Support de cours

Cours:

PHYS-101(f) - PG I - mécanique - MA (Sylvain Bréchet)

Vidéo:

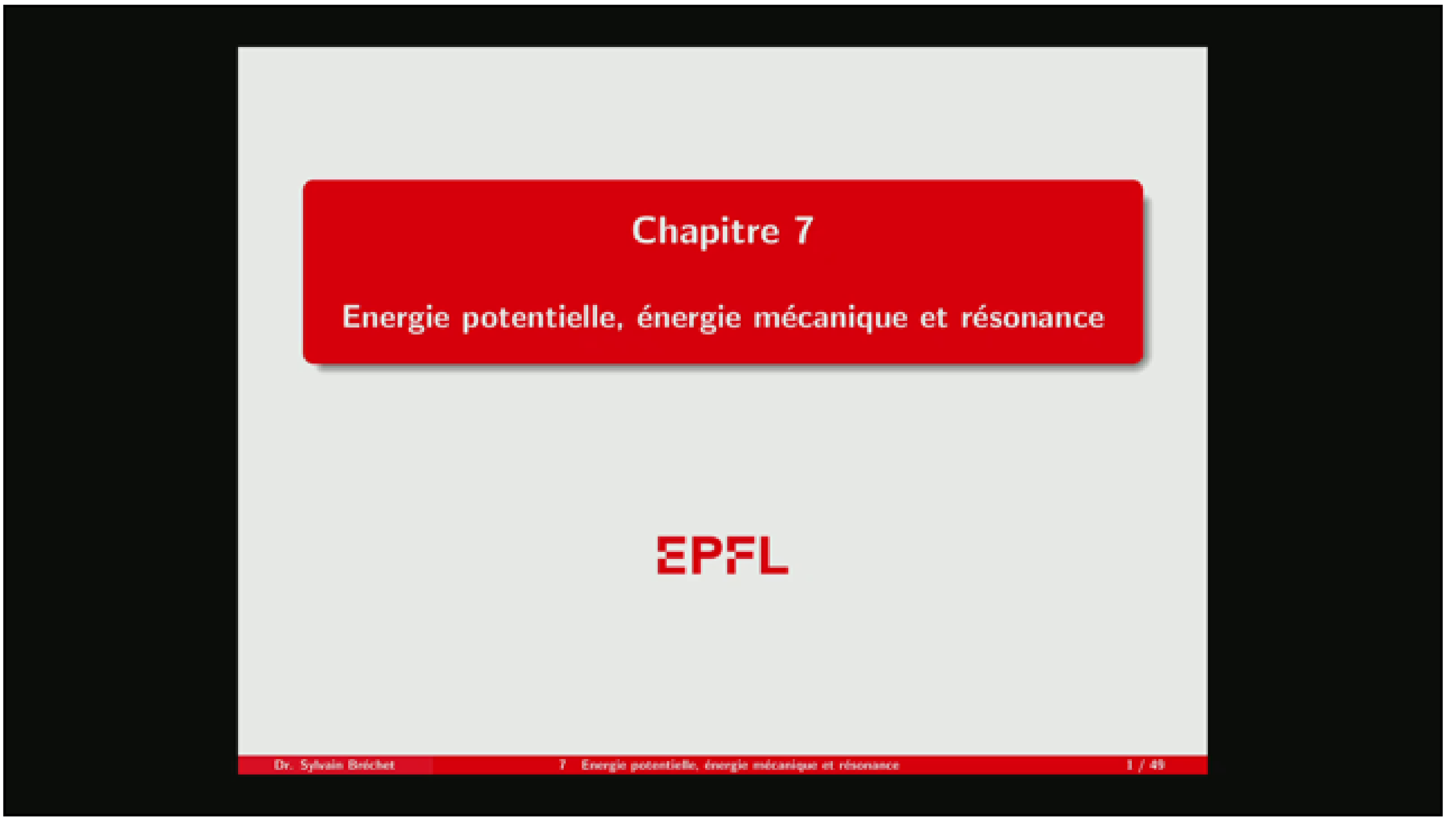
7 - Energie potentielle, énergie mécanique et résonance

Concepts (extraits des sous-titres générés automatiquement) :

Besoin d'une vecteur position. Besoin de sa vitesse. Norme de ce vecteur. R majuscule. Dérivée de la distance. Force centripète. Mouvement de l'objet. Accélérateur d'électrons. Composante tangente. Fois défi. Rayon de courbure locale. Cas particulier. Mouvements circulaires. Norme de omega. Description de la trajectoire d'un point.

vers la recherche de séquences vidéo
(dans PHYS-101(f) - PG I - mécanique - MA (Sylvain Bréchet).)

