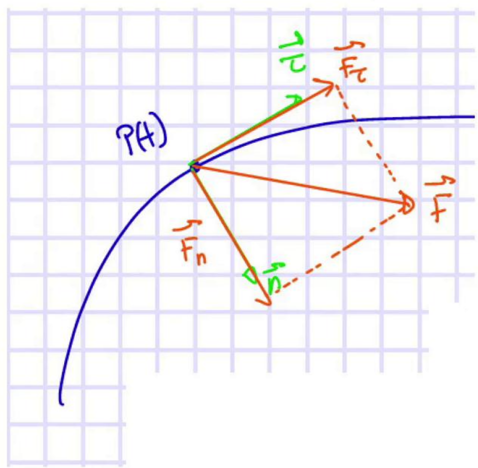
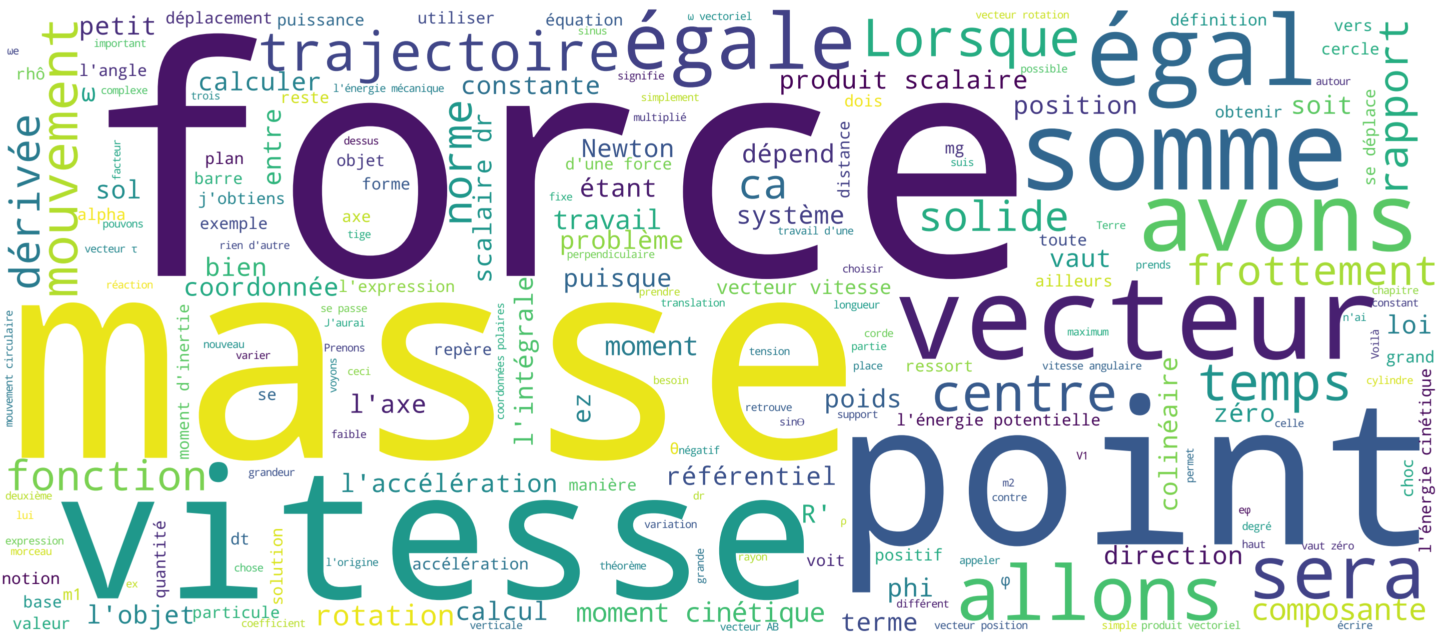
Physique générale : mécanique



Travail
Puissance

Prof. Cécile Hébert



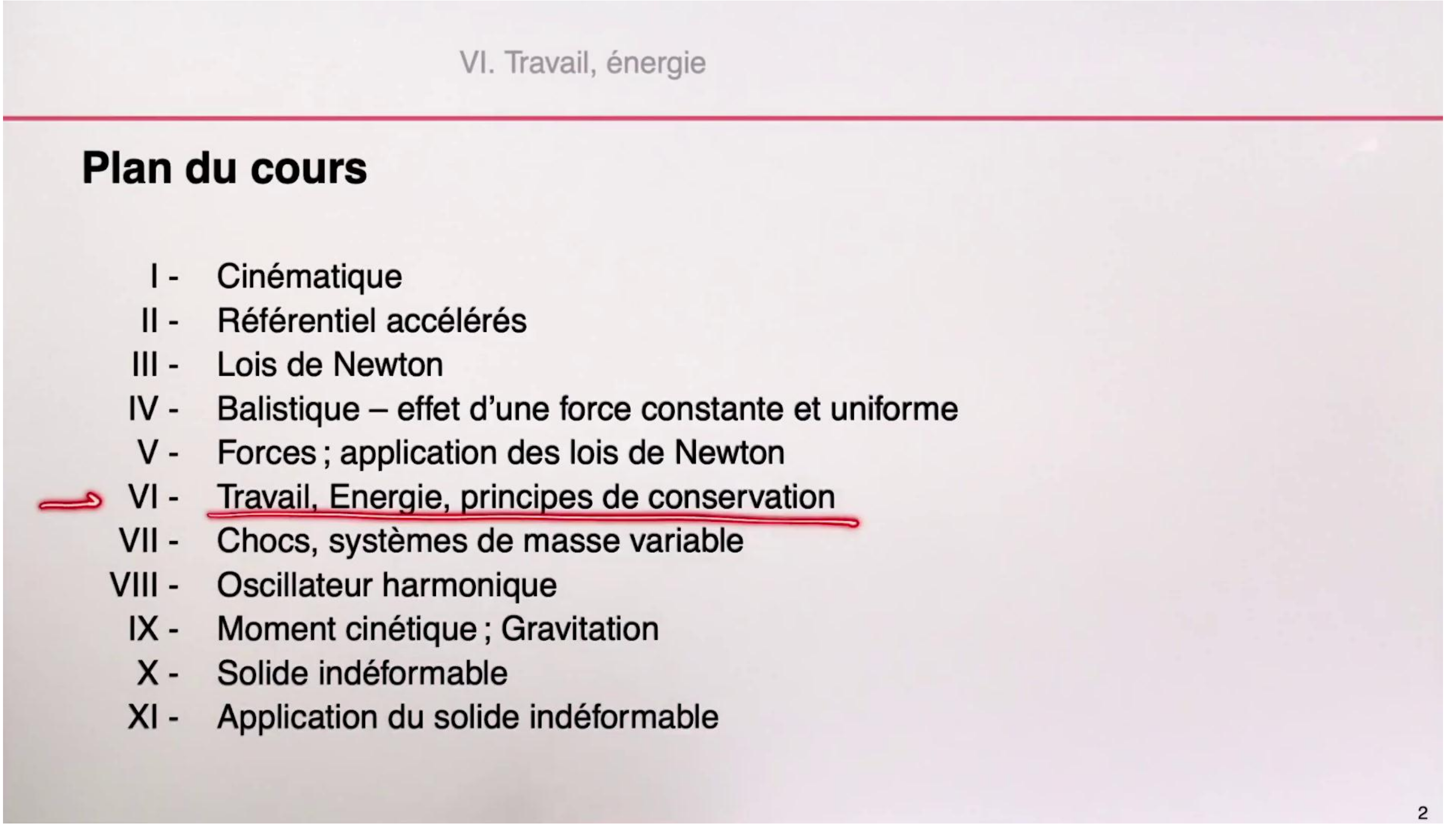
Video

Bonjour, nous allons aborder un nouveau chapitre qui concerne les notions d'énergie. Nous allons voir donc le travail d'une force, l'énergie cinétique, l'énergie potentielle, l'énergie mécanique et comment toutes ces notions peuvent être utilisées pour résoudre plus rapidement certains problèmes. Dans cette première vidéo, nous allons définir le travail d'une force et voir la notion de puissance.

