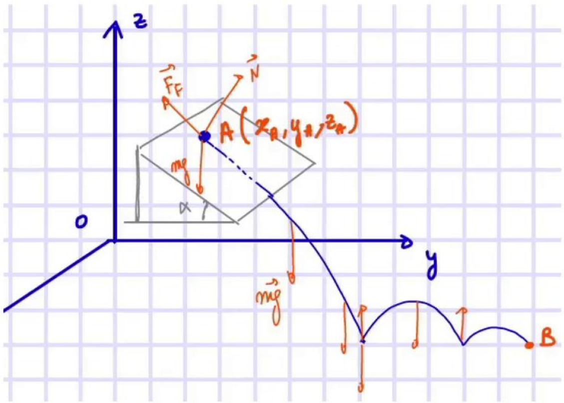
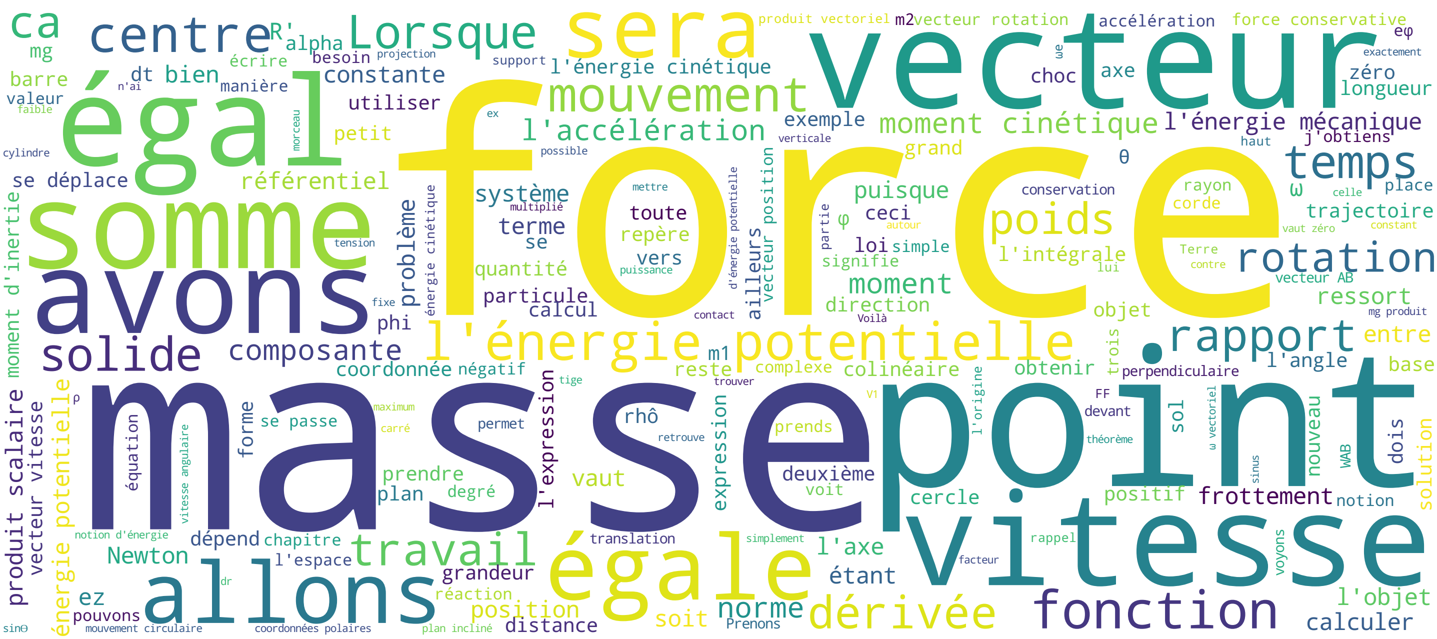
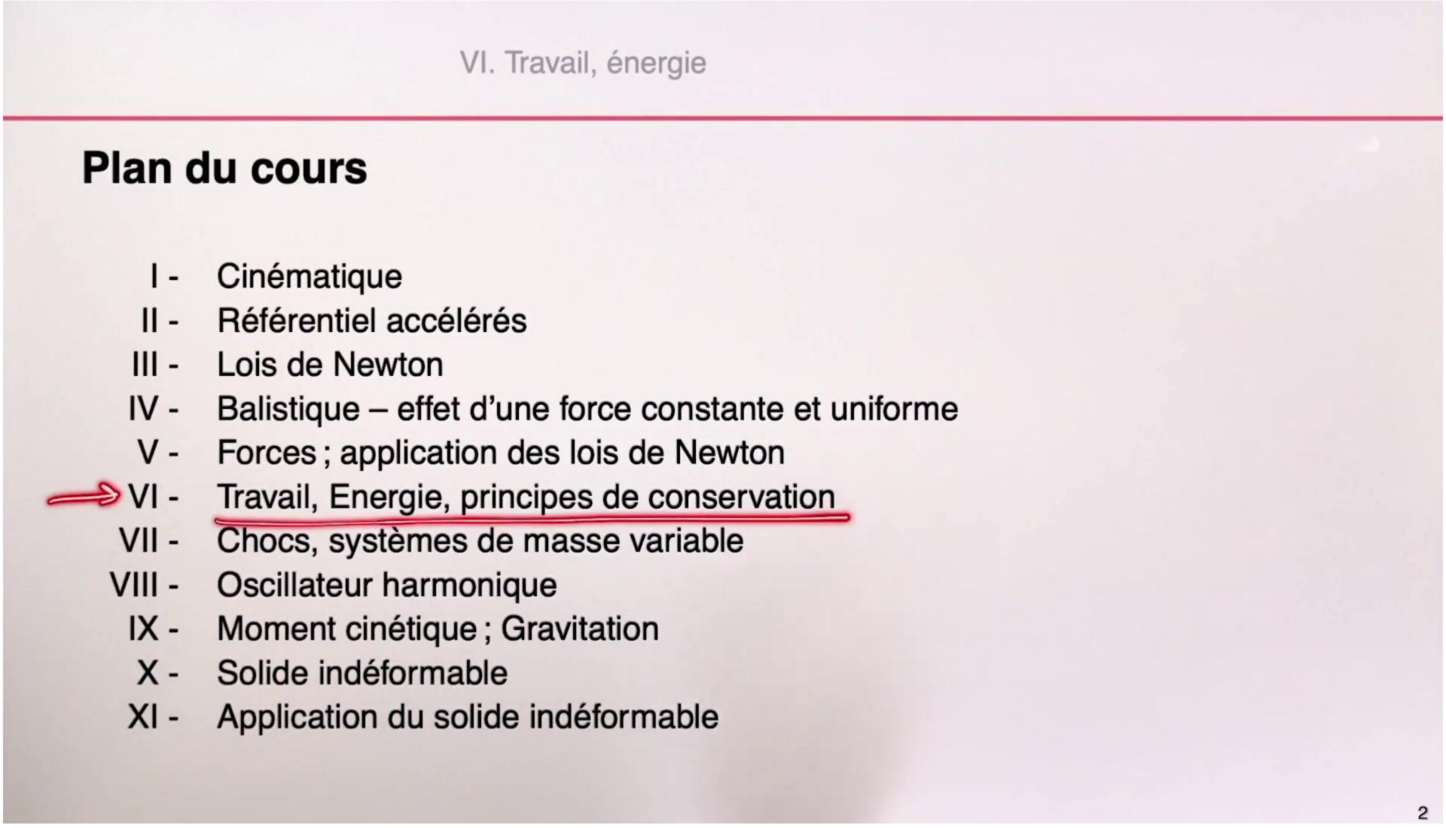
Physique générale : mécanique