vers la vidéo

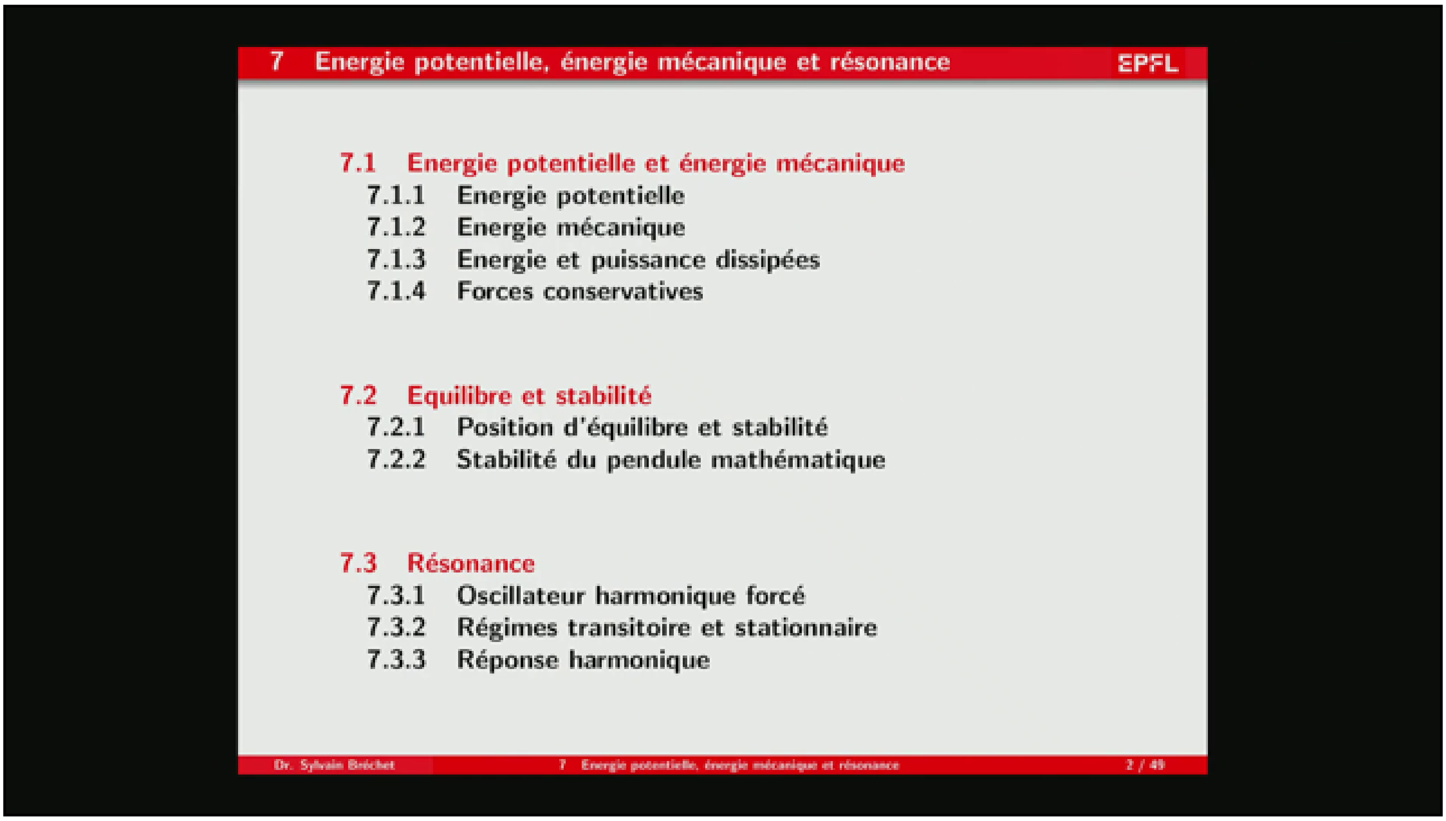


...

