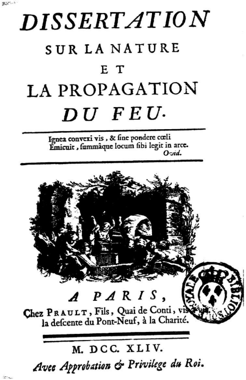
Cours de Physique : Énergétique

A. Arciniegas
N. Wilkie-Chancellier
G. Sauderais

IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville

Plan du cours



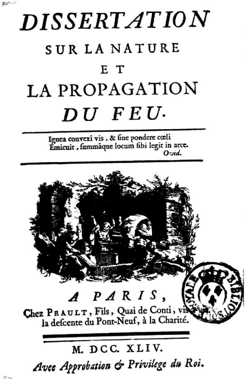
DISSERTATION
SUR LA NATURE
ET
LA PROPAGATION
DU FEU.

Ignea convexi vis, & fine pondere cœli
Emicuit, fummâque locum fibi legit in arce.
Ovid.

A PARIS,
Chez PRAULT, Fils, Quai de Conti, vis-à-vis
la defcente du Pont-Neuf, à la Charité.

M. DCC. XLIV.
Avec Approbation & Privilege du Roi.

Source : Gallica/BNF


DISSERTATION
SUR LA NATURE
ET
LA PROPAGATION
DU FEU.

Ignea convexi vis, & sine pondere cœli
Emicuit, summâque locum sibi legit in arce.
Ovid.

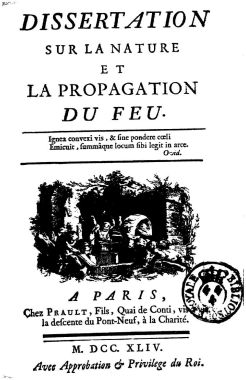
A PARIS,
Chez PRAULT, Fils, Quai de Conti, vis-à-vis
la descente du Pont-Neuf, à la Charité.

M. DCC. XLIV.
Avec Approbation & Privilege du Roi.

Source : Gallica/BNF

1744 : Controverse scientifique

- Émilie du Châtelet publia la *Dissertation sur la nature de la propagation du feu*.


DISSERTATION
SUR LA NATURE
ET
LA PROPAGATION
DU FEU.

Ignea convexi vis, & ſine pondere cœli
Emicuit, ſummâque locum ſibi legit in arce.
Ovid.

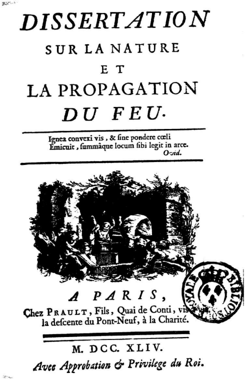
A PARIS,
Chez PRAULT, Fils, Quai de Conti, vis
la deſcente du Pont-Neuf, à la Charité.

M. DCC. XLIV.
Avec Approbation & Privilege du Roi.

Source : Gallica/BNF

1744 : Controverse scientifique

- Émilie du Châtelet publia la *Dissertation sur la nature de la propagation du feu*.
- Elle y exposa ce que nous appellerions aujourd'hui le rayonnement infrarouge ; de la « querelle des forces vives », qui a trait à la quantification de :



DISSERTATION
SUR LA NATURE
ET
LA PROPAGATION
DU FEU.

Ignea convexi vis, & fine pondere cœli
Emicuit, fummâque locum fibi legit in arce.
Ovid.

A PARIS,
Chez PRAULT, Fils, Quai de Conti, vis-à-vis
la defcente du Pont-Neuf, à la Charité.

M. DCC. XLIV.
Avec Approbation & Privilege du Roi.

Source : Gallica/BNF

1744 : Controverse scientifique

- Émilie du Châtelet publia la *Dissertation sur la nature de la propagation du feu*.
- Elle y exposa ce que nous appellerions aujourd'hui le rayonnement infrarouge ; de la « querelle des forces vives », qui a trait à la quantification de :

l'**énergie cinétique** $\rightarrow$ **conservation de l'énergie**

Puissance

La **puissance** caractérise le débit d'énergie fourni à chaque instant.