Energie potentielle Energie mécanique

Prof. Cécile Hébert



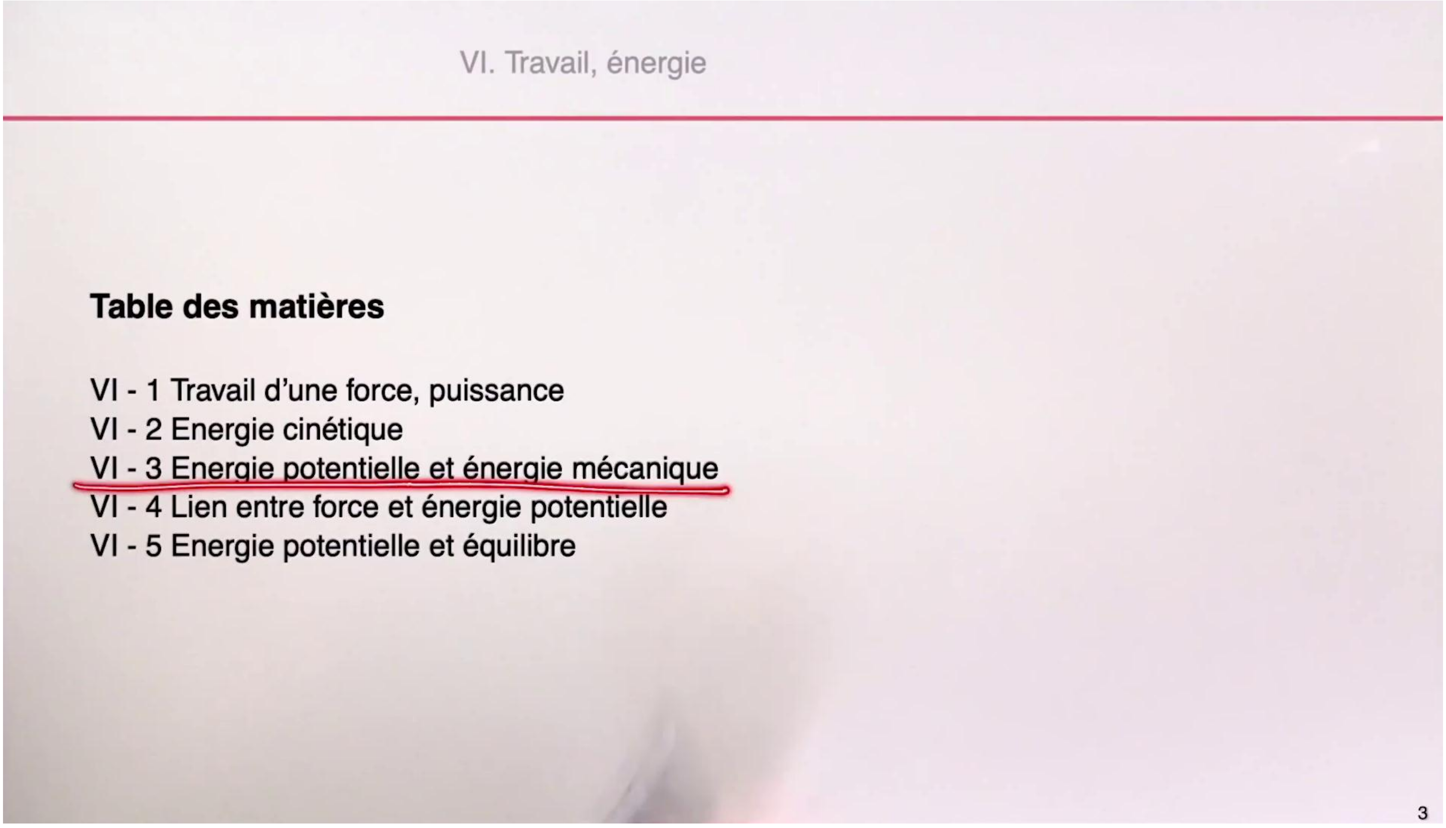


Bonjour. Dans cette vidéo, nous allons continuer avec les notions d'énergie. Nous allons maintenant voir la notion d'énergie potentielle et la notion d'énergie mécanique. Nous parlerons aussi de la conservation ou non de l'énergie mécanique. On parle parfois de principe de conservation de l'énergie. En ce qui nous concerne, nous verrons que nous n'avons pas vraiment de nouveaux principes. Nous écrirons simplement les lois de Newton de manière différente, puisque l'écriture de l'énergie cinétique et de son lien avec le travail était basée sur la deuxième loi de Newton.

Notes

Summary

0m 05s

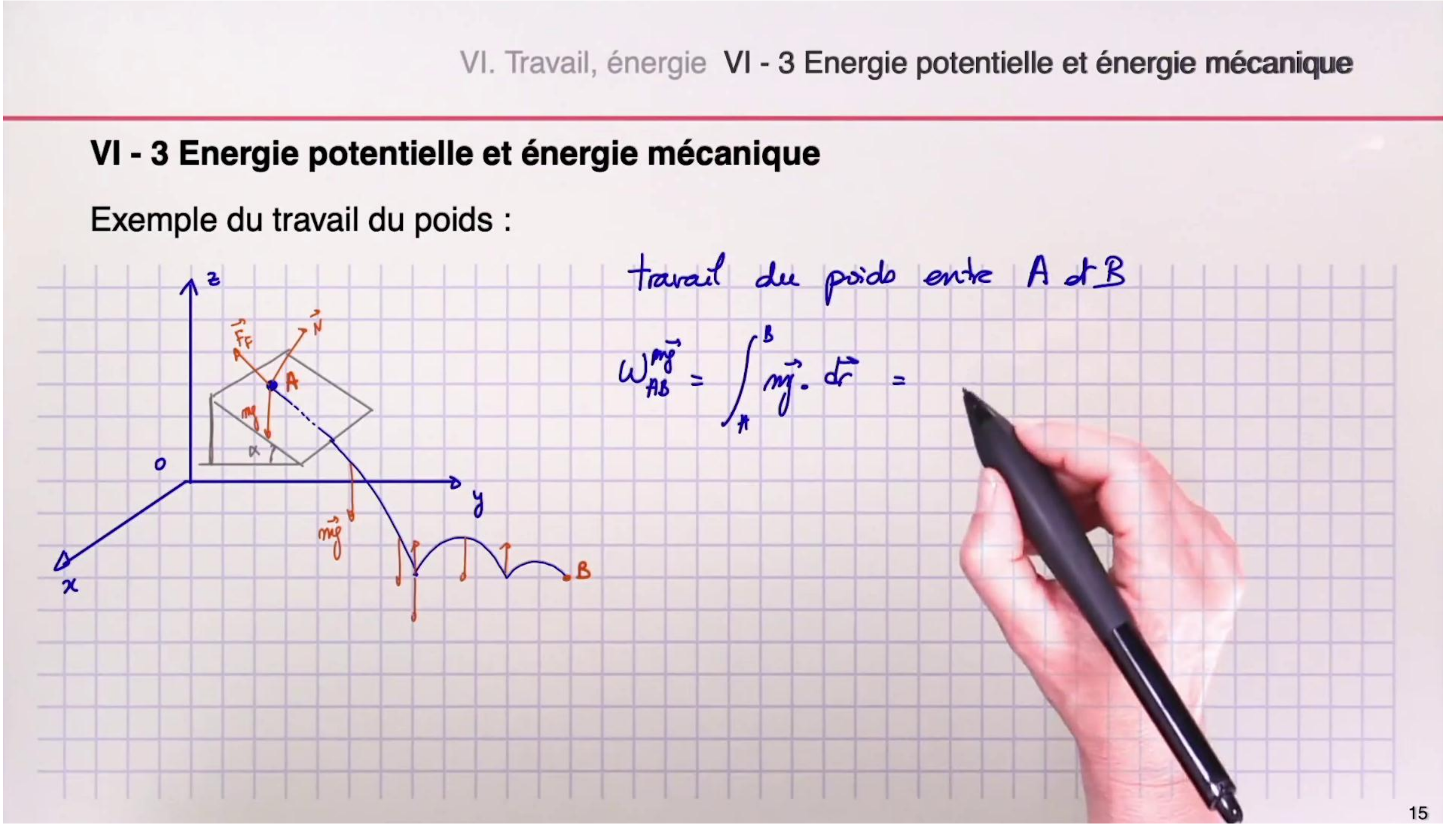


Nous sommes dans le chapitre VI : Travail, Energie, principes de conservation, et nous allons voir la notion d'énergie potentielle et énergie mécanique.