Notes

Summary

0m 05s



Nous sommes dans le chapitre VI : Travail, énergie et principes de conservation, et nous allons voir Travail d'une force, puissance.

Notes

Summary

0m 29s

VI. Travail, énergie

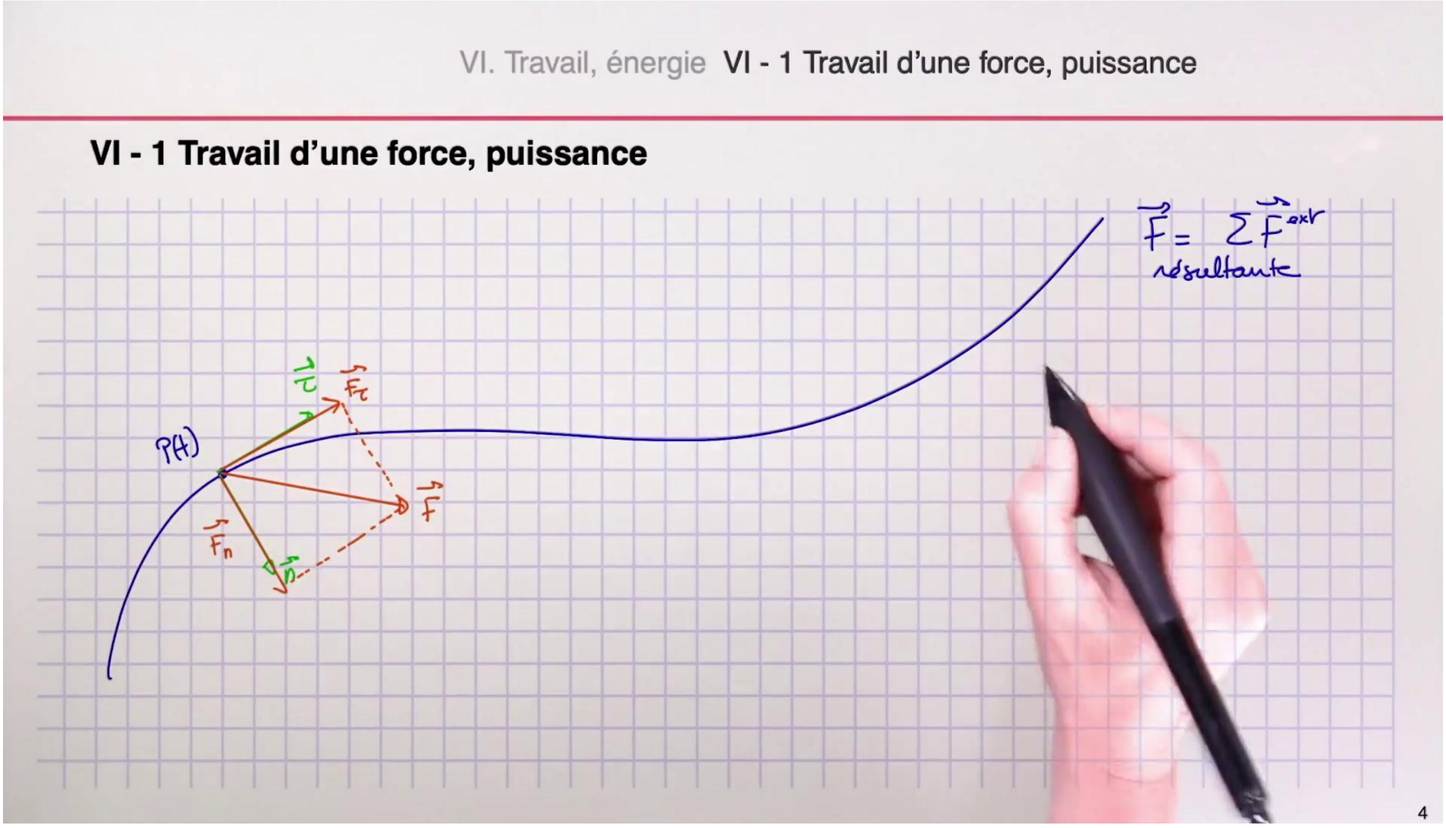
Table des matières

3

Notes

Summary

0m 34s

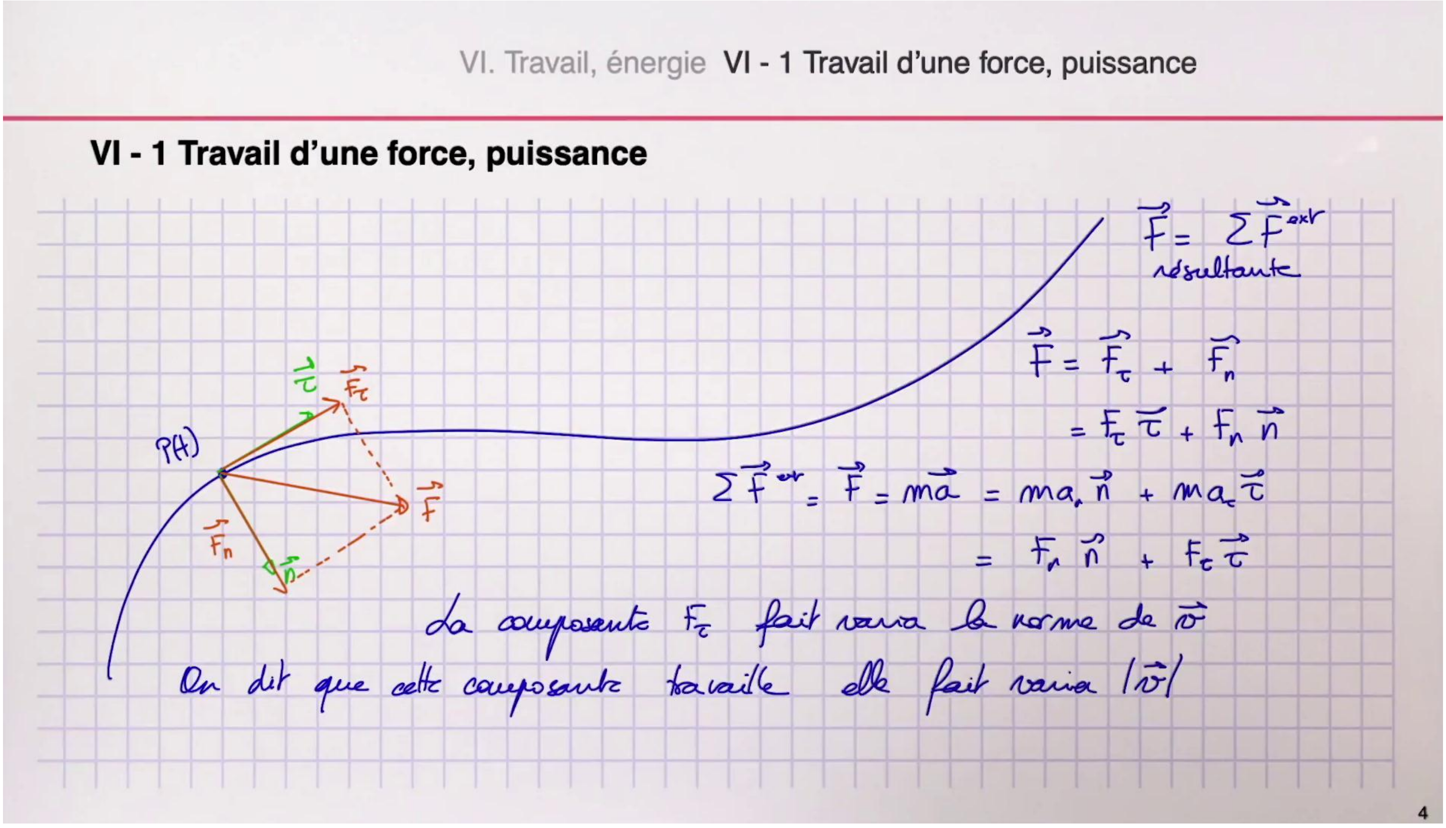


Prenons le cas d'un objet qui se déplace sur une trajectoire quelconque. À l'instant t, il est en P(t). Cet objet peut être soumis à un ensemble de forces. Appelons F la résultante des forces. F est égal à la somme des forces exercées sur l'objet, l'ensemble des forces extérieures. F peut parfaitement dépendre de l'endroit où l'objet se trouve sur la trajectoire. Nous représentons l'ensemble de la somme des forces par un seul vecteur somme F. Cette force peut avoir une composante dans la direction tangente à la trajectoire et une composante qui est dans la direction normale à la trajectoire. La composante normale à la trajectoire va correspondre à l'accélération normale. La composante tangente à la trajectoire va correspondre à l'accélération tangentielle. Nous allons donc utiliser, pour décomposer la force, les deux vecteurs de