notes

résumé

0m 0s

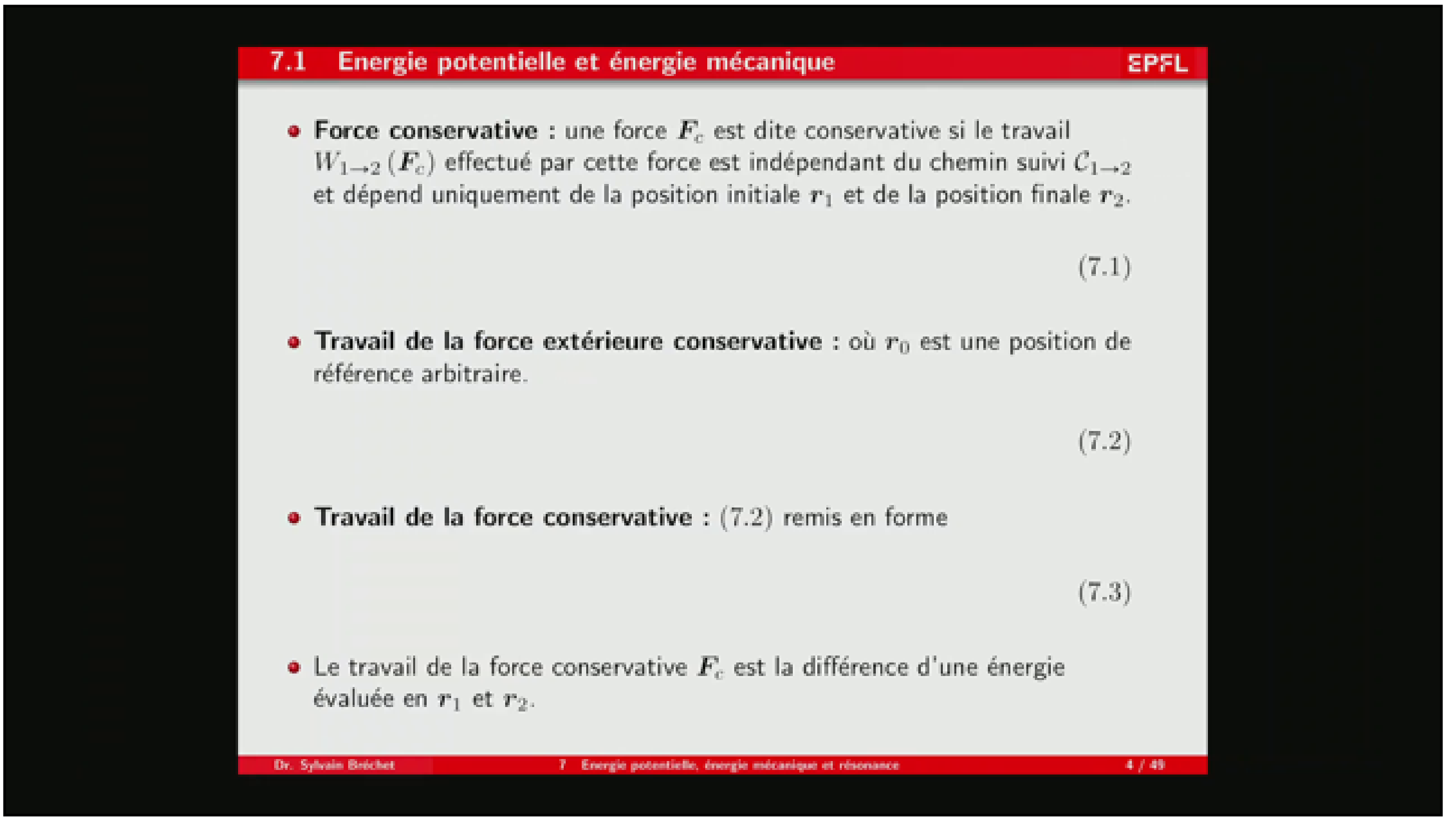


Ces sous-titres ont été générés automatiquement

notes

résumé

0m 1s

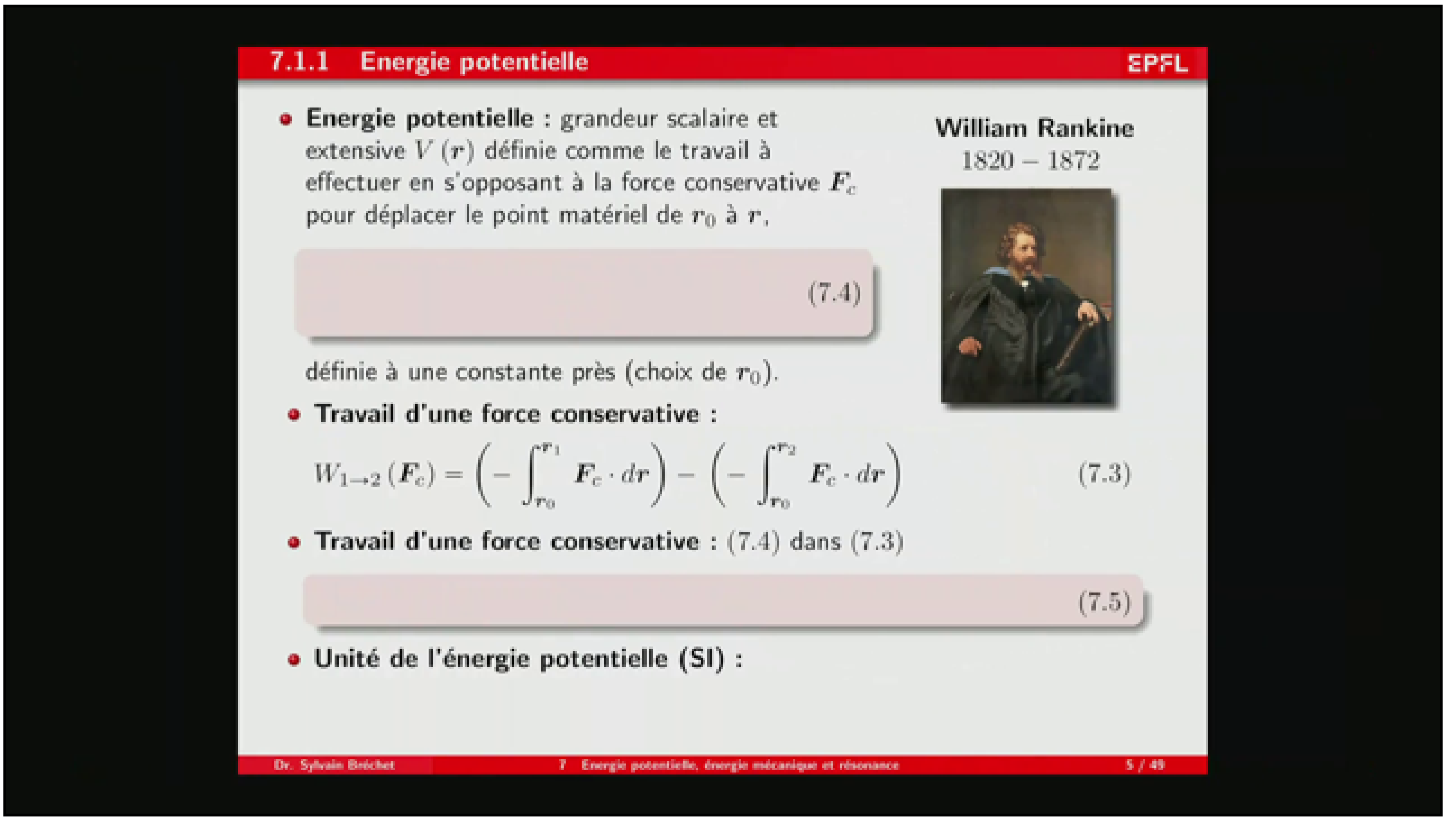


Bonjour tout le monde.