Notes

Summary

0m 39s

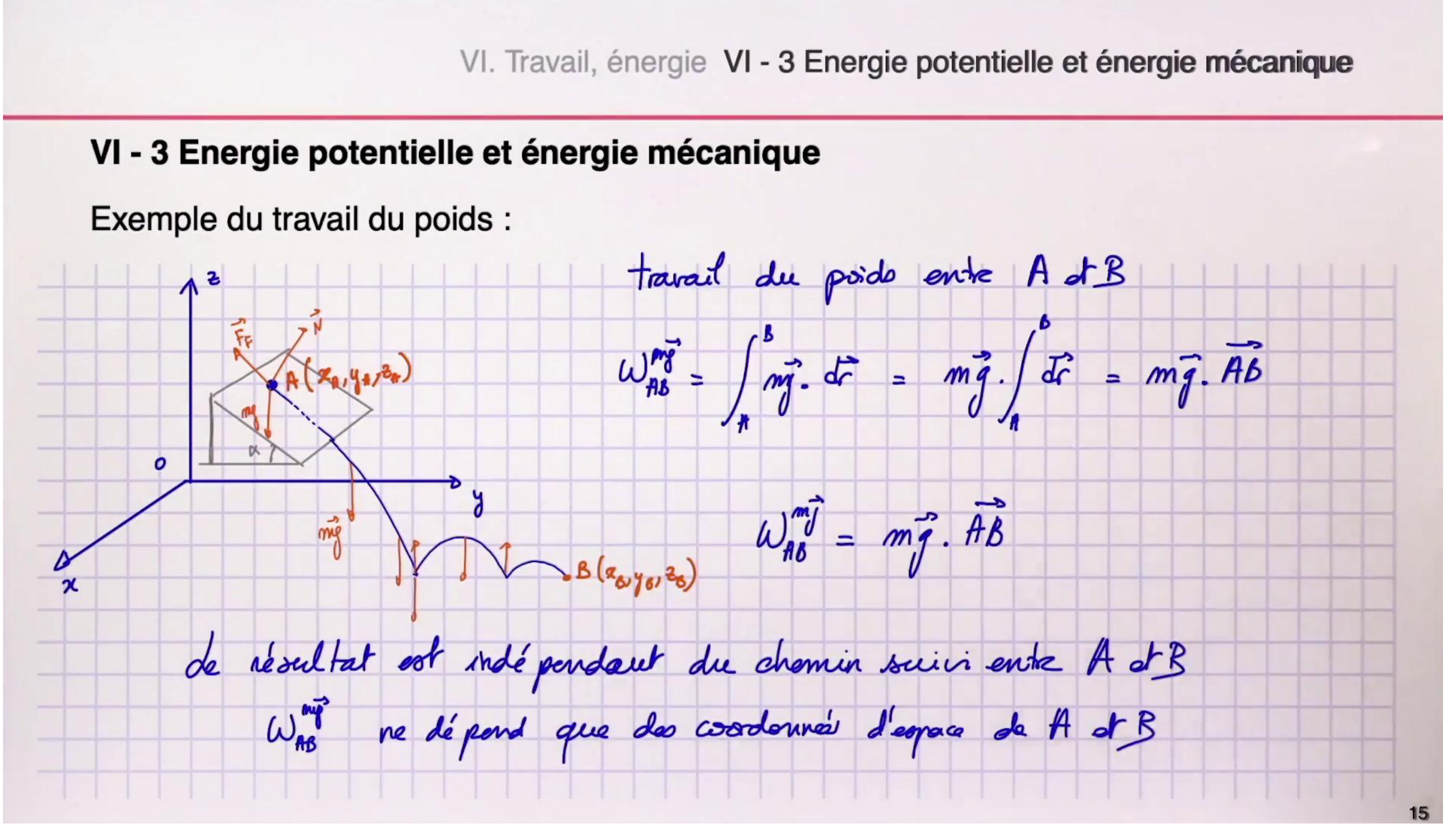


Nous allons reprendre l'exemple du travail du poids, mais dans un cas plus général que précédemment. Prenons un repère à trois dimensions dans un référentiel galiléen. (x, y, z) d'origine o. Dans cet espace, un objet va se déplacer sous l'effet de son poids et peut-être d'autres forces. Par exemple, il peut commencer sur un plan incliné d'un angle α, sur lequel il sera soumis à son poids, à la réaction du support et peut-être à une force de frottement. Puis, après sa trajectoire sur le plan incliné, il va avoir une chute libre jusqu'au sol. Après quoi, il peut éventuellement rebondir après plusieurs contacts avec le sol. Là aussi, il y aura des forces au moment du contact avec le sol, mais pendant toute la trajectoire, l'objet est toujours soumis à son poids. Nous cherchons à calculer le travail du poids de A à B sur l'ensemble de la trajectoire. Nous isolons cette force et calculons uniquement son travail. WAB de mg est l'intégrale de A à B de mg, produit scalaire dr. Nous avons déjà fait ce calcul et la présence d'autres forces n'y change rien. mg est constant, je peux le sortir de l'intégrale, je retrouve mg produit scalaire intégrale de A à B de dr, et à nouveau produit, le fait qu'il y ait d'autres forces en jeu ne change rien à l'intégrale de A à B de dr, c'est toujours le vecteur AB.

Notes

Summary

0m 50s

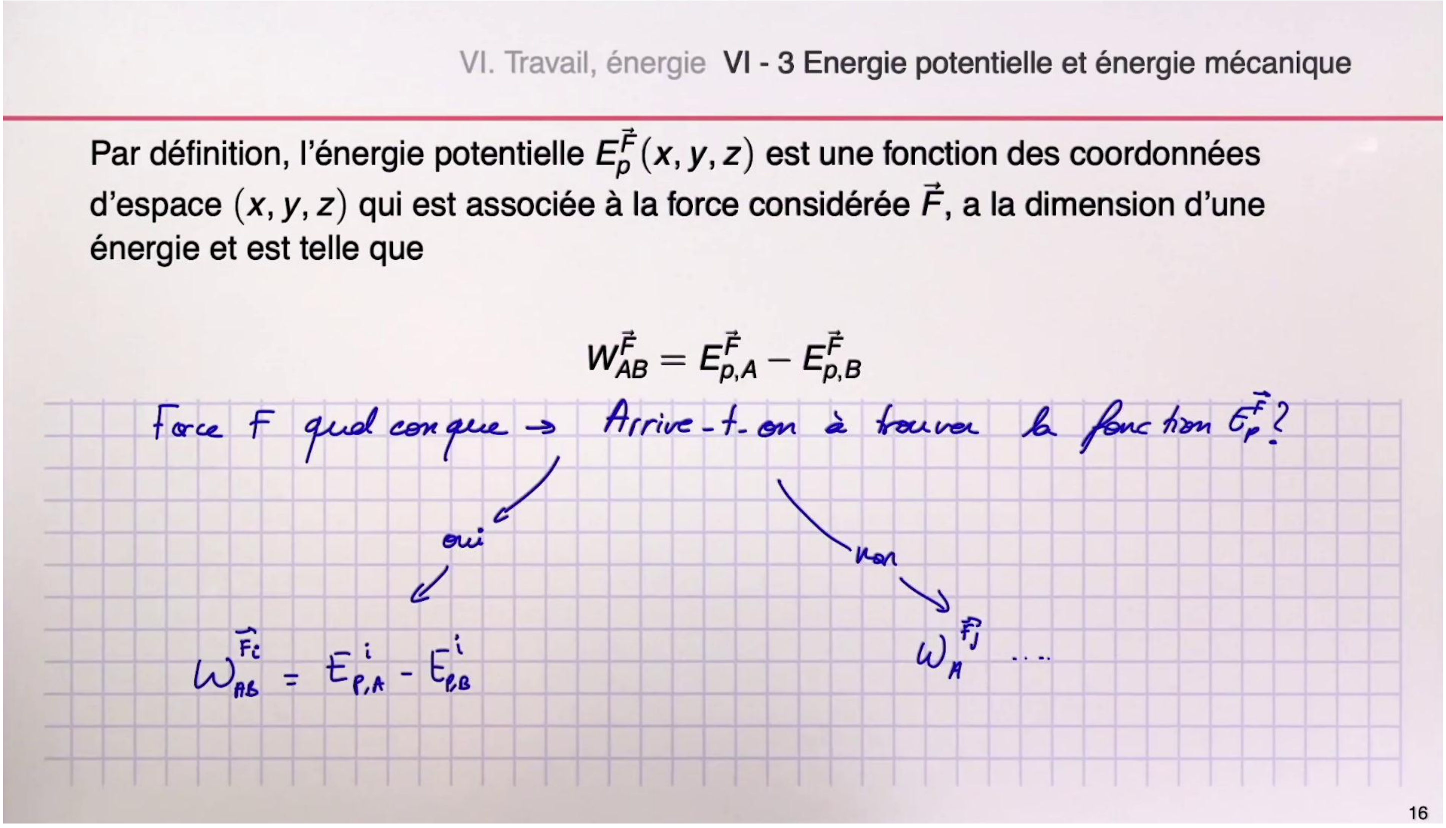


Donc, j'obtiens toujours mg produit scalaire AB. Au final, ce que nous avions trouvé avant en considérant uniquement la chute libre reste valable dans le cas absolument général, W de A à B du poids est égal à mg produit scalaire AB. C'est donc une grandeur qui ne dépend que de la force elle-même, le poids, et du vecteur AB. Or, le vecteur AB ne dépend que du point de départ et du point d'arrivée, et absolument pas de ce qui s'est passé entre temps. La trajectoire aurait pu être n'importe quelle autre trajectoire, le travail du poids entre A et B serait resté le même. Le résultat est indépendant du chemin suivi entre A et B. Donc, il ne dépend que de la position de A et de la position de B. Or, A et B sont des points de l'espace caractérisés par leurs coordonnées, (xA; yA; zA), (xB; yB; zB). Donc, le travail de A à B du poids ne dépend que des coordonnées d'espace de A et de B.