base τ et n du repère de Frenet. Sur τ, nous avons une composante tangentielle. Nous l'appellerons Fτ. Sur n, nous avons la composante normale que nous appellerons Fn. Cette décomposition donne donc F égal Fτ plus Fn, soit la composante Fτ, vecteur τ plus la composante Fn vecteur n.

Notes

Summary

0m 40s

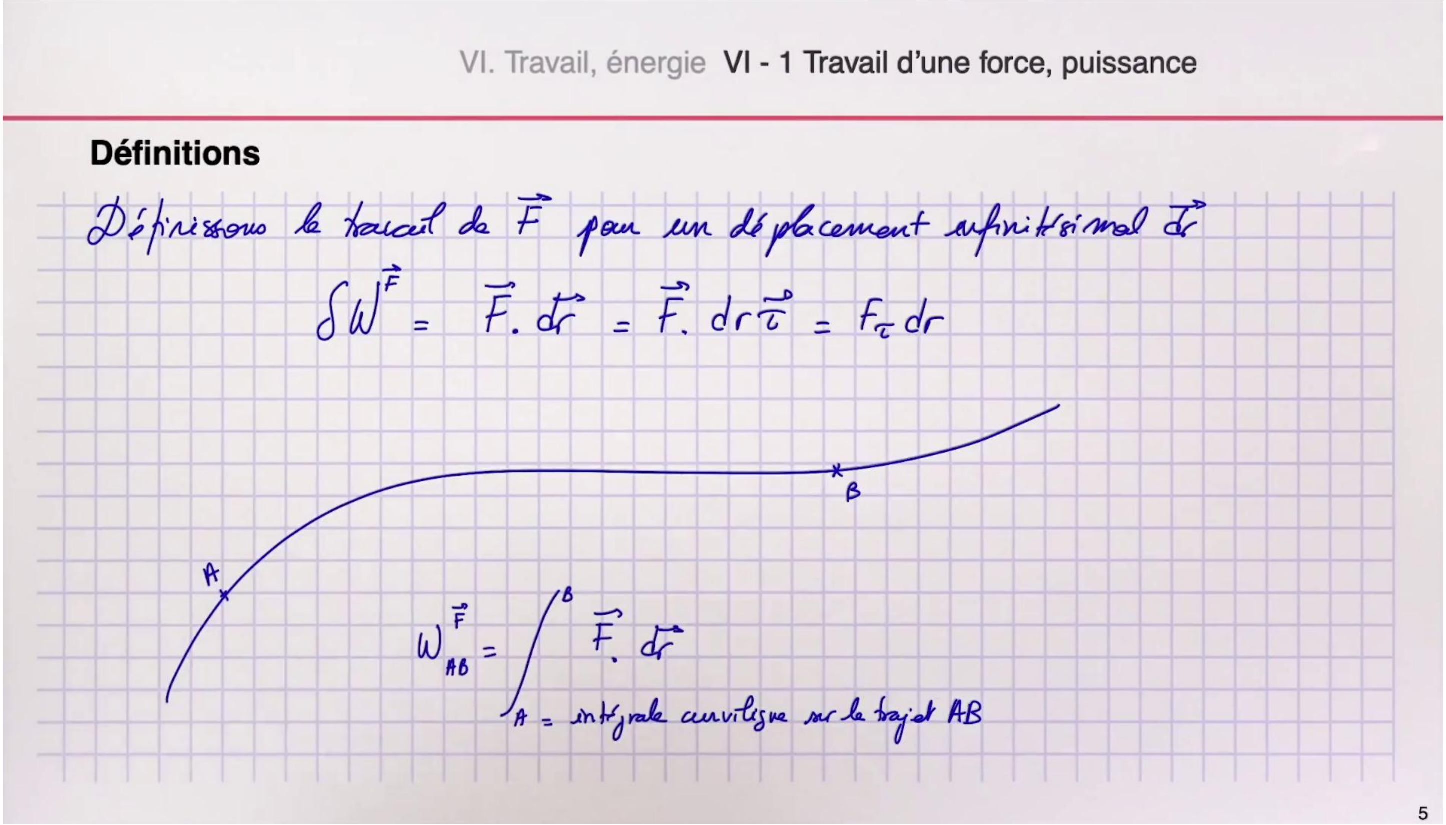


Afin d'exprimer les lois de Newton, somme des forces extérieures égale F égale ma, nous allons utiliser l'accélération normale et l'accélération tangentielle. C'est donc égal à man vecteur n plus maτ vecteur τ. Soit Fn vecteur n plus Fτ vecteur τ égal man vecteur n plus maτ vecteur τ. C'est donc la composante normale de la force qui crée l'accélération normale et la composante tangentielle de la force qui crée l'accélération tangentielle. Or, nous avons vu que l'accélération tangentielle correspond à une variation de la norme de la vitesse, alors que l'accélération normale ne correspond qu'à une variation de la direction de la vitesse. Seule la composante tangentielle, sur τ, va faire varier la norme de V. Cette composante est donc particulière et on dit que cette composante travaille. Elle fait varier la norme de V.