Puissance

La **puissance** caractérise le débit d'énergie fourni à chaque instant.

Puissance mécanique

On appelle **puissance instantanée** de la force $\vec{F}$ dont le point d'application se déplace avec une vitesse instantanée $\vec{v}$, la grandeur scalaire :

$$P(t) = \vec{F} \cdot \vec{v} \tag{1}$$

La **puissance** caractérise le débit d'énergie fourni à chaque instant.

Puissance mécanique

On appelle **puissance instantanée** de la force $\vec{F}$ dont le point d'application se déplace avec une vitesse instantanée $\vec{v}$, la grandeur scalaire :

$$P(t) = \vec{F} \cdot \vec{v} \tag{1}$$

On définit également la **puissance moyenne sur une durée** T comme la valeur moyenne pendant la durée T de la puissance instantanée :

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt \tag{2}$$

Puissance

La **puissance** caractérise le débit d'énergie fourni à chaque instant.

Puissance mécanique

On appelle **puissance instantanée** de la force $\vec{F}$ dont le point d'application se déplace avec une vitesse instantanée $\vec{v}$, la grandeur scalaire :

$$P(t) = \vec{F} \cdot \vec{v} \tag{1}$$

On définit également la **puissance moyenne sur une durée** T comme la valeur moyenne pendant la durée T de la puissance instantanée :

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t)dt \tag{2}$$

- **Dimensions :** (P) = $M.L^2.T^{-3}$
- **Unité :** watt (W)

Travail d'une force

L'**énergie** (ou le **travail**) représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état (initial) à un autre (final).

Travail d'une force

L'**énergie** (ou le **travail**) représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état (initial) à un autre (final).

Travail d'une force

En un point quelconque du chemin parcouru, le travail élémentaire de la force pour un petit déplacement dl a pour expression : $dW = \vec{F} \cdot \vec{d}l$

Travail d'une force

L'**énergie** (ou le **travail**) représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état (initial) à un autre (final).

Travail d'une force

En un point quelconque du chemin parcouru, le travail élémentaire de la force pour un petit déplacement dl a pour expression : $dW = \vec{F} \cdot \vec{d}l$

Le travail de $\vec{F}$ est la somme des travaux élémentaires le long du chemin parcouru entre A et B :

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot \vec{d}l \tag{3}$$

Travail d'une force

L'**énergie** (ou le **travail**) représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état (initial) à un autre (final).

Travail d'une force

En un point quelconque du chemin parcouru, le travail élémentaire de la force pour un petit déplacement dl a pour expression : $dW = \vec{F} \cdot \vec{d}l$

Le travail de $\vec{F}$ est la somme des travaux élémentaires le long du chemin parcouru entre A et B :

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot \vec{d}l \tag{3}$$

Le **travail du système de forces**, de l'instant t à l'instant $t + dt$, est la somme scalaire des travaux élémentaires de chacune des forces pendant l'intervalle de temps dt.

$$W = \sum_{i=1}^{N} \vec{F}_i \cdot \vec{d}l_i \tag{4}$$

Travail d'une force

L'**énergie** (ou le **travail**) représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état (initial) à un autre (final).

Travail d'une force

En un point quelconque du chemin parcouru, le travail élémentaire de la force pour un petit déplacement dl a pour expression : $dW = \vec{F} \cdot \vec{d}l$

Le travail de $\vec{F}$ est la somme des travaux élémentaires le long du chemin parcouru entre A et B :

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot \vec{d}l \qquad (3)$$

Le **travail du système de forces**, de l'instant t à l'instant $t + dt$, est la somme scalaire des travaux élémentaires de chacune des forces pendant l'intervalle de temps dt.

$$W = \sum_{i=1}^{N} \vec{F}_i \cdot \vec{d}l_i \qquad (4)$$

- **Dimensions :** (W) = $M.L^2.T^{-2}$
- **Unité :** joule (J)

Travail d'une force

L'**énergie** (ou le **travail**) représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état (initial) à un autre (final).