notes

résumé

1m 20s

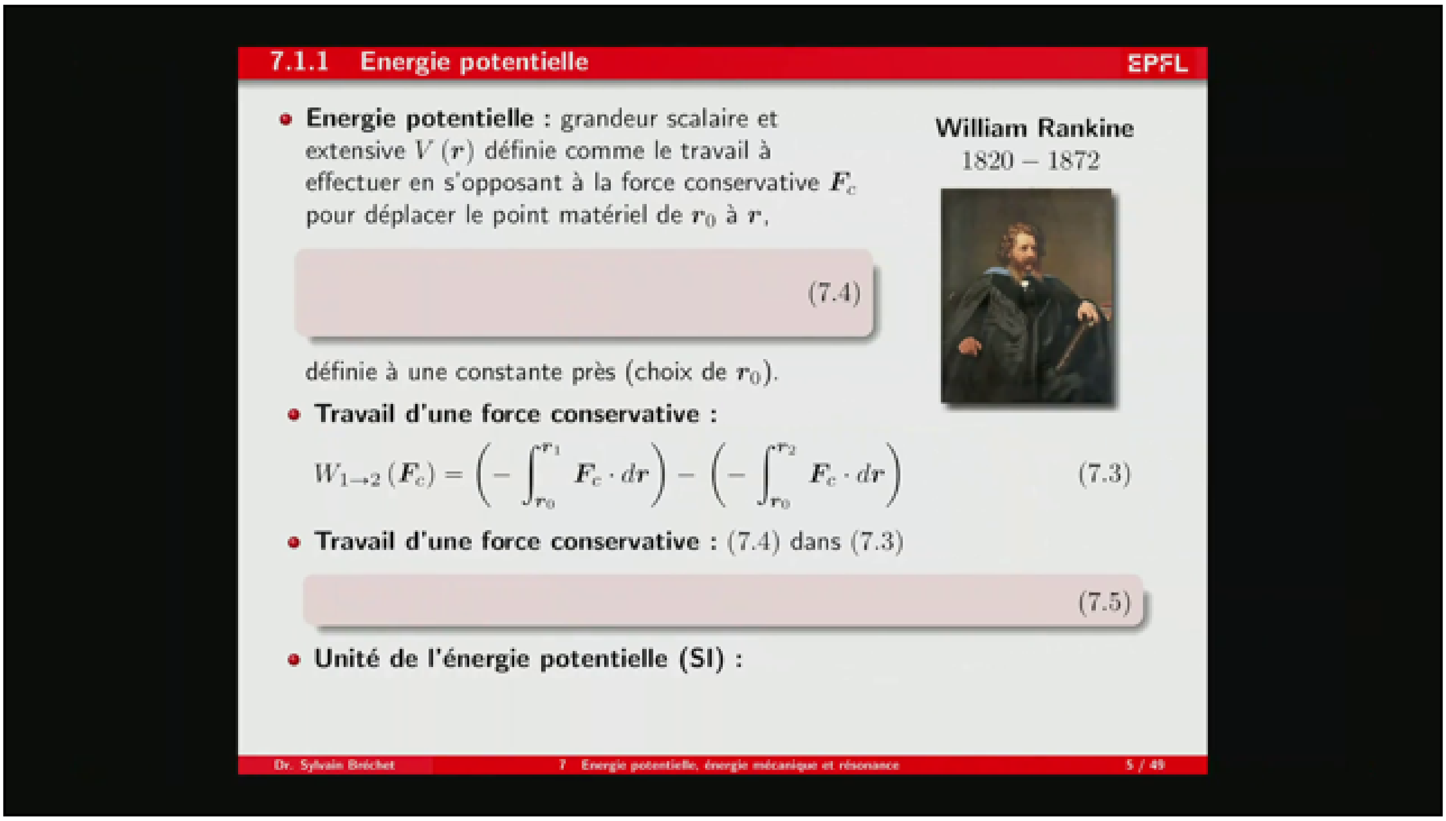


Nous nous voilà à la deuxième partie pour cette semaine. Je commence avec vraiment cinq minutes de rappel, vraiment rapidosse de ce qu'on a vu hier. Comme je l'ai dit, cette semaine, on a commencé la cinématique, donc la description de la trajectoire d'un point de matériel. Et ce que j'ai essayé d'introduire, c'est deux quantités, donc au moins trois quantités, parce qu'elle a été pour décrire la trajectoire. On a toujours besoin d'une vecteur position, R, qu'on définit à chaque instant T. Puis pour décrire le mouvement de l'objet, on a besoin de sa vitesse. Et on a vu hier que la vitesse a un vecteur qui est dirigé à chaque point de la trajectoire. Et la vitesse est toujours tangente à chaque point, elle est tangente à la trajectoire. Et la longueur ou la norme de ce vecteur, on l'a vu ici, c'est ça. C'est la vitesse qu'elle est. Donc c'est la dérivée de la distance parcourue le long de la trajectoire. La dérivée par rapport au temps. Donc ça c'est la vitesse. Donc je répète, il faut se rappeler, c'est toujours une vecteur qui est tangente ici, à chaque point de la trajectoire. Et puis à partir de la vitesse, on a aussi introduit l'accélération, que c'est la troisième grandeur de laquelle on a besoin. Et l'accélération, on a vu que elle est aussi une vecteur, clairement. Et elle, elle a deux composantes. Elle a une composante qui est aussi tangente à la trajectoire, à chaque point, que c'est montré ici. Donc la composante tangente, c'est un vecteur avec une longueur qui est juste la dérivée de la vitesse par rapport au temps. Et c'est ce vecteur-là. Par exemple dans cet exemple. Et puis il y a une deuxième composante que ça indique ici, qui est perpendiculière à la tangente. Avec longueur B, avec longueur la vitesse. Et autre chose qu'on a appris hier, autre que perpendiculière