Notes

Summary

2m 27s

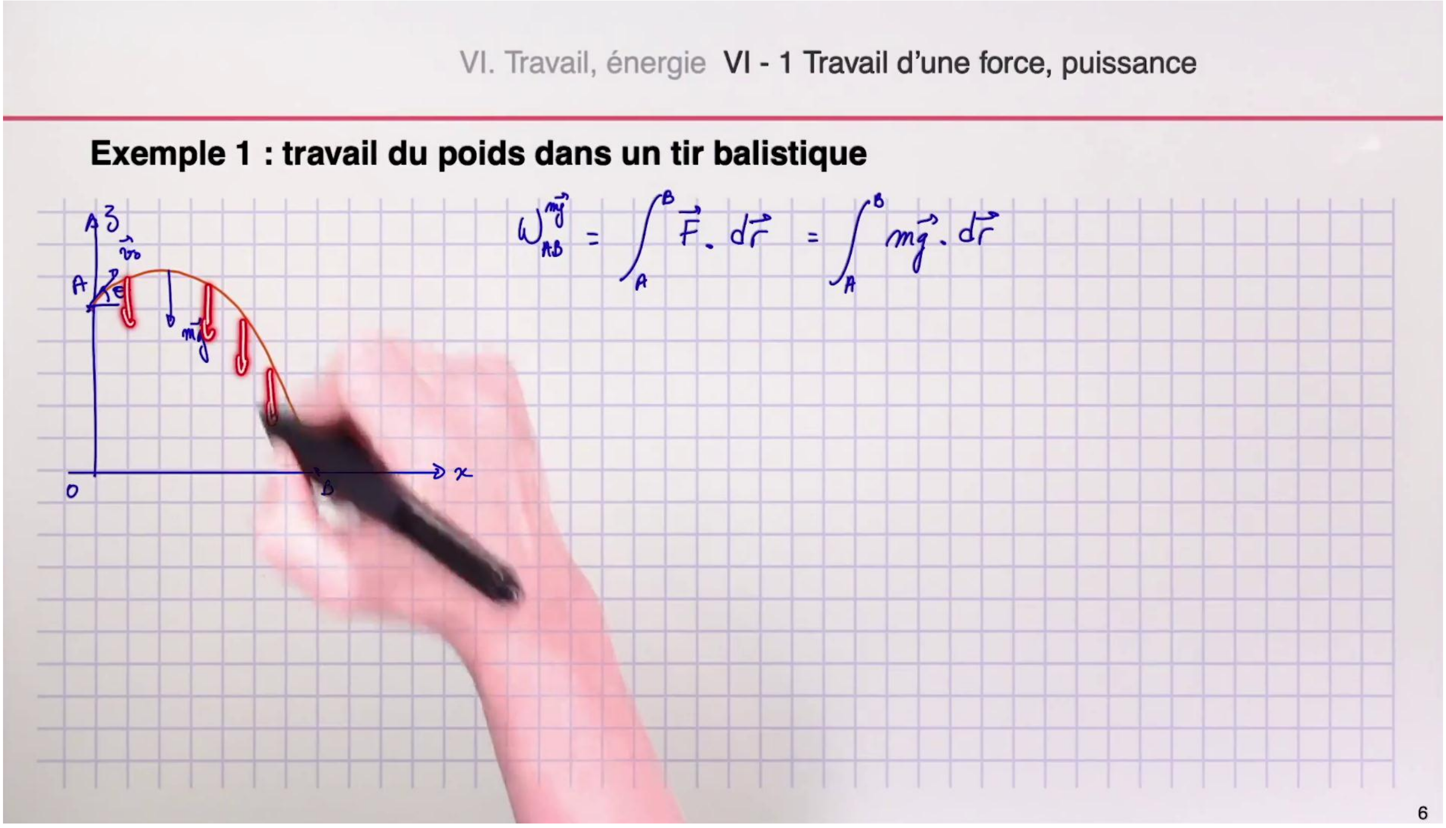


Nous allons définir une nouvelle grandeur, le travail de F, pour un déplacement infinitésimal dr. Ce travail, qui est un travail élémentaire puisque le déplacement est infinitésimal, que nous noterons δWF est égal au produit scalaire F scalaire dr. Comme dr est colinéaire à τ, je peux le réécrire F produit scalaire drτ, soit F scalaire τ fois dr, c'est donc égal à la composante de F sur τ multipliée par le déplacement dr. Cette définition du travail met bien en valeur de manière particulière la composante sur τ. Lorsque l'objet se déplace sur une portion plus grande de la trajectoire, de A à B, puisque F peut changer à différents endroits de la trajectoire, et puisque la direction de τ varie aussi, je vais devoir faire une intégrale donc couper le trajet en petits morceaux pour calculer le travail des forces de A à B. Le travail total des forces de A à B sera donc égal à l'intégrale sur le trajet AB de δW, donc F scalaire dr.

Notes

Summary

3m 47s

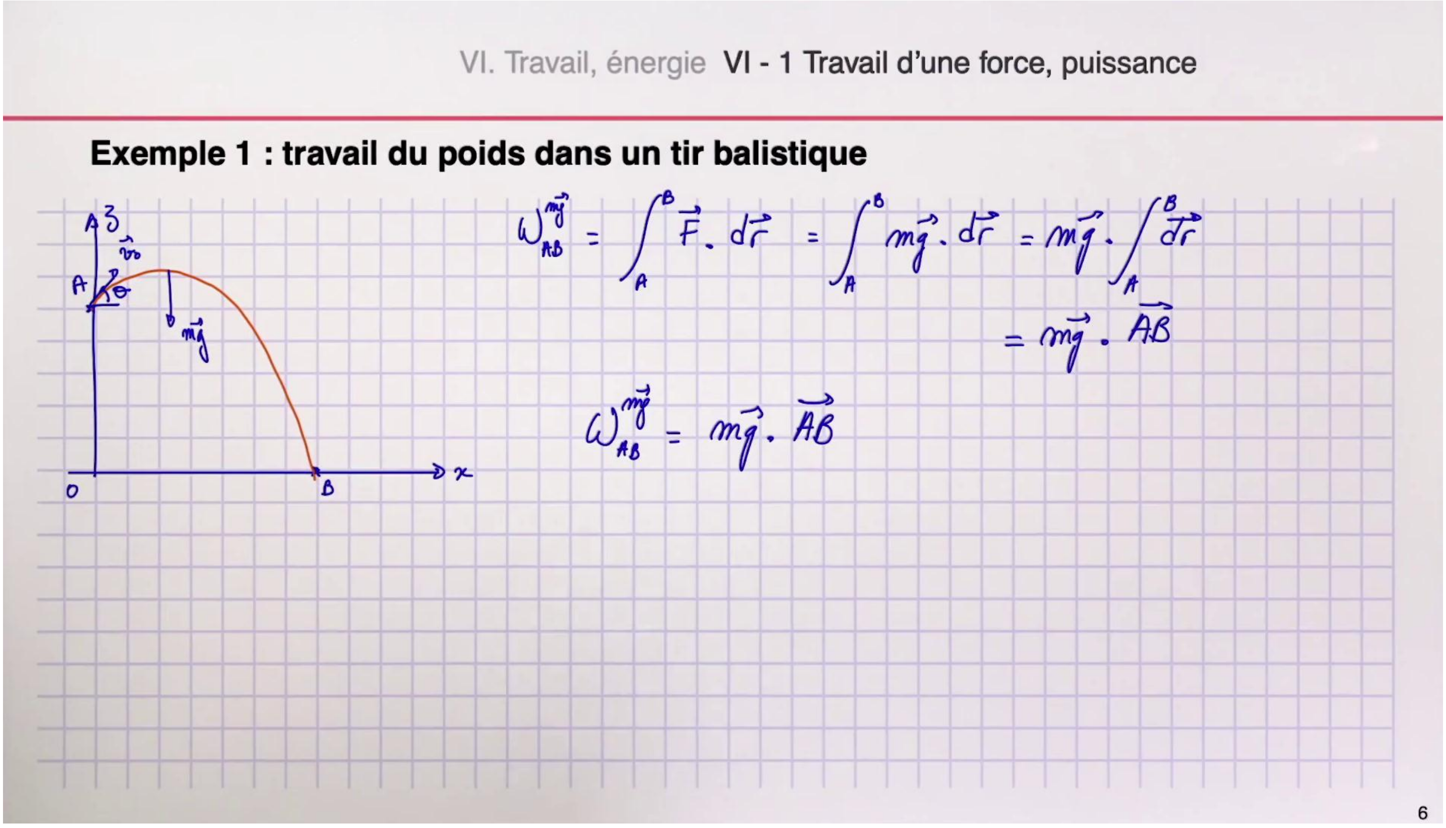


Essayons de voir deux exemples pour le calcul de ce travail. Nous allons prendre d'abord le cas du poids dans un tir balistique. Je suppose que je fais un tir balistique dans le plan x, z d'origine O, en partant du point A et en arrivant au point B. J'ai le choix pour le lancer de l'objet de la direction et la norme du vecteur vitesse. La seule contrainte, c'est que la parabole soit telle que l'objet arrive en B. Je peux donc avoir plusieurs paraboles. Des tirs en cloche, des tirs un peu plus tendus, et des tirs vraiment en direction de B. Mais le point commun, c'est que pendant tout le temps de la trajectoire, l'objet n'est soumis qu'à son poids mg. Représentant donc le cas particulier d'une des paraboles. Voyons ce que donne le calcul du travail pour cette parabole particulière. La définition que nous avons vue précédemment nous dit que le travail de A à B du poids mg est égal à l'intégrale sur le trajet AB, intégrale curviligne de la force produit scalaire dr. Or, ici, la force, c'est le poids. Donc, c'est l'intégrale de A à B de mg produit scalaire dr. Or, le poids est constant sur toute la trajectoire. C'est le même vecteur mg. Il a la même norme et la même direction.