Travail d'une force

En un point quelconque du chemin parcouru, le travail élémentaire de la force pour un petit déplacement dl a pour expression : $dW = \vec{F} \cdot \vec{d}l$

Le travail de $\vec{F}$ est la somme des travaux élémentaires le long du chemin parcouru entre A et B :

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot \vec{d}l \tag{3}$$

Le **travail du système de forces**, de l'instant t à l'instant $t + dt$, est la somme scalaire des travaux élémentaires de chacune des forces pendant l'intervalle de temps dt.

$$W = \sum_{i=1}^{N} \vec{F}_i \cdot \vec{d}l_i \tag{4}$$

- **Dimensions :** (W) = $M.L^2.T^{-2}$
- **Unité :** joule (J)

1 Joule : le travail d'une force de 1 Newton dont le point d'application se déplace de 1 m dans la direction de la force.

1 Watt : est la puissance d'une force fournissant un travail de 1 Joule pendant 1 seconde.

Cas d'une force constante

Lorsqu'une force constante s'applique à un objet sur un trajet d'un point A à un point B, le travail que cette force fournit à l'objet est :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F.d.cos\theta \tag{5}$$

avec
d : la longueur du segment AB
θ : l'angle entre direction d'application de la force et la direction du mouvement

Travail d'une force

Cas d'une force constante

Lorsqu'une force constante s'applique à un objet sur un trajet d'un point A à un point B, le travail que cette force fournit à l'objet est :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F.d.cos\theta \qquad (5)$$

avec
d : la longueur du segment AB
θ : l'angle entre direction d'application de la force et la direction du mouvement

Exemple : travail de la pesanteur

Calculons le travail de la force de pesanteur lorsqu'un corps matériel se déplace du point A au point B. Le poids étant une force constante, on a :

Travail d'une force

Cas d'une force constante

Lorsqu'une force constante s'applique à un objet sur un trajet d'un point A à un point B, le travail que cette force fournit à l'objet est :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F.d.cos\theta \qquad (5)$$

avec
d : la longueur du segment AB
θ : l'angle entre direction d'application de la force et la direction du mouvement

Exemple : travail de la pesanteur

Calculons le travail de la force de pesanteur lorsqu'un corps matériel se déplace du point A au point B. Le poids étant une force constante, on a :

$$W_{AB} = \vec{P} \cdot \vec{AB} = \pm mgh \qquad (6)$$

où h désigne la dénivellation (h>0). Ici $\theta = 0$. On mettra :

Travail d'une force

Cas d'une force constante

Lorsqu'une force constante s'applique à un objet sur un trajet d'un point A à un point B, le travail que cette force fournit à l'objet est :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F.d.cos\theta \tag{5}$$

avec
d : la longueur du segment AB
θ : l'angle entre direction d'application de la force et la direction du mouvement

Exemple : travail de la pesanteur

Calculons le travail de la force de pesanteur lorsqu'un corps matériel se déplace du point A au point B. Le poids étant une force constante, on a :

$$W_{AB} = \vec{P} \cdot \vec{AB} = \pm mgh \tag{6}$$

où h désigne la dénivellation (h>0). Ici $\theta = 0$. On mettra :

- le signe + quand l'objet descend (travail moteur)
- le signe - quand l'objet monte (travail résistant)

Théorème de l'énergie cinétique

L'**énergie cinétique** c'est l'énergie acquise par une masse m pour atteindre la vitesse v. Elle correspond à l'énergie accumulée par l'objet lorsqu'il se déplace.