Notes

Summary

2m 38s

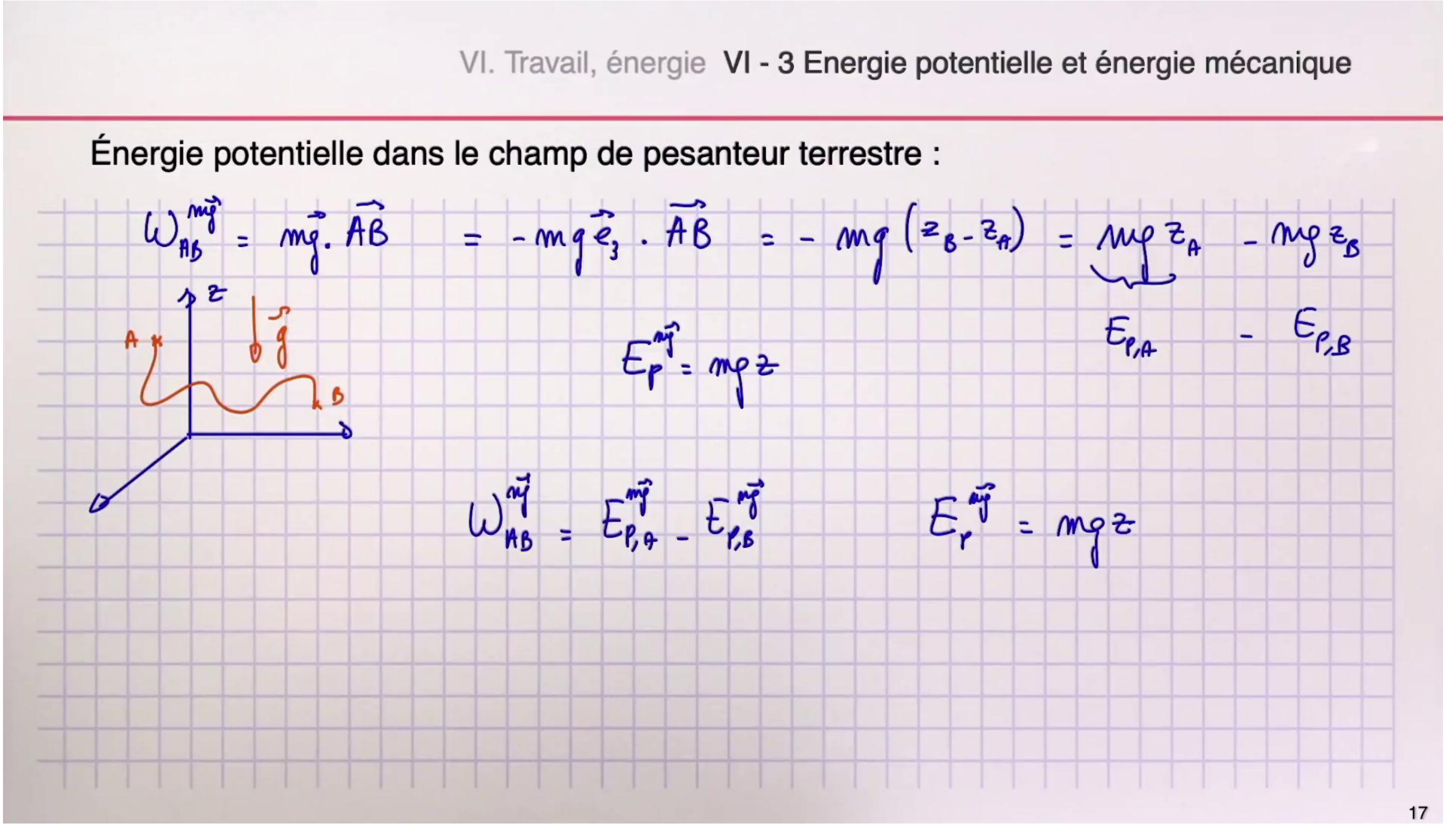


Je vais donc pour cette force définir une fonction que je vais appeler énergie potentielle, qui sera une fonction des coordonnées d'espace (x, y, z) et que je vais associer à la force considérée. Cette fonction a la dimension d'une énergie et elle sera telle que le travail de A à B de la force sera égal à l'énergie potentielle en A moins l'énergie potentielle en B. Attention à l'ordre des lettres, cette fois c'est A moins B pour WAB. Si je prends une force F quelconque, est-ce que je vais arriver à trouver la fonction Ep pour la force F ? Oui. Et dans ce cas là, je pourrais écrire W de A à B de la force F i, si c'est une qui marche, sera égal à Ep associée à i en A moins Ep associée à i en B. Et non. Dans ce cas-là, je devrais calculer le travail de A à B de la force J à la main. On se doute bien que pour le poids, ça va marcher et pour les forces de frottement, ça ne va pas marcher.

Notes

Summary

4m 01s

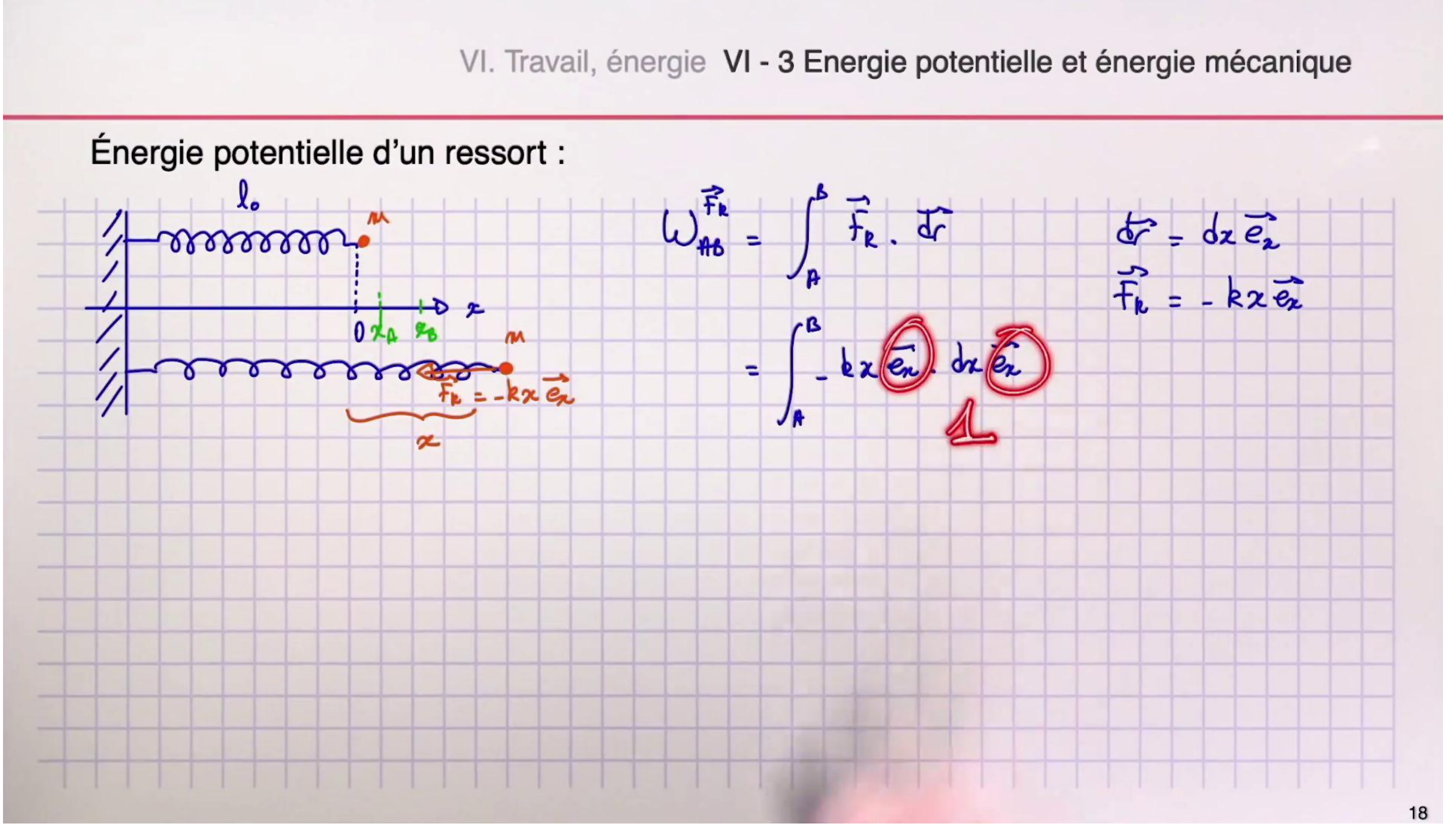


Quelle est l'énergie potentielle dans le champ de pesanteur avec ce que nous avons obtenu jusqu'à présent. Nous avons vu WAB du point mg est égal à mg scalaire AB. Dans l'espace à trois dimensions, je vais prendre un axe particulier qui sera l'axe vertical Z. L'axe vertical signifie que c'est l'axe selon lequel je trouve le vecteur g. Pour un point A et un point B dans l'espace, une trajectoire quelconque entre A et B, j'obtiendrai donc WAB=-mgeZ, c'est le vecteur mg, produit scalaire vecteur AB. Cela ne va récupérer que la composante sur Z du vecteur AB, c'est la projection sur eZ de AB, et cela sera donc mg(ZB-ZA). Avec le moins qui est devant, j'obtiens mgZA-mgZB. J'ai ici quelque chose qui dépend uniquement des coordonnées d'espace de A, et quelque chose qui dépend uniquement des coordonnées d'espace de B, et en plus, cette fonction a la même expression. Si je définis la fonction énergie potentielle associée au poids comme étant mgz, j'ai bien l'énergie potentielle en A moins l'énergie potentielle en B. J'ai donc bien trouvé la fonction qui marche et je peux dire que le travail de A à B du poids est égal à l'énergie potentielle en A moins l'énergie potentielle en B liée au poids avec cette énergie potentielle liée au poids est égale à mgZ. Z étant l'altitude. J'ai bien donc trouvé la fonction énergie potentielle associée à la force poids.