notes

résumé

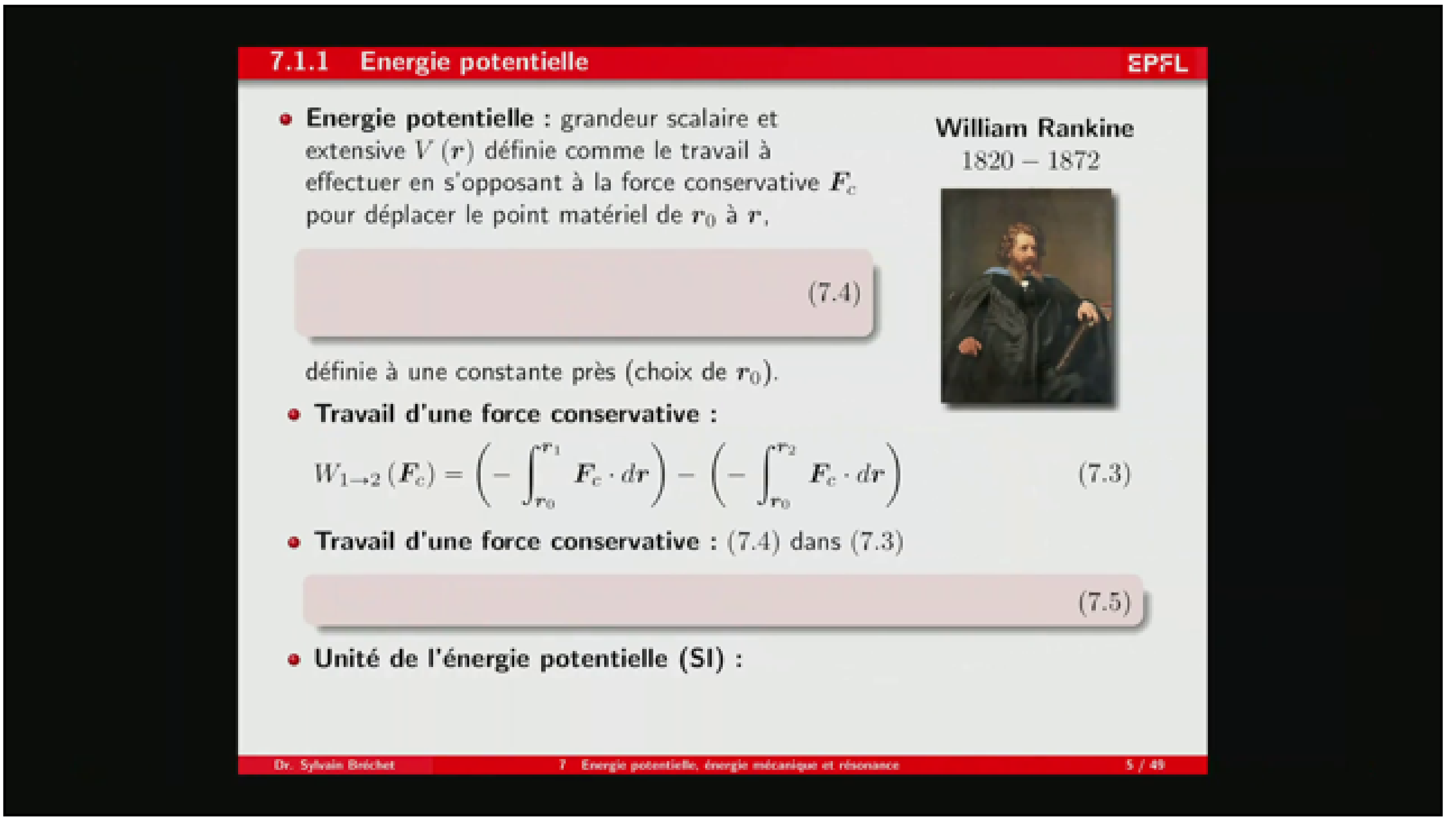
4m 52s



à la tangente, on sait aussi dans quelle direction elle pointe. Donc elle pointe toujours vers le centre de courbure locale de la trajectoire. C'est ce que je vous ai montré ici. Parce que, avec n'importe quelle trajectoire on a, on peut toujours faire l'approximation, si les temps sont suffisamment courts, que localement la trajectoire peut être approximée par une circonférence avec un centre de rotation donnée, qui dépend de point à point. Et on a vu donc qu'en faisant un peu de calcul que l'accélération normale, donc elle est normale à la tangente, et elle est toujours dirigée, comme je vous ai montré ici, vers le centre de rotation locale de la trajectoire. D'accord? Et puis, la dernière chose qu'on a vu hier soir, on a vu aussi que la longueur de ce vecteur normal, on peut aussi l'écrire comme la vitesse carré divisé le rayon de courbure locale. C'est pas tout air, mais il faut vraiment aller se mettre là, dans le centre de courbure locale, regarder que c'est le rayon point par point. Et à ce moment-là, localement, l'accélération normale est à cette longueur-là, ou ce valeur-là, en or. C'est tout clair jusqu'à là? Donc on a défini position, vitesse et accélération. Donc ce qu'on va faire aujourd'hui, c'est de appliquer ces coms-sets en cas particulier, parce qu'en général, pendant le cours, on verra qu'on va plutôt utiliser pas des trajectoires n'importe quel, mais ça sera plutôt des mouvements de notre point de matériel autour d'un cylindre ou autour d'une sphère. Donc c'est plutôt des mouvements circulaires en quelque part. Donc c'est pour ça que maintenant, on va voir comme cas particulier le mouvement circulaire. Donc qu'est-ce qu'on a ici? Donc je mets mon réperre avec mon origine ici. J'ai mon point de matériel ici. Et ce point de matériel, il est en train de tourner en faisant cette circonférence. Et il tourne avec une vitesse angulaire

notes

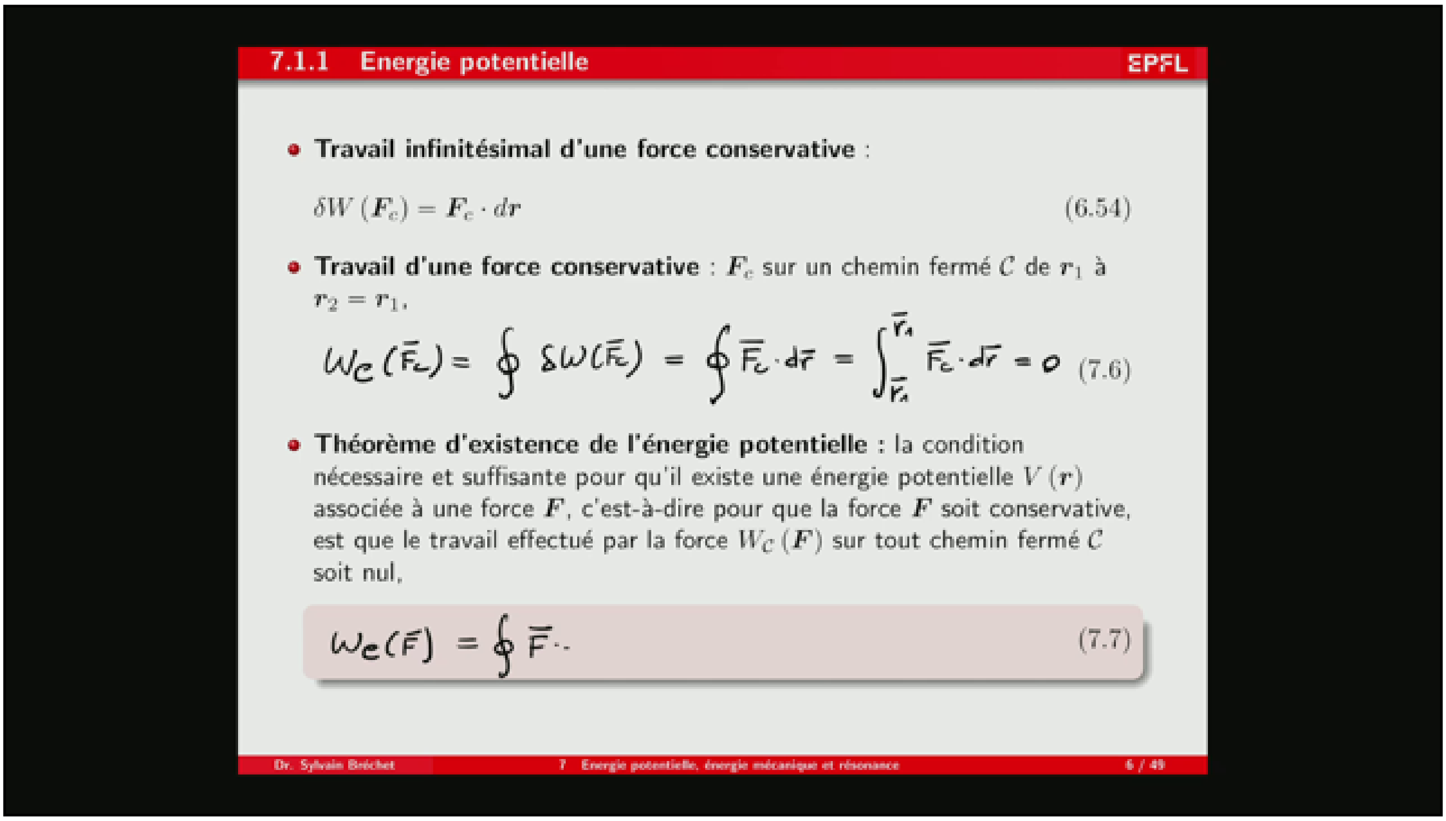
résumé



Omega. Donc c'est la vitesse avec laquelle l'angle phi tourne autour de cette axis de rotation que j'ai indiqué ici. Donc si on répète un peu ce qu'on a failli, la construction qu'on a failli hier à ce cas particulier, donc j'ai mon origine ici, ça c'est R2T, ça c'est R2T à T plus d'été, donc ça c'est le vecteur d'R. Alors maintenant je peux voir que d'R, ce vecteur-là, d'un point de vue géométrique, je peux l'écrire comme le rayon ici de la circonférence, fois défi, fois l'angle ici.