Notes

Summary

5m 24s



C'est donc un vecteur constant. Puisqu'il est constant, je peux le sortir de l'intégrale. Je vais donc obtenir mg produit scalaire intégral de A à B des petits vecteurs infinitésimaux dr. Quelle est cette intégrale et comment la calculer ? Supposons qu'on coupe la trajectoire en deux. J'aurai un premier δr qui irait ici et un deuxième δr jusqu'à B. La somme des deux sera le vecteur AB. Si je coupe la trajectoire en trois, je vais obtenir trois morceaux, mais la somme de ces trois vecteurs sera toujours le vecteur AB. Je peux le couper en une infinité de petits morceaux. À la fin, la somme de tous ces petits morceaux restera, quoi qu'il arrive, le vecteur AB. Donc la somme sur la trajectoire de A à B de tous ces petits dr n'est rien d'autre que le vecteur AB. Le travail de A à B du poids est égal à mg scalaire AB. Or, le vecteur AB ne dépend que du point de départ et du point d'arrivée. Il ne dépend pas de la parabole que j'ai choisie. C'est le même AB, quelle que soit l'allure de la trajectoire. Le travail du poids ne dépendra donc que du point de départ et du point d'arrivée, mais pas de v0 ni de Θ. Essayons de mener le calcul jusqu'au bout maintenant.

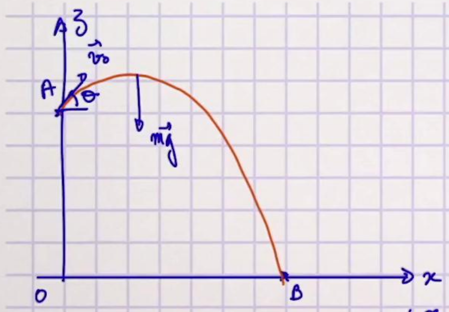
Notes

Summary

7m 08s

VI. Travail, énergie **VI - 1 Travail d'une force, puissance**

Exemple 1 : travail du poids dans un tir balistique



$$W_{AB}^{m\vec{g}} = \int_A^B \vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_A^B m\vec{g}\cdot d\vec{r} = m\vec{g}\cdot\int_A^B d\vec{r} = m\vec{g}\cdot\vec{AB}$$

$$W_{AB}^{m\vec{g}} = m\vec{g}\cdot\vec{AB}$$

$$m\vec{g}\begin{vmatrix}0\\0\\-mg\end{vmatrix} \qquad \vec{AB}\begin{vmatrix}x_B - x_A\\y_B - y_A\\z_B - z_A\end{vmatrix}$$

$$\Rightarrow m\vec{g}\cdot\vec{AB} = -mg(z_B - z_A)$$

$$W_{AB}^{mg} = mgz_A - mgz_B$$

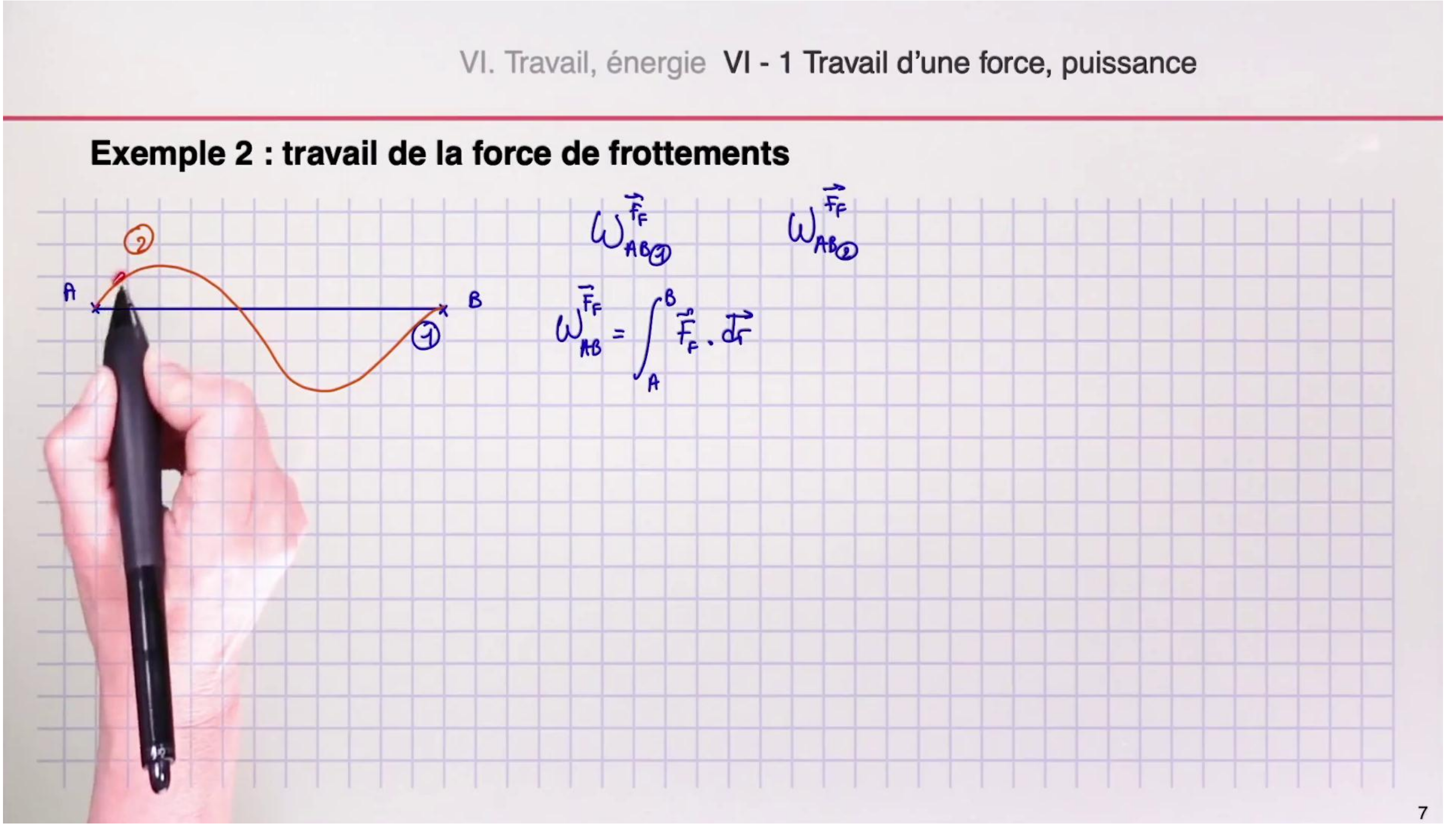
6

Dans le repère que j'ai choisi, mg a comme coordonnée 0, 0, mg, et le vecteur AB a comme coordonnée xB-xA yB-yA et zB-zA. Avec xB, yB, zB les coordonnées de B et xA, yA, zA les coordonnées de A. Lorsque je fais le produit scalaire mg scalaire AB, puisque j'ai 0 sur x et zéro sur y, ça va m'annuler ces deux morceaux-là. Il me restera donc -mg, zB-zA. Au final, le travail du poids de A à B est égal à mgzA moins mgzB. Non seulement le travail du poids entre A et B ne dépend pas de la trajectoire, mais il ne dépend que de l'altitude de A et de l'altitude de B. Donc, en fait, il dépend vraiment de où se trouve le point A, à quelle hauteur par rapport au sol se trouvent le point A et le point B.