Notes

Summary

5m 25s

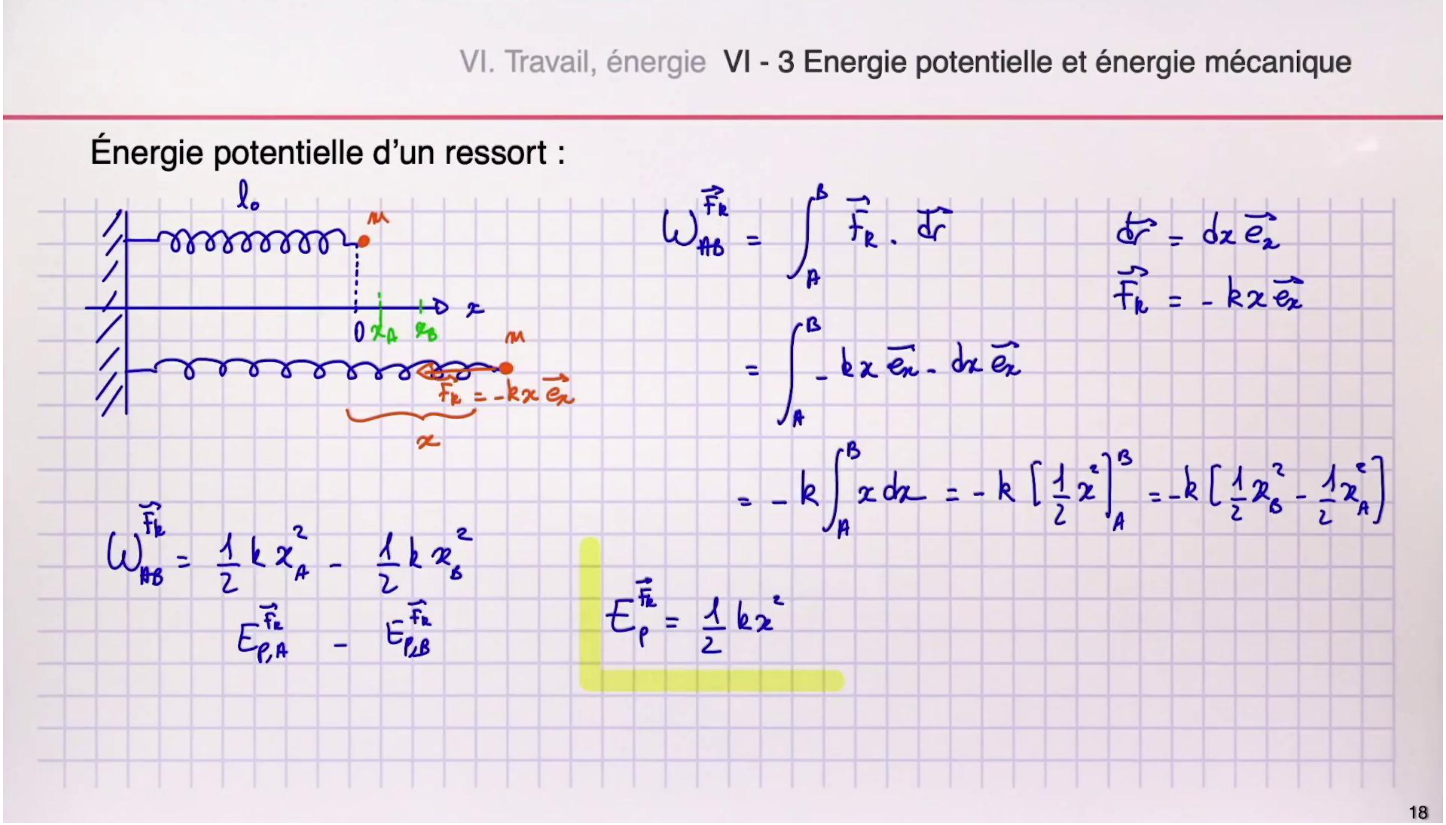


Intéressons-nous maintenant à un ressort. Est-ce que ça va marcher ? Je prends un ressort de longueur au repos l0, un repère ox et je choisis l'origine du repère telle que la coordonnée x correspond avec l'allongement du ressort. Je place une masse m à l'extrémité du ressort. Lorsque le ressort est allongé de x, la force Fk=-kxex s'exerce sur la masse. Je vais maintenant considérer que ma masse se déplace de xA à xB. Et je vais chercher le travail de la force de rappel du ressort entre A et B. C'est l'intégrale de A à B de la force de rappel du ressort produit scalaire avec le déplacement. Nous avons un déplacement à une dimension selon l'axe ox, donc le vecteur déplacement dr est égal à dx, vecteur de base ex. La force de rappel du ressort Fk est égal à -kxex. J'obtiens comme travail l'intégrale de A à B de -kxex, produit scalaire dxex, le produit scalaire ex, ex va donner 1.

Notes

Summary

7m 47s

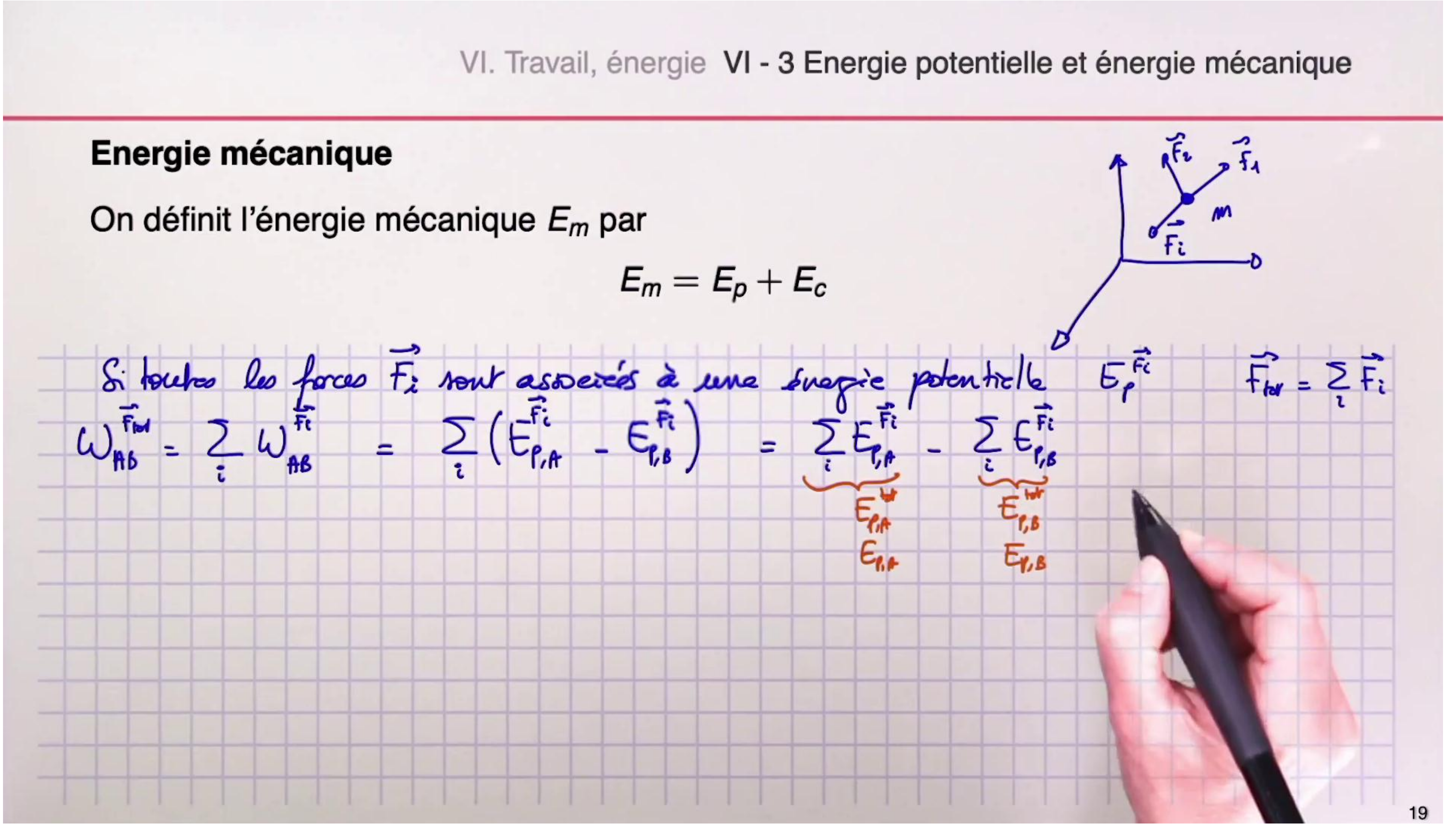


k est une constante que je peux sortir de l'intégrale avec le moins qui est devant. C'est donc égal à moins k intégralee de A à B de xdx. La primitive de xdx est 1/2 de x^2. J'ai donc toujours -k[1/2x^2] pris entre A et B. C'est donc -k[1/2x_B^2-1/2x_A^2]. J'obtiens donc le travail de la force du ressort entre A et B est égale à 1/2 de kx_A^2 moins 1/2 de kx_B^2. À nouveau, j'ai deux fois l'expression d'une fonction qui a la même allure, une fois pour la coordonnée d'espace du point A, une fois pour la coordonnée d'espace du point B. Je peux bien dire que c'est l'énergie potentielle en A moins l'énergie potentielle en B, à condition de définir l'énergie potentielle de la force de rappel du ressort comme étant 1/2 de kx^2. Ça, c'est pour le ressort. Ce qui est bien important ici, c'est que x est l'allongement, donc c'est l'écartement par rapport à la position l0. Parmi les forces que nous avons vues, c'est la deuxième pour laquelle nous avons pu trouver cette énergie potentielle.

