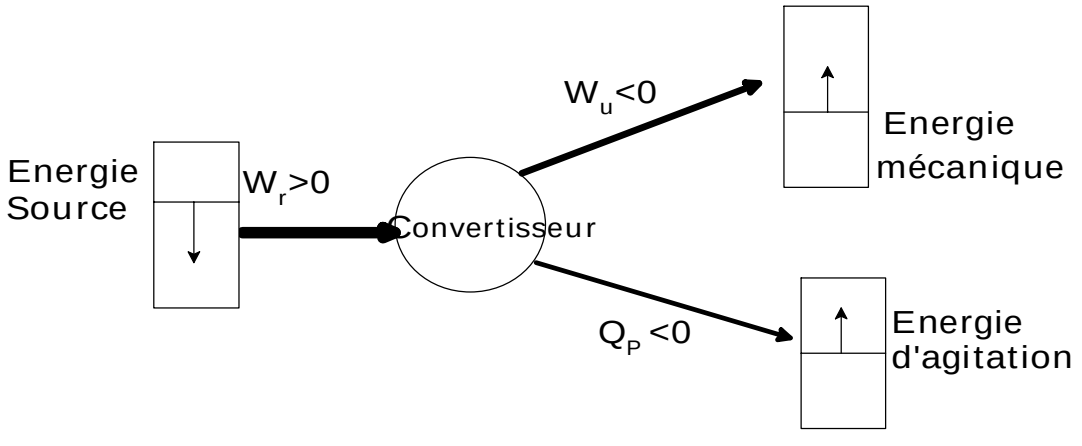


M.DABIRE Y

- Le travail effectué par l'opérateur est noté W_{recu} tel que : $\boxed{W_{reçu} = W(\overrightarrow{F})_{1\to2} = +F.h}$
- Le fardeau S effectue un travail résistant ou travail utile noté W_{utile} tel que : $\boxed{W_{utile} = W(\overrightarrow{F})_{1\to2} = -F.h}$
- Les divers frottements dégradent une partie de l'énergie reçue par chaleur-rayonnement .

soit Q_P cette quantité d'énergie transférée. L'énergie totale E du système {poulie+ corde} aux instants t_1 et t_2 reste constante : $\boxed{\Delta E = 0} \leftrightarrow W_r + W_u + Q_p = 0 \Leftrightarrow W_r = -W_u - Q_p \Leftrightarrow \boxed{W_r = |W_u| + |Q_p|}$

En raison des divers frottements, l'énergie transférée du système vers l'extérieur ($Q_p < 0$) est perdue car non utile.



En divisant la relation précédente par la durée on obtient le bilan en puissance tel que :

$$\boxed{P_r = P_u + P_p} \begin{cases} Pr: Puissance\ reçu \\ Pu: Puissance\ utile \\ Pp: Puissane\ Perdue \end{cases}$$

Pour obtenir un rendement η maximal ($\eta = 1$) ,il faut que Q_P soit nulle ,c'est-à-dire sans les divers frottements.

Le rendement est un quotient d'énergies :

$$\boxed{\eta = \frac{W_u}{W_r} = \frac{W_r + |Q_P|}{W_r} = \frac{W_r - |Q_P|}{W_r} = 1 - \frac{|Q_P|}{W_r}} \text{ Ou } \boxed{\eta = \frac{|P_u|}{P_r} = 1 - \frac{|P_P|}{P_r}}$$

3.7. Chocs élastiques et chocs inélastiques

Un choc peut être élastique ou inélastique :

-Un choc est élastique, lorsque dans une collision l'énergie interne est constante et l'énergie mécanique est conservée :on a $\boxed{\Delta E = 0}$ alors que $\boxed{\Delta U_{int} = 0}$ et $\boxed{\Delta E_M = 0}$

-Un choc est inélastique, lorsque dans une collision l'énergie interne et l'énergie mécanique du système varient : $\boxed{\Delta E = 0}$ alors que $\boxed{\Delta U_{int} \neq 0}$ et $\boxed{\Delta E_M \neq 0 \Leftrightarrow \Delta E_M = -\Delta U_{int}}$

Exemple : Montrons que le choc mou est inélastique

Soient deux boules de masse respectives m_1 et m_2 qui entrent en collision alors que S_2 était immobile ;elles restent soudées après le choc telle que : $\vec{V} = \frac{m_1}{m_1+m_2}\vec{V}_1$

- Systèmes : {deux boules}
- Référentiel : Laboratoire muni d'axe horizontal orienté
- Energie potentielle d'origine : Ep=0 (axe horizontal) donc :E_M=Ec

En supposant que les solides sont en translation on a :

$$Ec_{avant} = \frac{1}{2}m_1V_1^2 + \frac{1}{2}m_2V_2^2 = \frac{1}{2}m_1V_1^2 \text{ car } S_2 \text{ est immobile et } Ec_{Après} = \frac{1}{2}(m_1+m_2)V^2$$

On a : $Ec_{Avant} = Ec_{Après} \Leftrightarrow \frac{1}{2}m_1V_1^2 = \frac{1}{2}(m_1+m_2)V^2$ or $\vec{V} = \frac{m_1}{m_1+m_2}\vec{V}_1$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2}m_1V_1^2 = \frac{1}{2}(m_1+m_2)x(\frac{m_1}{m_1+m_2}V_1)^2 \Leftrightarrow Ec_{Après} = (\frac{m_1}{m_1+m_2}) \times E_{Cavant}$$

$$\boxed{Ec_{après} = (\frac{m_1}{m_1+m_2}) \times E_{Cavant}}$$

Conclusion : Le facteur $\frac{m_1}{m_1+m_2} < 1$ donc l'énergie mécanique du système a diminuée, elle n'est pas conservée et l'énergie intérieure à augmenter et donc le choc mou est inélastique.

Exercices de maison :Voir l'annale le Physicien 1ère D & C