Notes

Summary

8m 52s

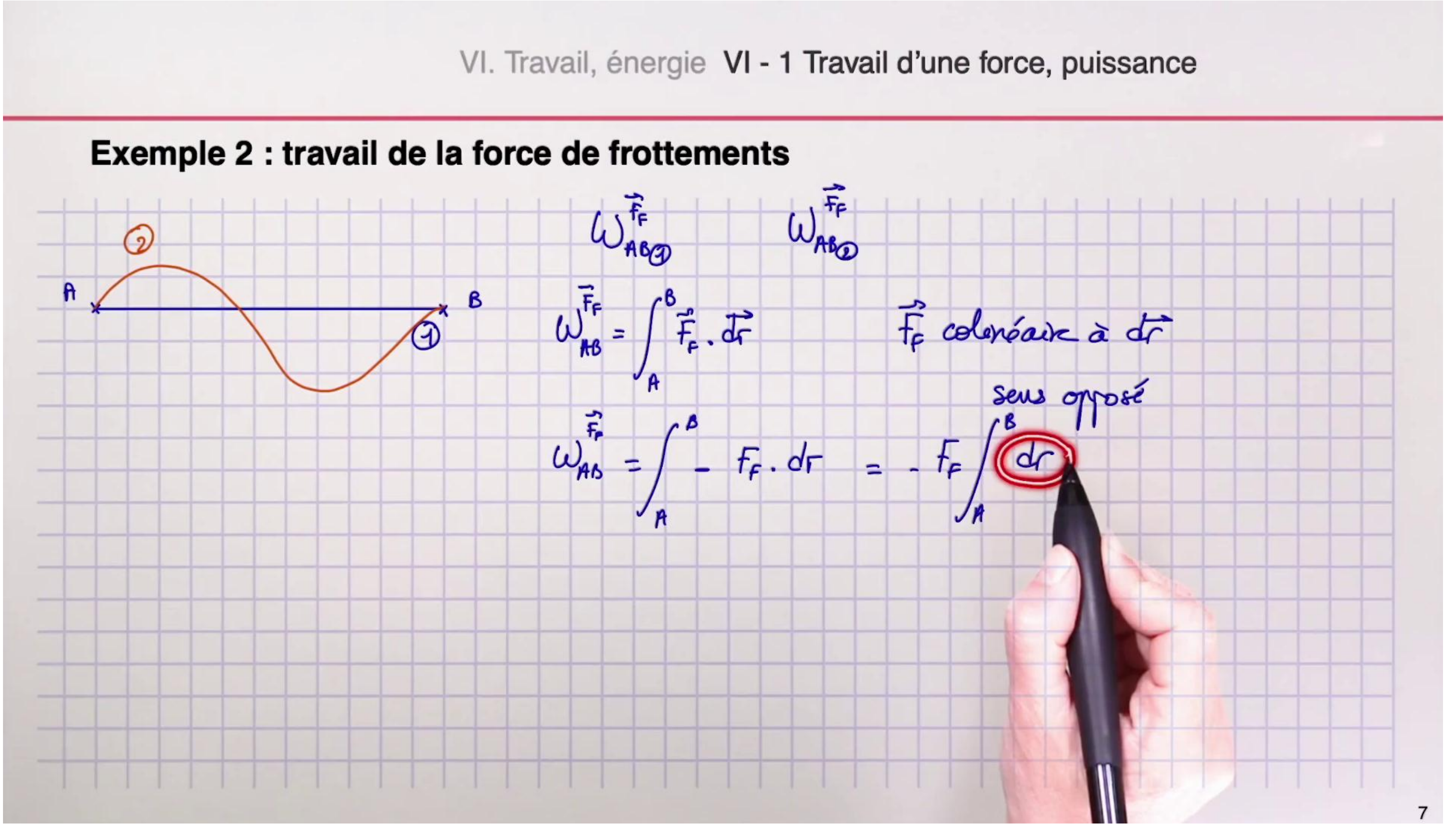


Nous allons prendre un deuxième exemple, celui du travail d'une force de frottement. Supposons que nous avons maintenant une vue de dessus sur un sol plat et sur ce sol, nous déplaçons une caisse d'un point A à un point B. Il y a des frottements secs sur le sol et je vais choisir deux modes de déplacements. Le premier sera une trajectoire rectiligne que j'appellerai 1 qui va en ligne droite de A à B. Le deuxième sera une trajectoire dans laquelle je fais un S que j'appellerai 2 qui va aussi de A à B, mais par un chemin plus long. Je vais comparer le travail de la force de frottement lorsque je vais de A à B. Et je vais les comparer sur le trajet 1 et sur le trajet 2. Nous reprenons la même définition du travail. WAB de la force de frottement est égale à l'intégrale de A à B de la force de frottement produit scalaire dr. Or, la force de frottement s'oppose au déplacement. Lorsque je suis sur la trajectoire rectiligne, la force de frottement est toujours opposée à la vitesse et bien sûr colinéaire à la trajectoire. Mais lorsque je suis sur la trajectoire courbe, c'est la même chose. La force de frottement s'oppose au déplacement.