Notes

Summary

9m 20s

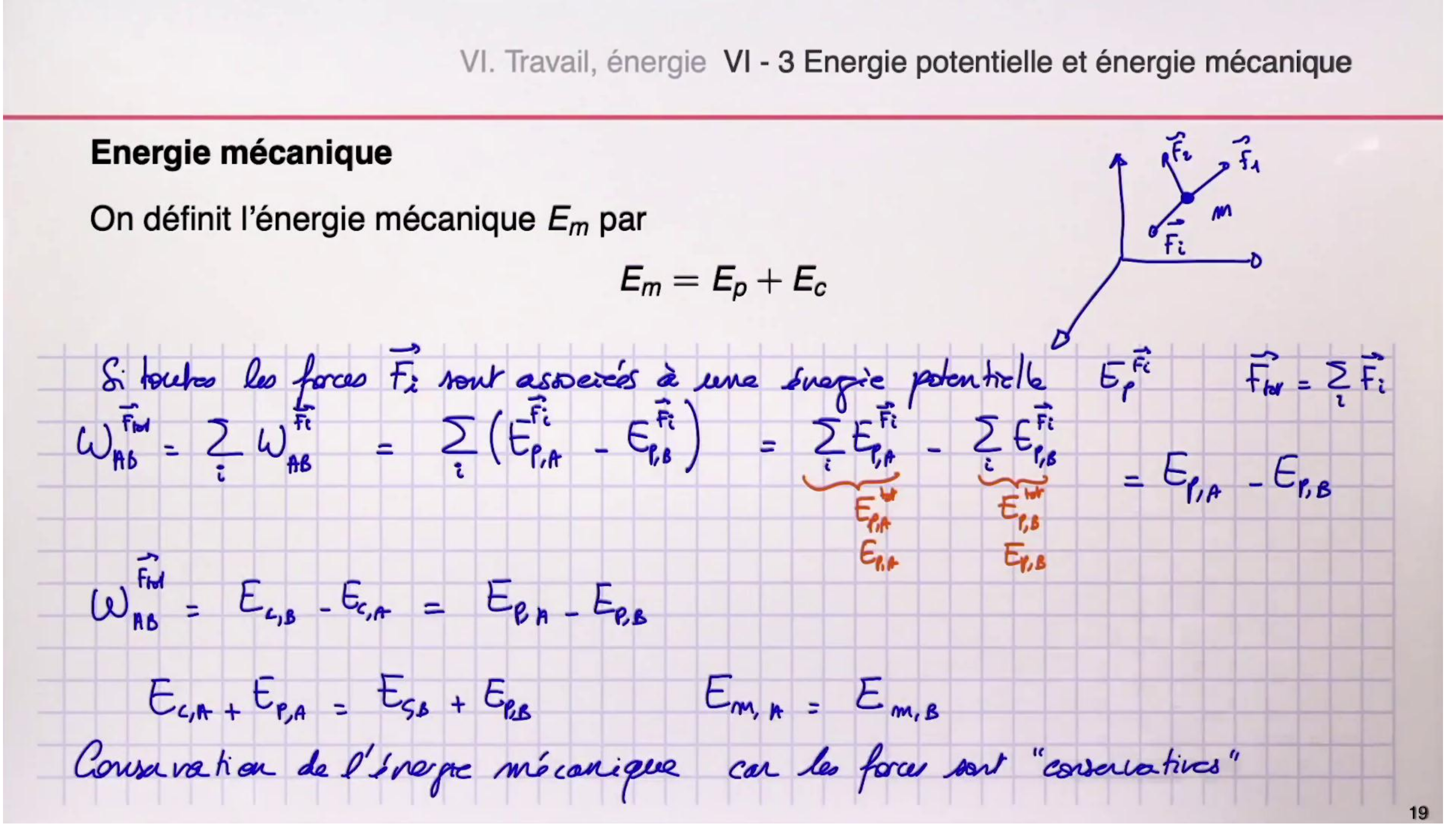


Munie de la définition de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique, nous pouvons maintenant définir l'énergie mécanique. L'énergie mécanique Em se définit comme étant la somme Ep+Ec, soit un objet soumis à plusieurs forces que je vais noter les F i. F1, F2, etc., F i. Si toutes les forces F i sont associées à une énergie potentielle, je l'appelle EpF i pour chacune des forces F i. J'appelle à nouveau F tot la somme de toutes les forces. Le travail de A à B de la résultante de toutes les forces, F tot, est égal à la somme sur i des travaux de A à B des forces individuelles. Chaque force étant associée à une énergie potentielle, je peux écrire ce WAB de Fi comme étant l'énergie potentielle en A moins l'énergie potentielle en B associée à la force F i. C'est donc la somme sur i des EpA pour la force F i moins EpB pour la force F i. C'est donc la somme sur i des énergies potentielles en A des forces F i moins la somme sur i des énergies potentielles en B des forces F i. Ceci est l'énergie potentielle totale en A, souvent appelée simplement Ep en a, et ceci est l'énergie potentielle totale en B. On écrira souvent tout simplement EpA et EpB. C'est donc égal à EpA moins EpB.

Notes

Summary

10m 57s

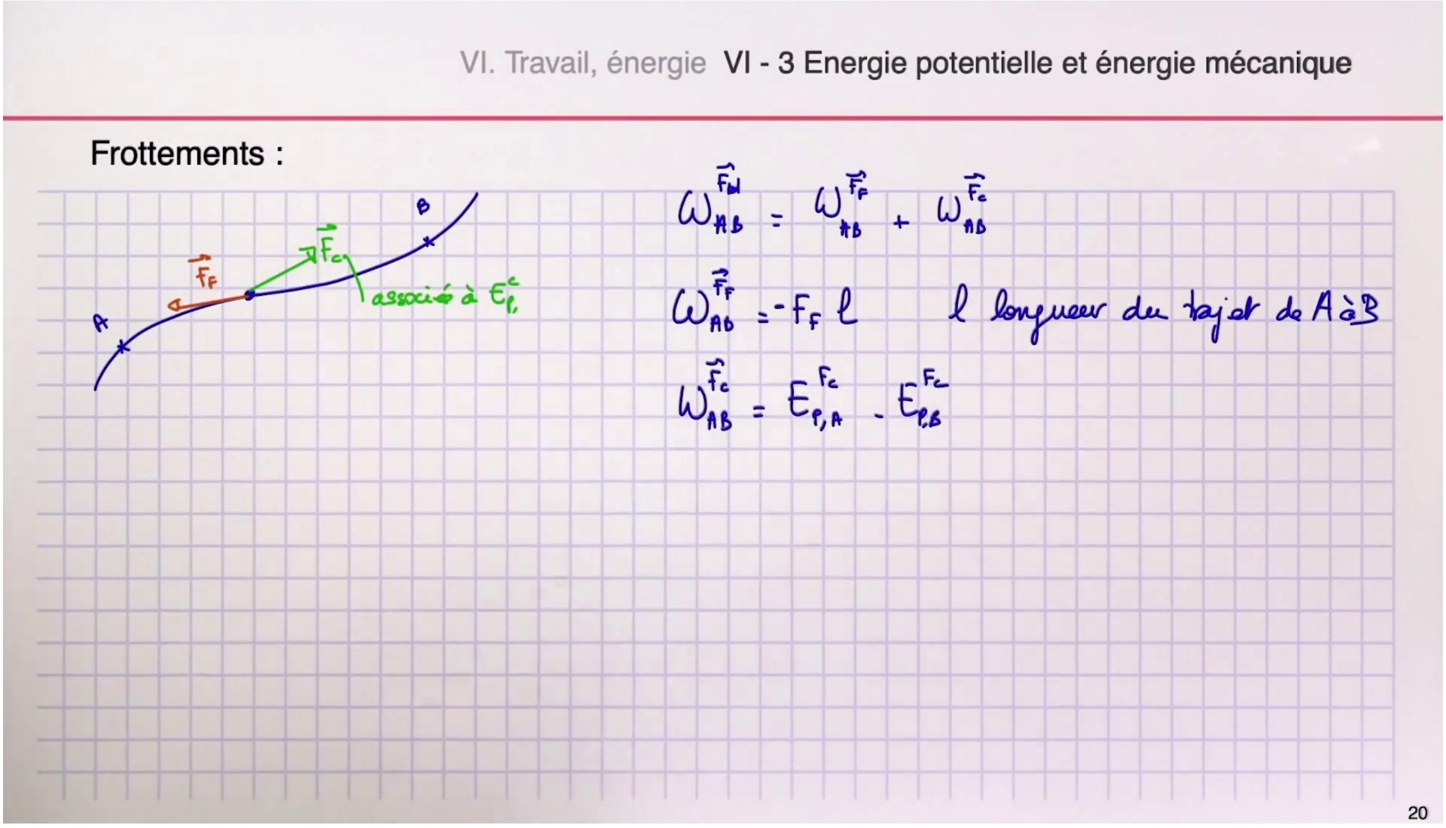


Par ailleurs, nous avons vu avec la notion d'énergie cinétique, WAB des forces totales est toujours égal à l'énergie cinétique en B moins l'énergie cinétique en A. En combinant ces deux expressions de WAB, je peux donc écrire ECB moinsEcA égal EpA moins EpB. En faisant passer les B d'un côté et les A de l'autre, j'obtiensEcA plus EpA égalEcB plus EpB. Soit l'énergie mécanique enA est égale à l'énergie mécanique en B. On dit donc qu'il y a conservation de l'énergie mécanique. Pour y arriver, il a fallu supposer que toutes les forces sont associées à une énergie potentielle. On dit de ces forces associées à une énergie potentielle qu'elles sont conservatives.