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2 \tag{7}$$

Théorème de l'énergie cinétique

L'**énergie cinétique** c'est l'énergie acquise par une masse m pour atteindre la vitesse v. Elle correspond à l'énergie accumulée par l'objet lorsqu'il se déplace.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \tag{7}$$

Théorème de l'énergie cinétique pour un point matériel

La variation de l'énergie cinétique d'un point matériel lorsqu'il parcourt sa trajectoire d'une position A à une position B est égale au travail de la résultante des forces appliquées au point matériel de A à B le long de la trajectoire.

$$\Delta E_c = \sum W_k \tag{8}$$

$$E_{cf} - E_{ci} = \sum W_k \tag{9}$$

Théorème de l'énergie cinétique

L'**énergie cinétique** c'est l'énergie acquise par une masse m pour atteindre la vitesse v. Elle correspond à l'énergie accumulée par l'objet lorsqu'il se déplace.

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \tag{7}$$

Théorème de l'énergie cinétique pour un point matériel

La variation de l'énergie cinétique d'un point matériel lorsqu'il parcourt sa trajectoire d'une position A à une position B est égale au travail de la résultante des forces appliquées au point matériel de A à B le long de la trajectoire.

$$\Delta E_c = \sum W_k \tag{8}$$

$$E_{cf} - E_{ci} = \sum W_k \tag{9}$$

Remarque : On a dit « travail de la résultante des forces » car ces forces sont toutes appliquées au même point et on se trouve dans le cas où le travail de toutes les forces est égal au travail de la résultante.

Théorème de l'énergie cinétique

L'**énergie cinétique** c'est l'énergie acquise par une masse m pour atteindre la vitesse v. Elle correspond à l'énergie accumulée par l'objet lorsqu'il se déplace.

$$E_C = \frac{1}{2} m v^2 \tag{7}$$

Théorème de l'énergie cinétique pour un point matériel

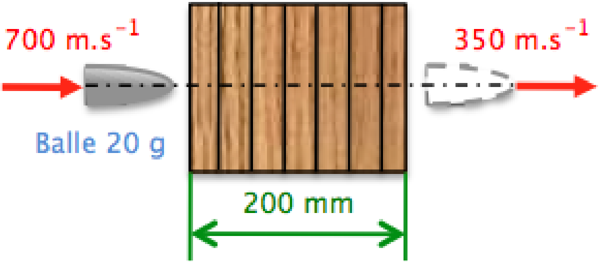
La variation de l'énergie cinétique d'un point matériel lorsqu'il parcourt sa trajectoire d'une position A à une position B est égale au travail de la résultante des forces appliquées au point matériel de A à B le long de la trajectoire.

$$\Delta E_C = \sum W_k \tag{8}$$

$$E_{Cf} - E_{Ci} = \sum W_k \tag{9}$$

Remarque : On a dit « travail de la résultante des forces » car ces forces sont toutes appliquées au même point et on se trouve dans le cas où le travail de toutes les forces est égal au travail de la résultante.

Il résulte du théorème que l'énergie cinétique a même dimension qu'un travail.
$\rightarrow$ Dans le système SI, l'énergie cinétique s'exprime comme le travail en Joule.



Exercice tiré de IUTenligne

Une balle de 20 g est tirée à travers plusieurs planches de bois empilées sur une épaisseur de 200 mm. La vitesse de la balle est de 700 m/s juste avant d'entrer dans le bois, et de 350 m/s à la sortie.

Déterminer la force de résistance à la pénétration exercée par les planches (on la supposera constante).

Énergie potentielle

L'**énergie potentielle** c'est l'énergie acquise par une masse m liée à sa position ou à sa forme.

Exemples :

- énergie potentielle de pesanteur : mgh, avec h la hauteur
- énergie potentielle élastique d'un ressort : $\frac{1}{2}kx^2$ avec k la raideur du ressort et x sa variation de longueur

Énergie potentielle

L'**énergie potentielle** c'est l'énergie acquise par une masse m liée à sa position ou à sa forme.