notes

résumé

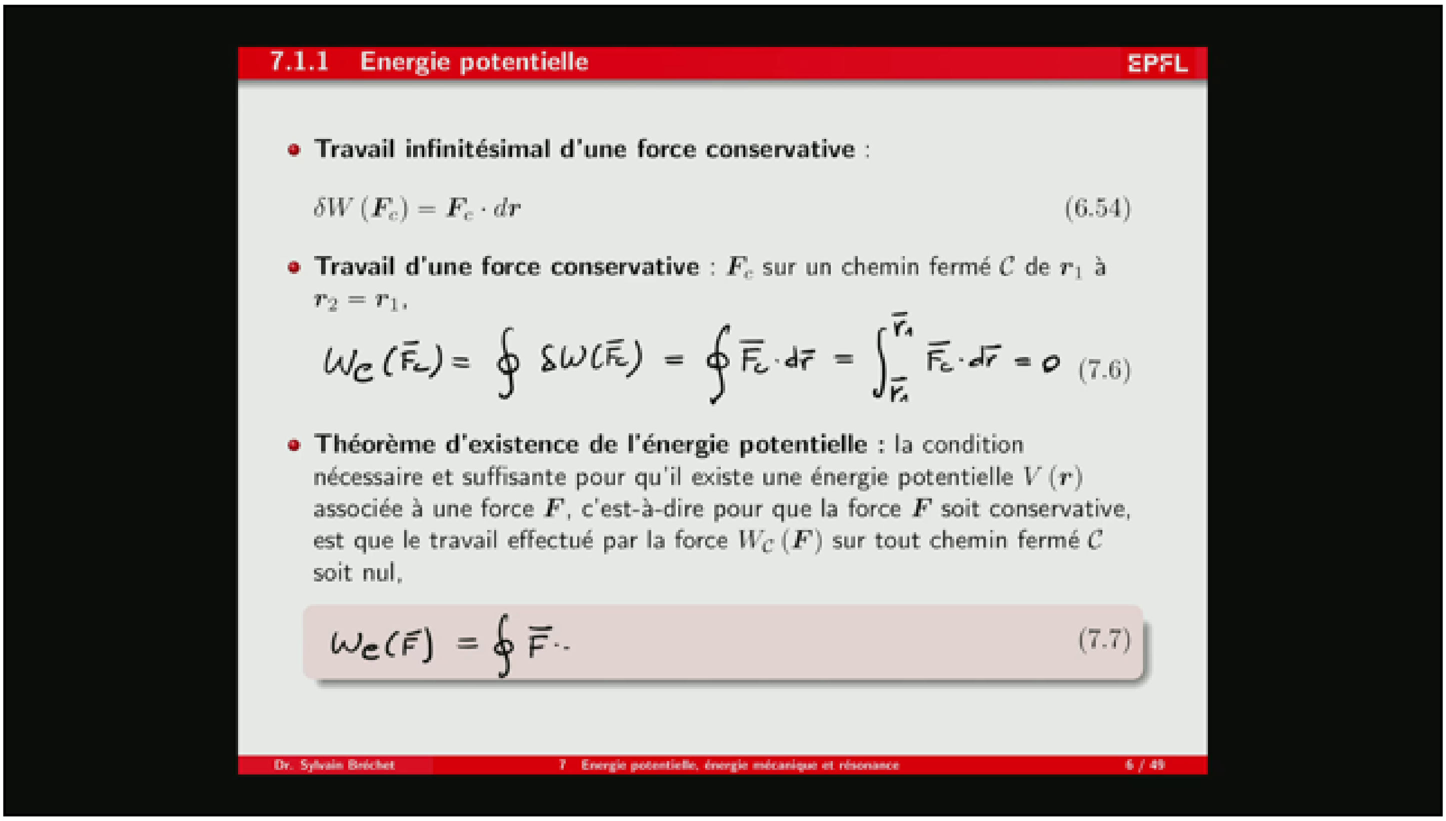


Et puis je note aussi que ce vecteur-là, je peux l'écrire aussi dans une autre forme parce que ça c'est un triangle rectangle. Donc R majuscule, R rien d'autre que R minuscule, donc le vecteur position par rapport à haut, fois sin theta. C'est ce que j'ai écrit ici. Donc mon dR, ici je peux l'exprimer si je considère, je répète un temps très court d'été, ça peut être écrit comme R, module de R, sin theta défi. Donc maintenant je peux aller calculer ma vitesse parce que si j'ai de R, je peux dériver par rapport au temps et je trouve la vitesse. C'est ce que je fais ici. Et donc si je fais la dérivée, je vais trouver que R, on voit ici le module est resté constant parce qu'on est en train de tourner sur une circonférence, donc le vecteur a toujours la même longueur. Donc là ça me reste, ça c'est une constante, ça c'est une constante aussi parce que theta ne change pas. Je regarde toujours la même angle. Donc si je fais la dérivée, je dois juste faire la dérivée de phi par rapport au temps. D'accord ? Et par définition, défi sur dété c'est exactement omega, la vitesse angulaire. Donc si vous voulez phi ici, c'est comme une longueur, si je fais sa dérivée je obtien une vitesse que c'est cette vitesse là, donc la vitesse angulaire de rotation. Donc cette quantité ici je peux la récrire dans cette façon là. Donc le module de la vitesse tangente ici est égal à la norme de R, fois la norme de omega, fois l'angle synthétaisie. Maintenant, est-ce que cette expression vous rappele pas quelque chose qu'on a vu hier ? Exactement, c'est exactement comme je l'ai écrit ici parce que ça c'est le produit vectoriel de R et de omega. Parce qu'on a vu que le produit vectoriel de vector A, produit vectoriel B,