Notes

Summary

13m 00s

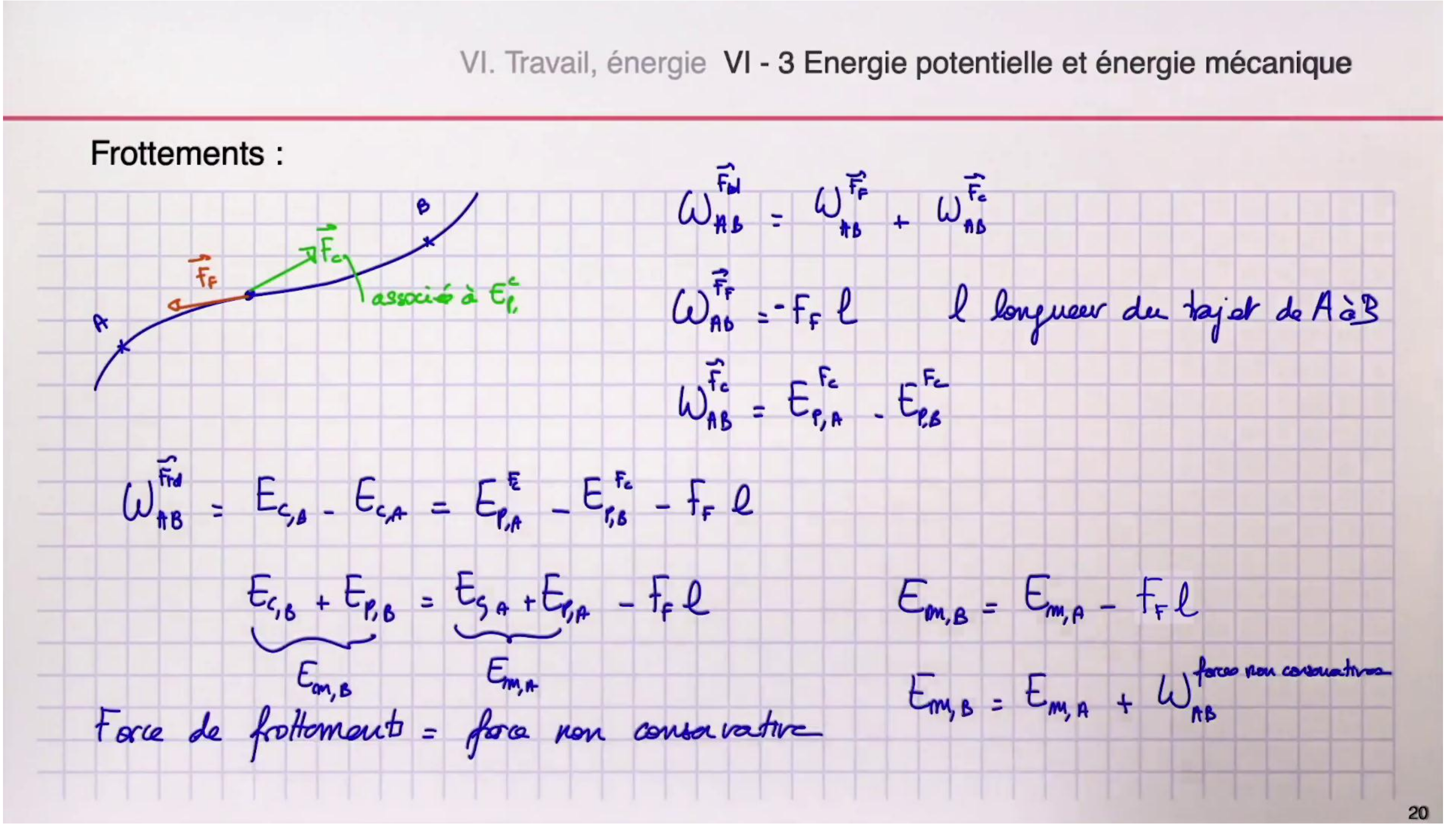


Mais que se passe-t-il si on fait rentrer en jeu des frottements dont on a dit qu'on se doutait bien qu'ils allaient nous poser un problème ? Prenons un objet qui se déplace de A à B sur une trajectoire. Cet objet est soumis à deux forces, une force de frottement FF colinéaire à la vitesse et de sens opposé et à une deuxième force, conservative, que nous allons appeler FC associée à une énergie potentielle que nous allons appeler Ep pour la force FC. Le travail de A à B des forces totales est égal au travail de A à B de la force de frottement plus le travail de A à B de la force conservative. Nous avons déjà vu que le travail de A à B de la force de frottement est égal à la norme de la force de frottement multipliée par la longueur du trajet avec un moins devant. Le travail des forces de frottement est négatif. l est la longueur du trajet de A à B. Comme la force FC est conservative, associée à une énergie potentielle, je peux utiliser cette énergie potentielle pour calculer le travail de A à B de FC. C'est égal à l'énergie potentielle en A moins l'énergie potentielle en B pour la force FC. Que les forces soient conservatives ou non, le travail de A à B des forces totales est toujours égal à l'énergie cinétique en B moins l'énergie cinétique en A.

Notes

Summary

14m 13s

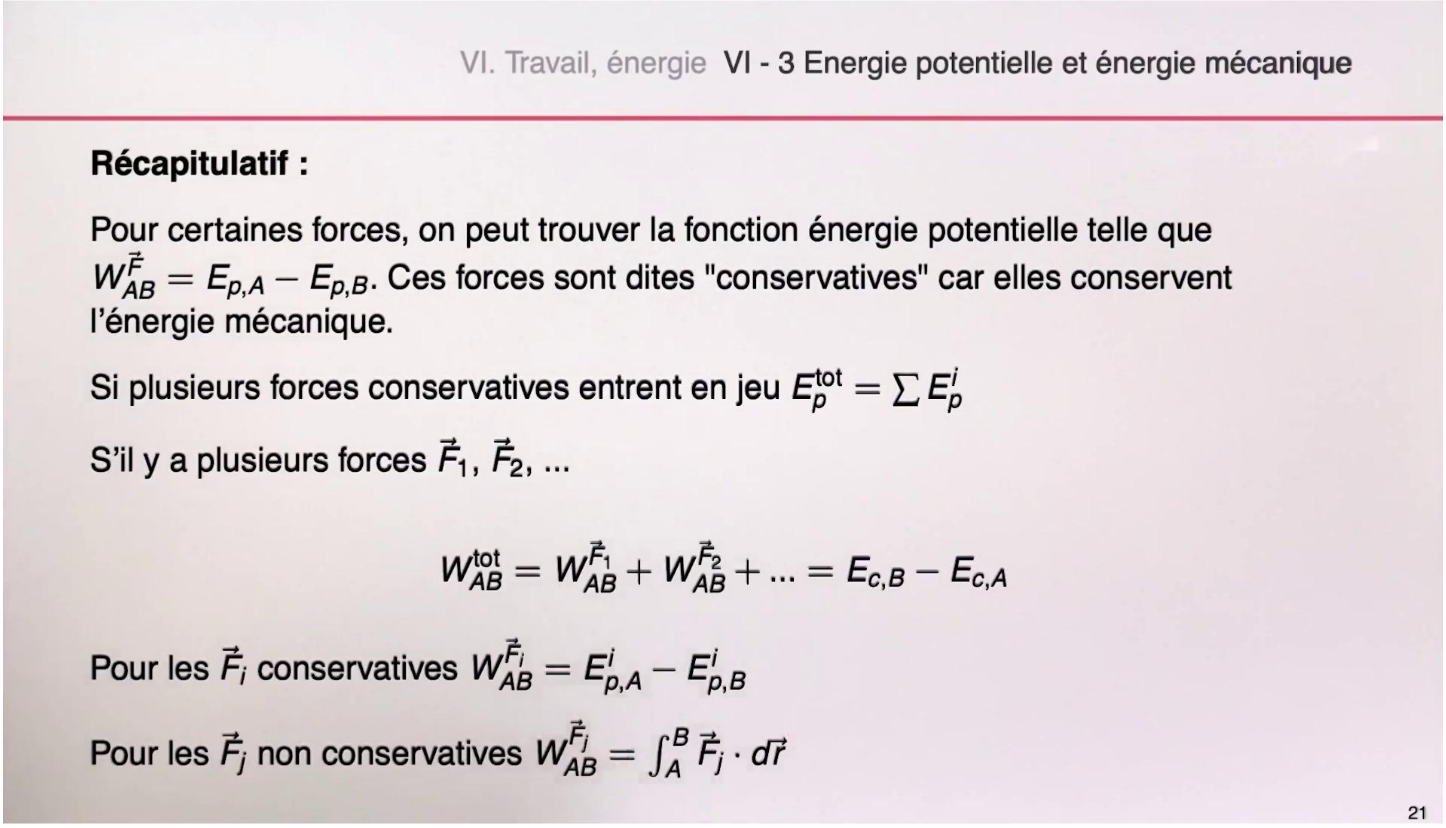


C'est aussi égal à WAB de la force de frottement, donc moins Ff fois l, plus WAB de la force conservative. Commençons par la force conservative, c'est EpA pour la force conservative moins EpB pour la force conservative moins FF fois l. Je vais obtenir énergie cinétique en B, énergie potentielle en B que je vais passer de l'autre côté, énergie cinétique en A, énergie potentielle en A pour la force conservative et il va me rester ce terme. J'obtiens doncEcB+EpB=EcA+EpA-Ff*L. Ceci est l'énergie mécanique en B et ceci l'énergie mécanique en A. L'énergie mécanique en B est égale à l'énergie mécanique en A moins FF fois L. L'énergie mécanique en B n'est pas la même entre B et A. Elle a diminué en B. Elle a été diminuée de FF fois L. La force de frottement est une force non conservative. L'énergie mécanique en B est égale à l'énergie mécanique en A plus les travaux de A à B de toutes les forces non conservatives.