Notes

Summary

10m 10s

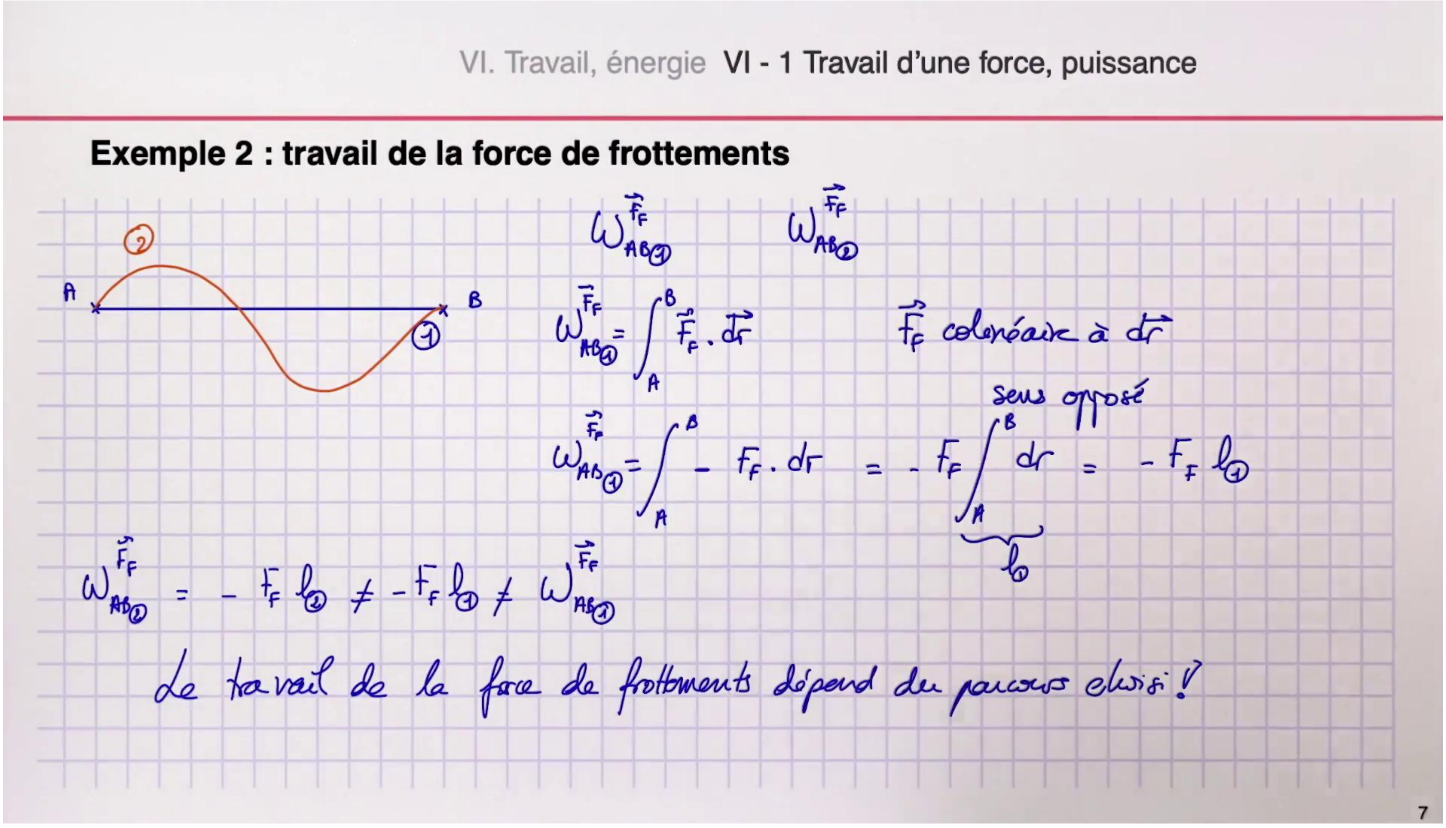


Sa norme reste la même, mais sa direction change au fur et à mesure que la direction du vecteur vitesse change. Puisque le vecteur vitesse est colinéaire à dr, la force de frottement est aussi colinéaire à dr. Le travail de A à B de la force de frottement est donc égal à l'intégrale de A à B de FF scalaire dr qui sont deux vecteurs colinéaires. Donc, je vais avoir norme de FF multipliée par la norme de dr. Et comme en plus, la force de frottement s'oppose aux déplacements, ce sont des vecteurs colinéaires et de sens opposés. Par conséquent, j'ai un signe moins à cause du sens opposé. Si je tire une caisse sur le sol et que le sol est horizontal, la force de frottement ne dépend que de la réaction du sol et du coefficient de frottement. La réaction restant identique puisque le sol est horizontal, le coefficient de frottement, on supposera qu'il est le même partout, donc la force de frottement va rester constante. Et j'obtiens -FF intégral de A à B de dr. La grosse différence par rapport à tout à l'heure, c'est que maintenant, j'intègre les petites normes de dr. Ça n'est plus le vecteur dr que je somme, mais les petites longueurs dr.

Notes

Summary

11m 45s

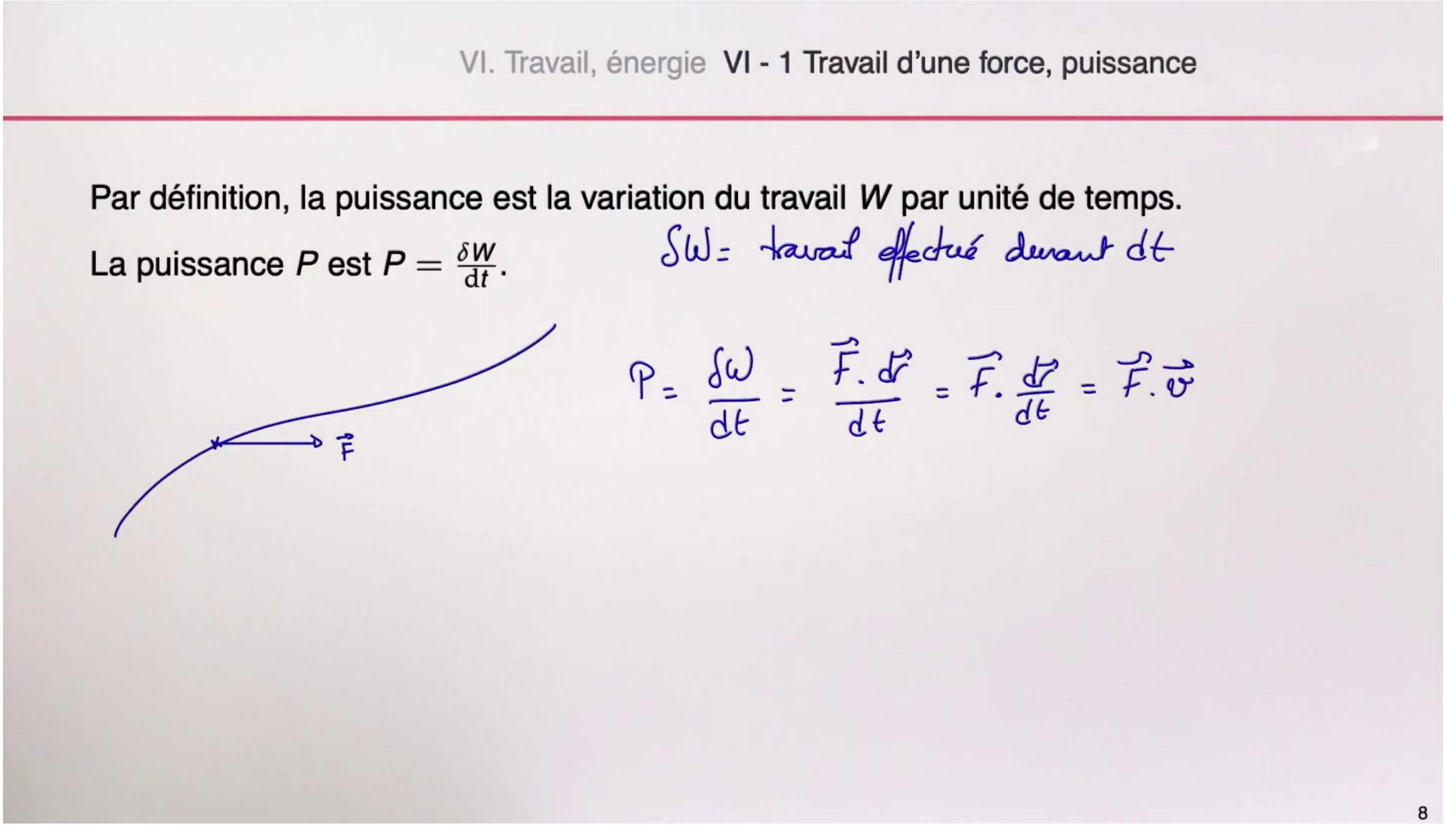


Lorsque je vais sommer toutes les petites longueurs dr sur la trajectoire de A à B, je vais obtenir la longueur métrique de la trajectoire. Elle sera différente sur les deux. Elle sera plus grande sur la trajectoire 2 que sur la trajectoire 1. Je vais appeler cette longueur l1 pour la première trajectoire. J'ai donc le travail de A à B de la force de frottement sur la trajectoire 1 qui est égal à moins FFl1. Et ça, c'était sur la trajectoire 1. Lorsque je fais le même calcul sur la trajectoire 2, WAB sur 2 de FF, exactement de la même manière, je vais obtenir -FF multiplié par la longueur l2. Comme l2 est différent de l1, ceci est différent de −FF l1. C'est donc différent du travail de AB de la même force, mais sur la trajectoire 1. On voit que pour la force de frottement, le travail dépend du parcours que j'ai choisi. Par ailleurs, dans les deux cas, ce travail est négatif. C'est normal, car ils s'opposent au déplacement.