notes

résumé

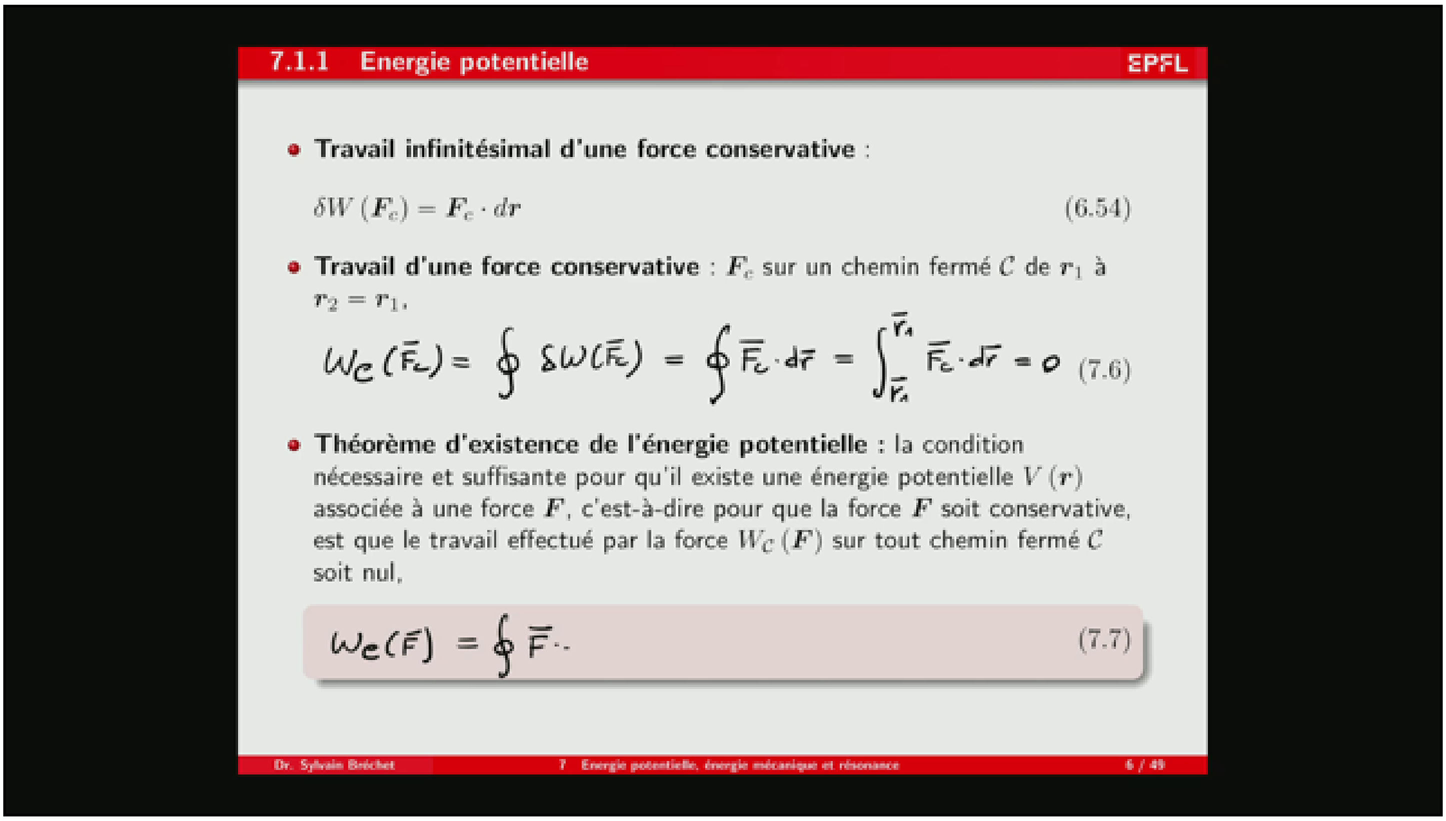
10m 58s



par exemple, c'est norme de A, fois norme de B, fois le sinus de l'angle entre le deux. Et ici c'est exactement la même chose, on a les vecteurs omega et R, et donc l'urte du vectoriel c'est norme de omega, norme de R et sinus de l'angle entre le deux. C'est pour ça que je peux dire que la vitesse, donc c'est un vecteur de norme comme ça mais c'est aussi un vecteur, donc en réalité je peux résumer tout ça dans cette expression ici. Donc la vitesse tangente, donc la vitesse la, tangente à la circonférence qui est écrite comme toujours comme la dérivée de R par rapport au temps, rien d'autre que omega produit vecteur R. Et vous pouvez aussi vérifier donc le module, la norme de ce vecteur est clair, est correcte, parce que si on applique la définition de produit vectoriel, on trouve exactement ça, vous pouvez aussi vérifier que la direction est correcte. Et là on doit utiliser la règle de la main droite qu'on a introduit aussi hier. Donc je dois la vitesse là, elle est comme ça. D'accord, on est en train de bouger dans le sens antiaurére dans ce cas. Donc si je fais omega, produit vecteur R, je trouve quelque chose qui pointe vers le point de bouger. Je fais comment? Omega R, je trouve quelque chose qui est tangente, il faut le faire bon comme ça. Je trouve quelque chose qui est tangente à la trajectoire. D'accord? Oui? Vous avez pas du coup passé que c'est le touriste calin si on peut le faire par l'aides mais le nombre de aides est le nombre de aides pour la norme de B. Exactement, mais là qu'est-ce qu'il y a? Et quand on a trouvé ça? Tourner la page? Ou deux pages après je pense si je m'en rappelle bien. Trouvez? Donc, celle-ci c'est la définition on sait que la vitesse