Notes

Summary

16m 02s

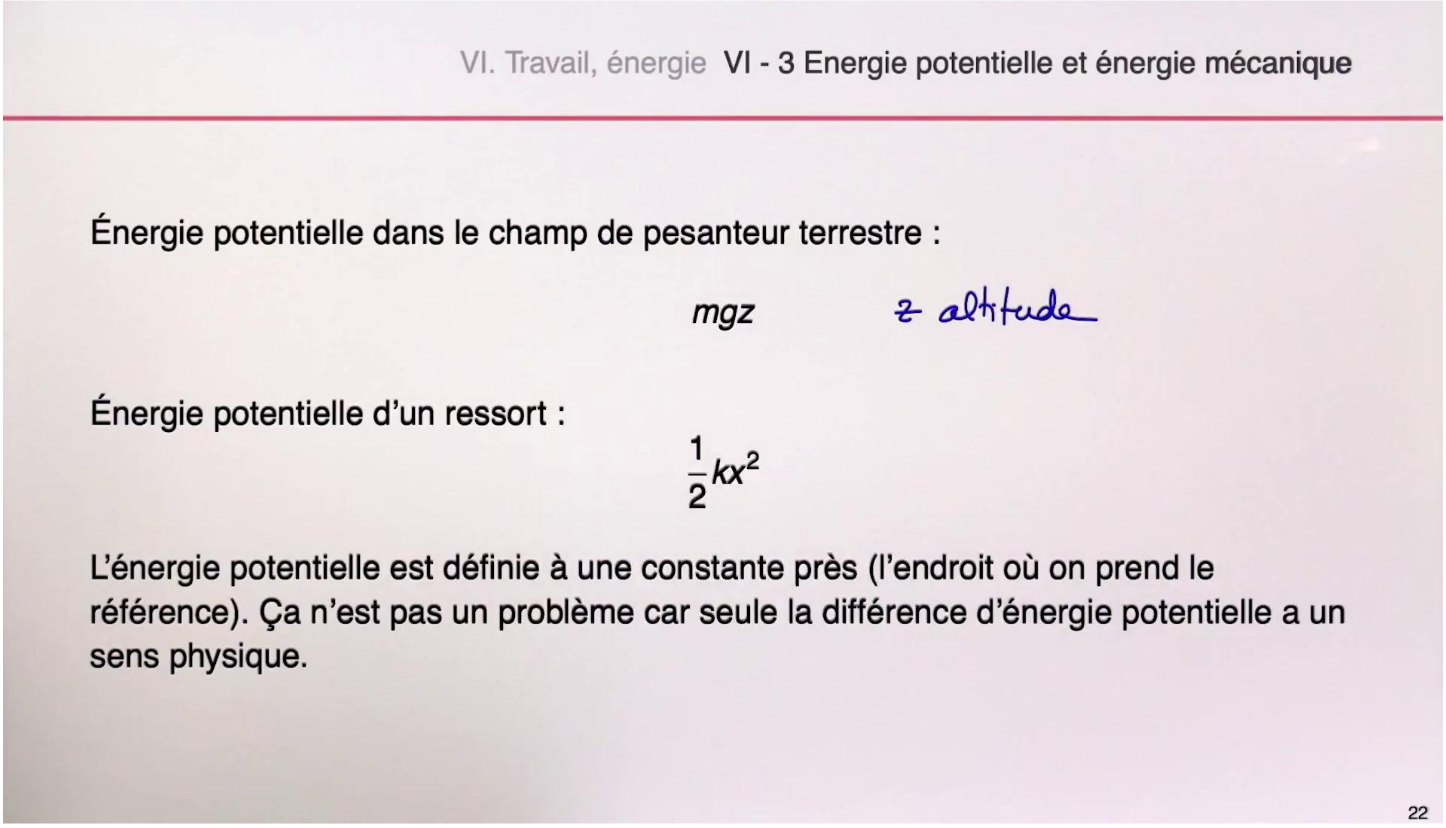


En récapitulant, pour certaines forces, nous avons pu trouver la fonction dite énergie potentielle telle que le travail de A à B de cette force soit égal à l'énergie potentielle en A moins l'énergie potentielle en B. Ces forces sont dites conservatives car elles conservent l'énergie mécanique. Si plusieurs forces conservatives entrent en jeu, l'énergie potentielle totale est la somme des énergies potentielles individuelles de chacune des forces. Lorsqu'il y a plusieurs forces, F1, F2, etc., le travail total de A à B est la somme des travaux des forces et c'est toujours énergie cinétique en B moins énergie cinétique en A. Je peux calculer le travail des forces conservatives grâce à l'énergie potentielle et pour les forces non conservatives, je dois faire l'intégrale à chaque fois.

Notes

Summary

18m 03s

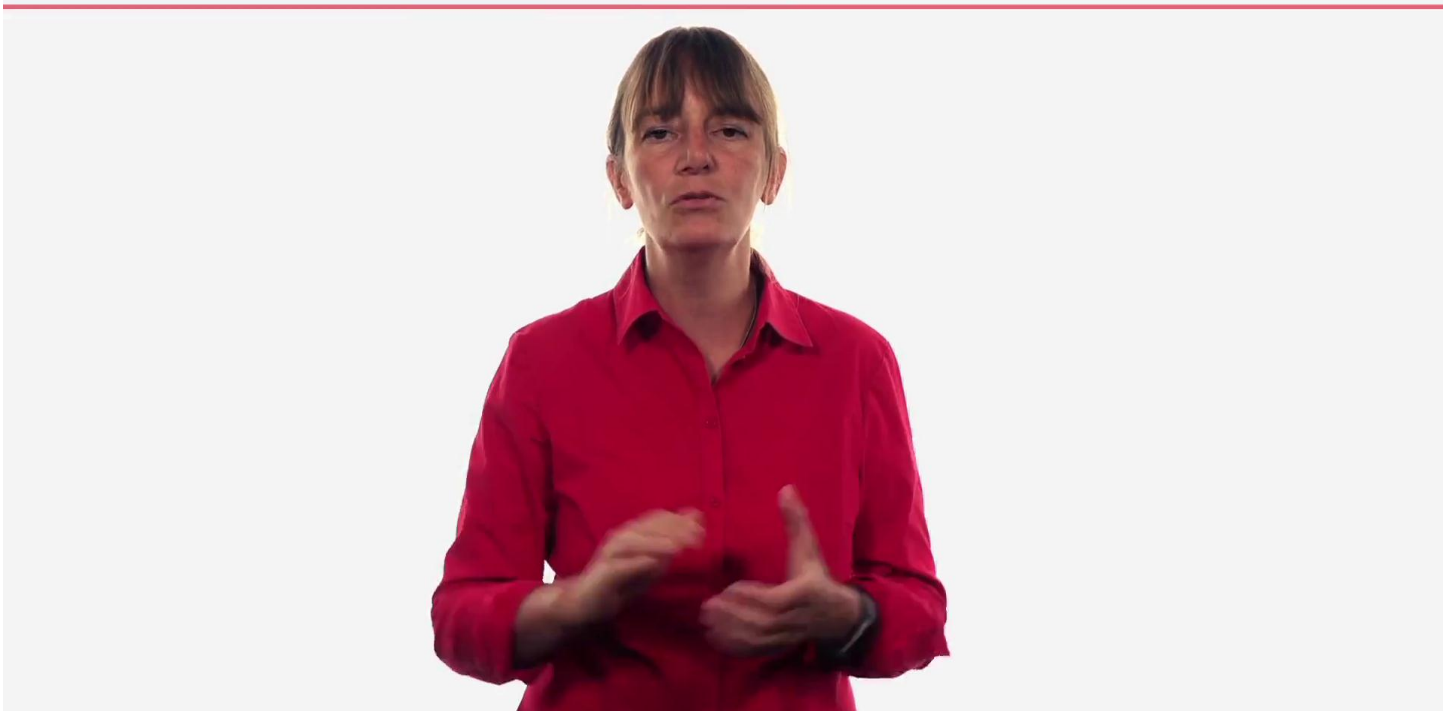


Par ailleurs, nous avons trouvé l'expression de l'énergie potentielle dans le champ de pesanteur terrestre, mgz avec z l'altitude. L'énergie potentielle d'un ressort : 1/2 de kx^2, x étant l'allongement du ressort. Et ces énergies potentielles sont toujours définies à une constante près, l'endroit où on prend la référence. Ici, je peux choisir de mettre le 0 de l'altitude au sol ou bien au point de départ de l'objet. Ça n'est pas un problème, car seule la différence d'énergie potentielle a un sens physique et nous permet de calculer la vitesse à l'arrivée si je connais la vitesse au départ.

Notes

Summary

18m 55s



Voilà, nous avons maintenant vu ces notions d'énergie potentielle, l'énergie mécanique et aussi comment les utiliser de manière pratique. Je pense que vous commencez à voir la puissance de cet outil et à quel point cela permettra de raccourcir les calculs lorsqu'on n'a pas besoin de garder toute l'information temporelle ou toute l'information sur la trajectoire d'un objet.

Notes

Summary

19m 34s