Notes

Summary

13m 23s

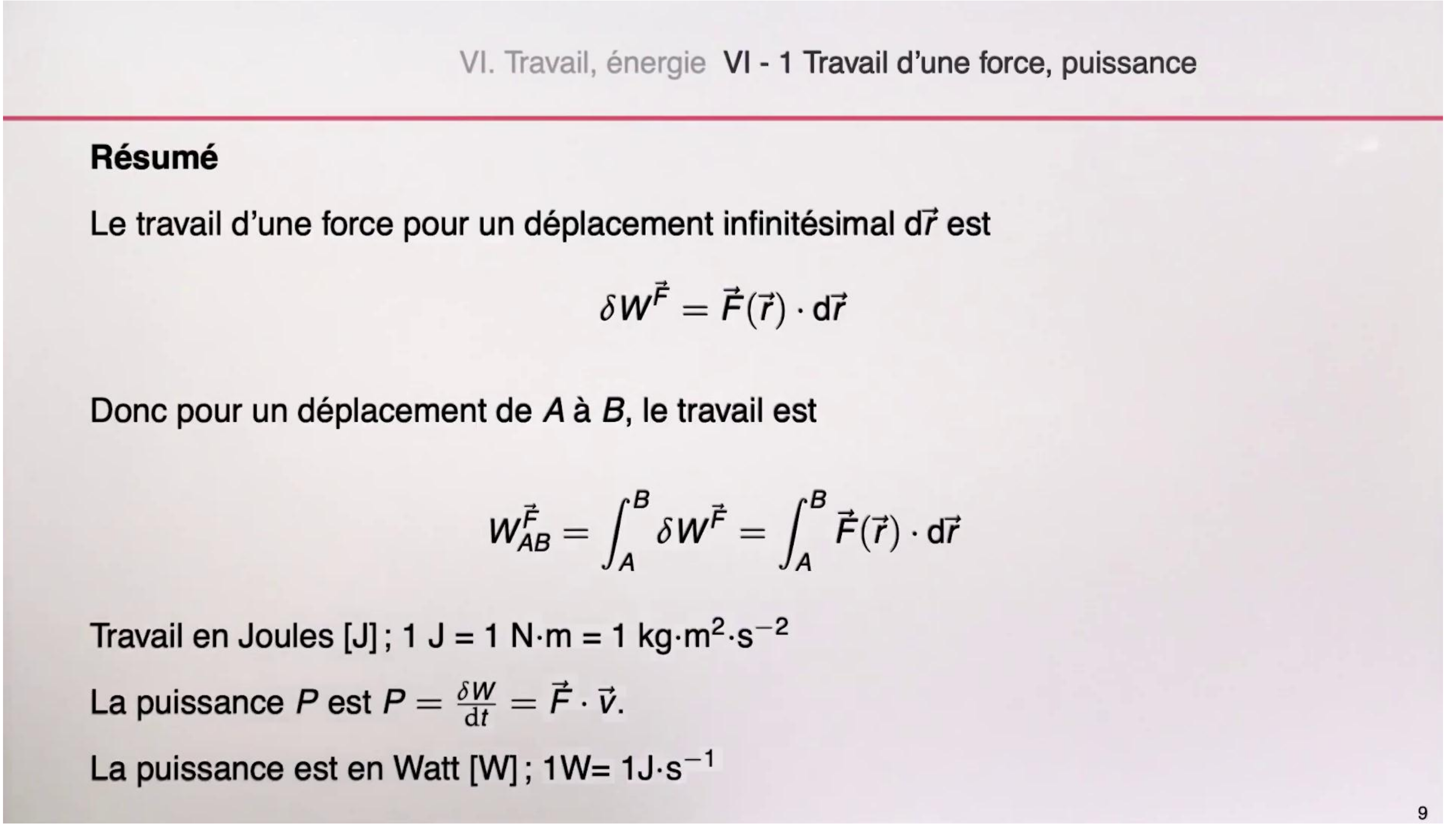


Par définition, la puissance est la variation du travail par unité de temps. Donc c'est δW/dt, si δW est le travail effectué pendant dt. P = δW/dt, δW= F scalaire dr/dt, c'est donc égal à F scalaire (dr/dt) ceci n'est rien d'autre que F scalaire v. La puissance est donc le produit scalaire Fv.

Notes

Summary

14m 49s

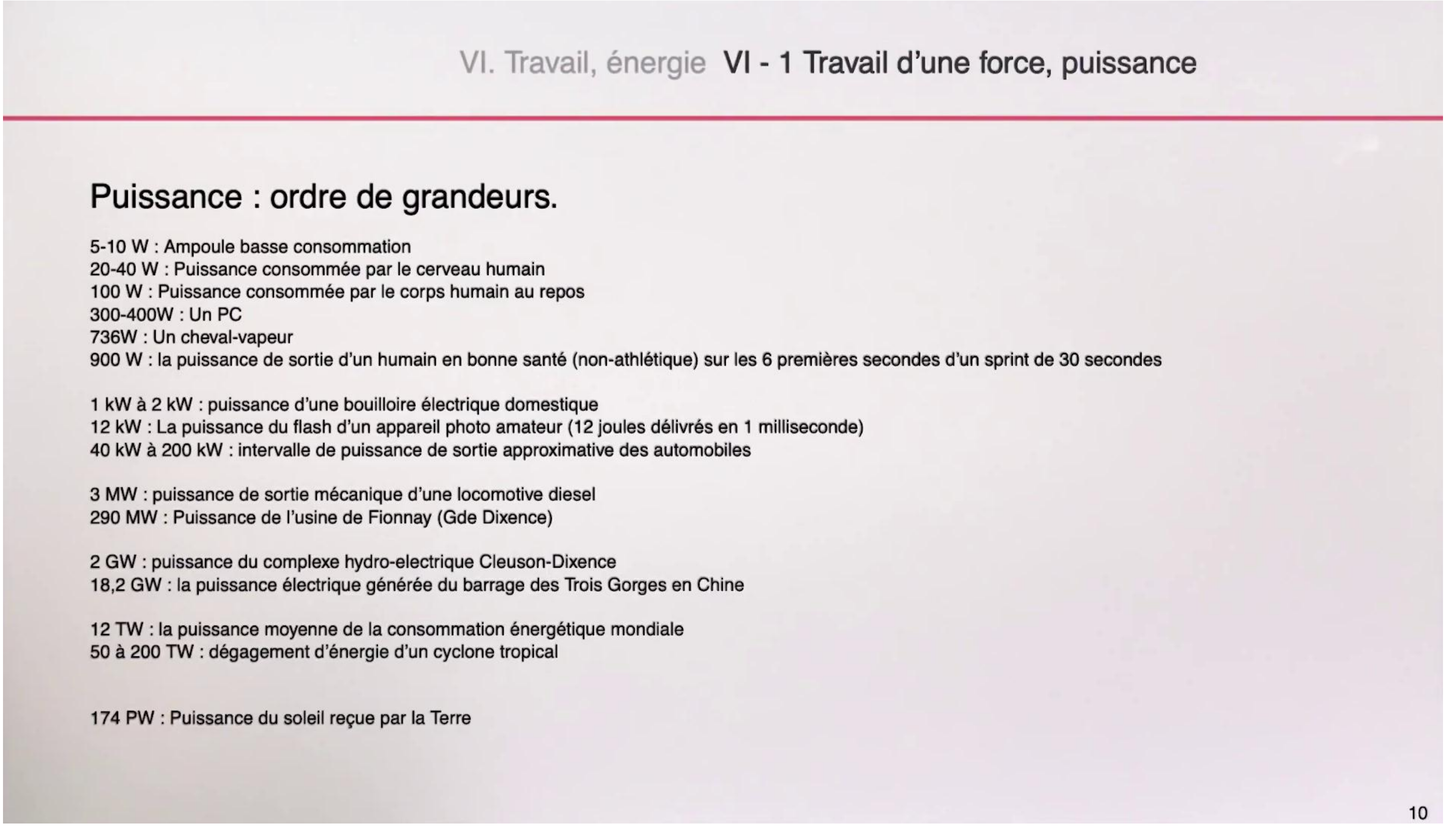


Donc, en résumé, nous avons vu deux définitions, le travail d'une force pour un déplacement infinitésimal dr, pour une force F, le travail infinitésimal et F produit scalaire dr. Lorsque je me déplace de A à B sur un déplacement macroscopique, je dois faire l'intégrale de ces déplacements infinitésimaux. J'ai donc l'intégrale de A à B de F scalaire dr. Le travail s'exprime en Joules. 1 joule est 1 newton multiplié par 1 mètre, soit 1 kilogramme mètre carré seconde -2. La puissance, elle, est δW/dt, c'est donc F scalaire V. Elle est en Watt ou en Joule seconde -1.

Notes

Summary

15m 33s



En tant qu'ingénieur, il est bon d'avoir quelques ordres de grandeur en tête. Une ampoule basse consommation à une puissance de 5 à 10 watts. Le cerveau humain, 20 à 40. Une bouilloire électrique domestique 1 à 2 kilowatts. Une locomotive diesel 3 mégawatts. Un grand complexe hydroélectrique plusieurs gigawatts. La puissance moyenne de la consommation énergétique mondiale s'exprime en Térawatt et la puissance du soleil reçue par la Terre en Pétawatt.

Notes

Summary

16m 21s

Voilà, nous avons vu la définition de deux nouvelles grandeurs appelées travail d'une force et puissance. Dans la suite, nous verrons comment les utiliser.

Notes

Summary

17m 01s