Exemples :

- énergie potentielle de pesanteur : mgh, avec h la hauteur
- énergie potentielle élastique d'un ressort : $\frac{1}{2}kx^2$ avec k la raideur du ressort et x sa variation de longueur

Énergie mécanique

Système conservatif : système soumis à des forces ne travaillant pas ou pour lesquelles le travail ne dépend pas de la forme du trajet (*forces conservatives*).

Énergie potentielle

L'**énergie potentielle** c'est l'énergie acquise par une masse *m* liée à sa position ou à sa forme.

Exemples :

- énergie potentielle de pesanteur : mgh, avec *h* la hauteur
- énergie potentielle élastique d'un ressort : $\frac{1}{2}kx^2$ avec *k* la raideur du ressort et *x* sa variation de longueur

Énergie mécanique

Système conservatif : système soumis à des forces ne travaillant pas ou pour lesquelles le travail ne dépend pas de la forme du trajet (*forces conservatives*).

Si on appelle **énergie mécanique** la somme de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique, cette énergie mécanique totale est une fonction constante du temps au cours du mouvement considéré. La conservation de l'énergie peut s'écrire :

$$E_{pi} + E_{ci} = E_{pf} + E_{cf} \tag{10}$$

Énergie mécanique

Énergie potentielle

L'**énergie potentielle** c'est l'énergie acquise par une masse *m* liée à sa position ou à sa forme.

Exemples :

- énergie potentielle de pesanteur : mgh, avec *h* la hauteur
- énergie potentielle élastique d'un ressort : $\frac{1}{2}kx^2$ avec *k* la raideur du ressort et *x* sa variation de longueur

Énergie mécanique

Système conservatif : système soumis à des forces ne travaillant pas ou pour lesquelles le travail ne dépend pas de la forme du trajet (*forces conservatives*).

Si on appelle **énergie mécanique** la somme de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique, cette énergie mécanique totale est une fonction constante du temps au cours du mouvement considéré. La conservation de l'énergie peut s'écrire :

$$E_{pi} + E_{ci} = E_{pf} + E_{cf} \tag{10}$$

Système dissipatif : système dans lequel parmi les forces appliquées il y a des *forces non conservatives* (telles que les frottements) et dont l'énergie mécanique du système diminue. L'énergie mécanique dissipée se retrouve alors sous une autre forme.

Énergie potentielle

L'**énergie potentielle** c'est l'énergie acquise par une masse m liée à sa position ou à sa forme.

Exemples :

- énergie potentielle de pesanteur : mgh, avec h la hauteur
- énergie potentielle élastique d'un ressort : $\frac{1}{2}kx^2$ avec k la raideur du ressort et x sa variation de longueur

Énergie mécanique

Système conservatif : système soumis à des forces ne travaillant pas ou pour lesquelles le travail ne dépend pas de la forme du trajet (*forces conservatives*).

Si on appelle **énergie mécanique** la somme de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique, cette énergie mécanique totale est une fonction constante du temps au cours du mouvement considéré. La conservation de l'énergie peut s'écrire :

$$E_{pi} + E_{ci} = E_{pf} + E_{cf} \tag{10}$$

Système dissipatif : système dans lequel parmi les forces appliquées il y a des *forces non conservatives* (telles que les frottements) et dont l'énergie mécanique du système diminue. L'énergie mécanique dissipée se retrouve alors sous une autre forme.

Exemple : Chute libre

$$mgh_i + \frac{1}{2}mv_i^2 = mgh_f + \frac{1}{2}mv_f^2 \tag{11}$$

Conclusion

Ce qu'il faut retenir :

- Puissance instantanée : $P(t) = \vec{F} \cdot \vec{v}$
- Travail d'une force : $W = \int_A^B \vec{F} \cdot \vec{dl}$
- Théorème de l'Énergie cinétique pour un point matériel : $\Delta E_c = \sum W_k$
- Énergie mécanique d'un système conservatif : $E_{pi} + E_{ci} = E_{pf} + E_{cf}$

Mouvement perpétuel ? `https://www.youtube.com/watch?v=oWUR0b0Mg9Q`