notes

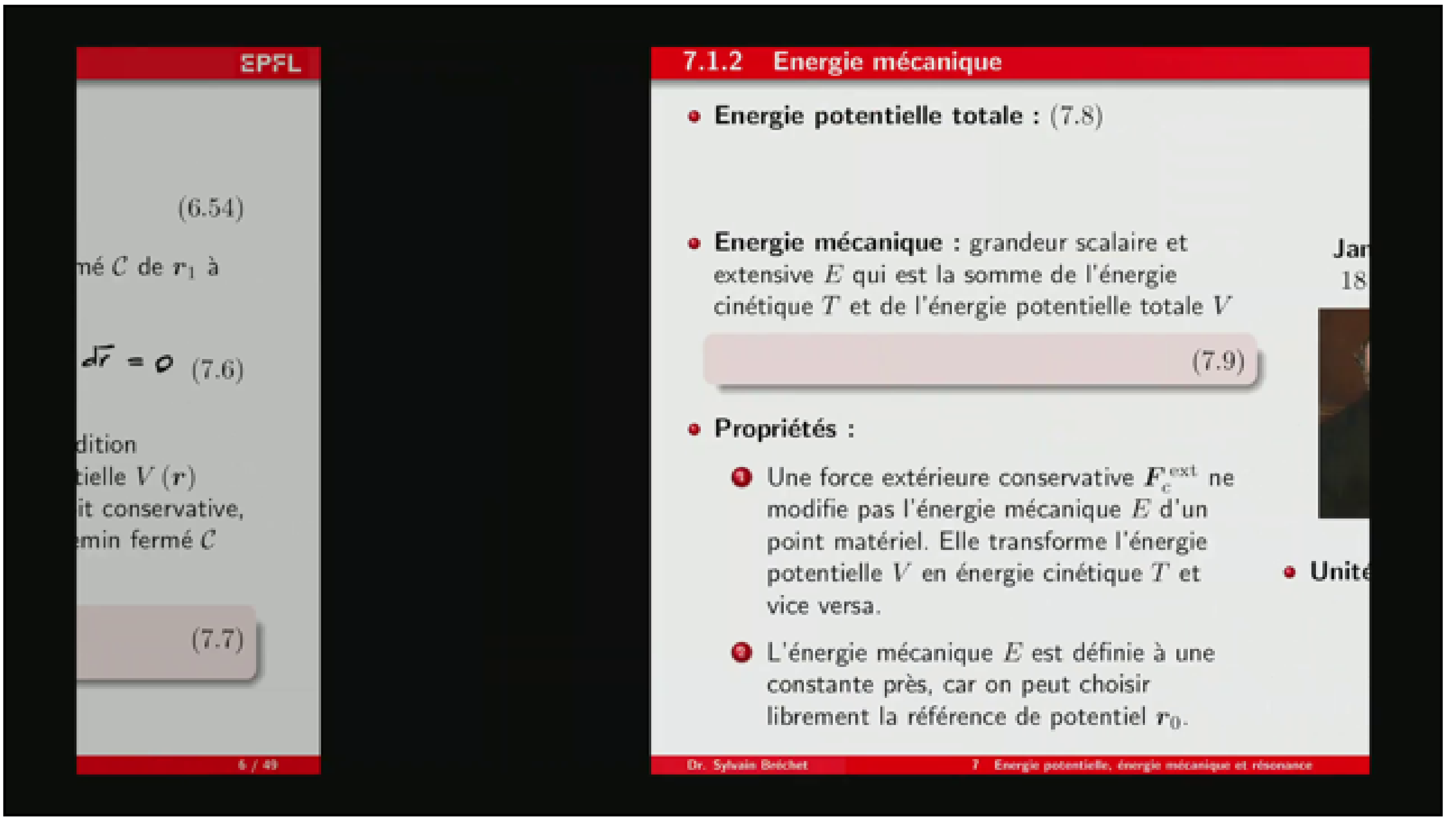
résumé



est un vecteur donc là je vais vous démontrer que la norme c'est vraiment définie par la loi du produit vecturiel et ici je vous démontre aussi que la direction au ciel est donnée par le produit vecturiel. Donc on a que la vitesse tangente ici elle peut être écrite comme Omega produit vecturiel R. Maintenant, j'ouvre une parenthèse en introduisant un concept qu'on va utiliser après. Je note que vous voyez ici, cette formulation elle me dit que 2R sur Dt est égal à, s'il y a une rotation c'est égal à Omega produit vectur R. Or, en réalité, on peut démontrer je vous ai pas mis ça parce que ça prend quand même quelques slides de calculs un peu nuyantes mais je vous donne juste l'idée. Vous pouvez comprendre de ce que je montrais ici qu'en principe R il pourrait être n'importe quel vecteur qui est mon repère. Vous êtes d'accord, je fais aucune hypothèse particulière sur la direction de R. Donc on peut extrapoler et dire que ça pourrait travailler aussi si ici R, par exemple, c'est le vecteur unitaire du nouvel de nouveau repère qui a le même centre ici mais avec 3 vecteurs qui pointent dans une autre direction dans l'espace. Parce que pour une quelques raisons je veux utiliser un autre. D'accord? Et donc je peux appliquer ça aussi au vecteur unitaire d'un possible nouveau repère. Donc cette réaction-là en réalité elle est vraie pour n'importe quel vecteur. Et donc on peut écrire qu'en général si j'ai un vecteur là je pris le cas d'un vecteur unitaire donc d'un repère que ça dériveait par rapport au temps si ce repère est en train de tourner autour d'un repère fixe cartésien. Donc la délivrée de ce vecteur unitaire

notes

résumé

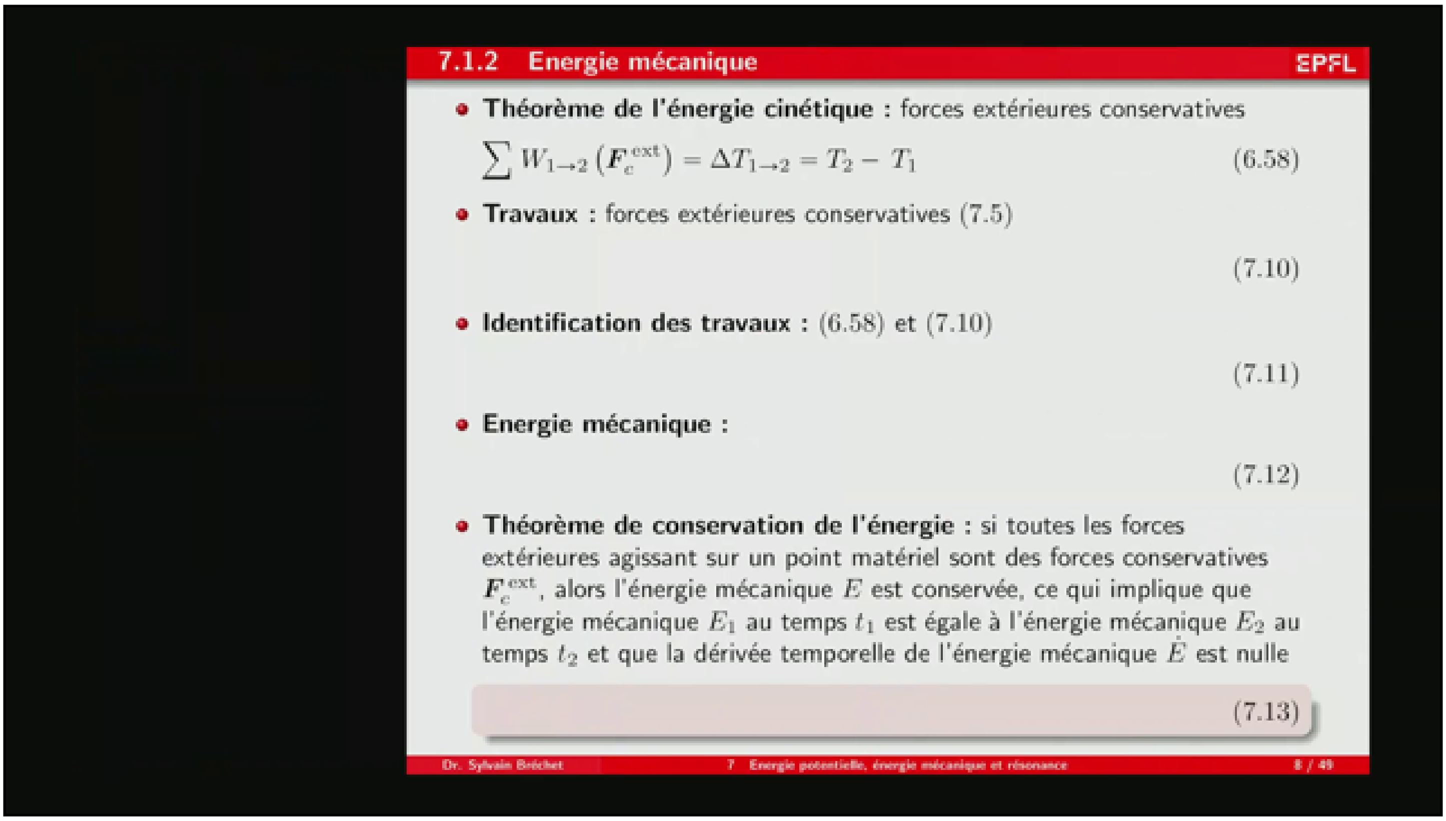


est égale à omega donc comme vecteur donc la vitesse angulaire pour du vecteur unitaire le vecteur unitaire lui-même. C'est ici que l'on appelle formule de poisson et on verra qu'on va l'utiliser la prochaine semaine d'ailleurs pour calculer justement des transformations entre repères

notes

résumé

17m 37s

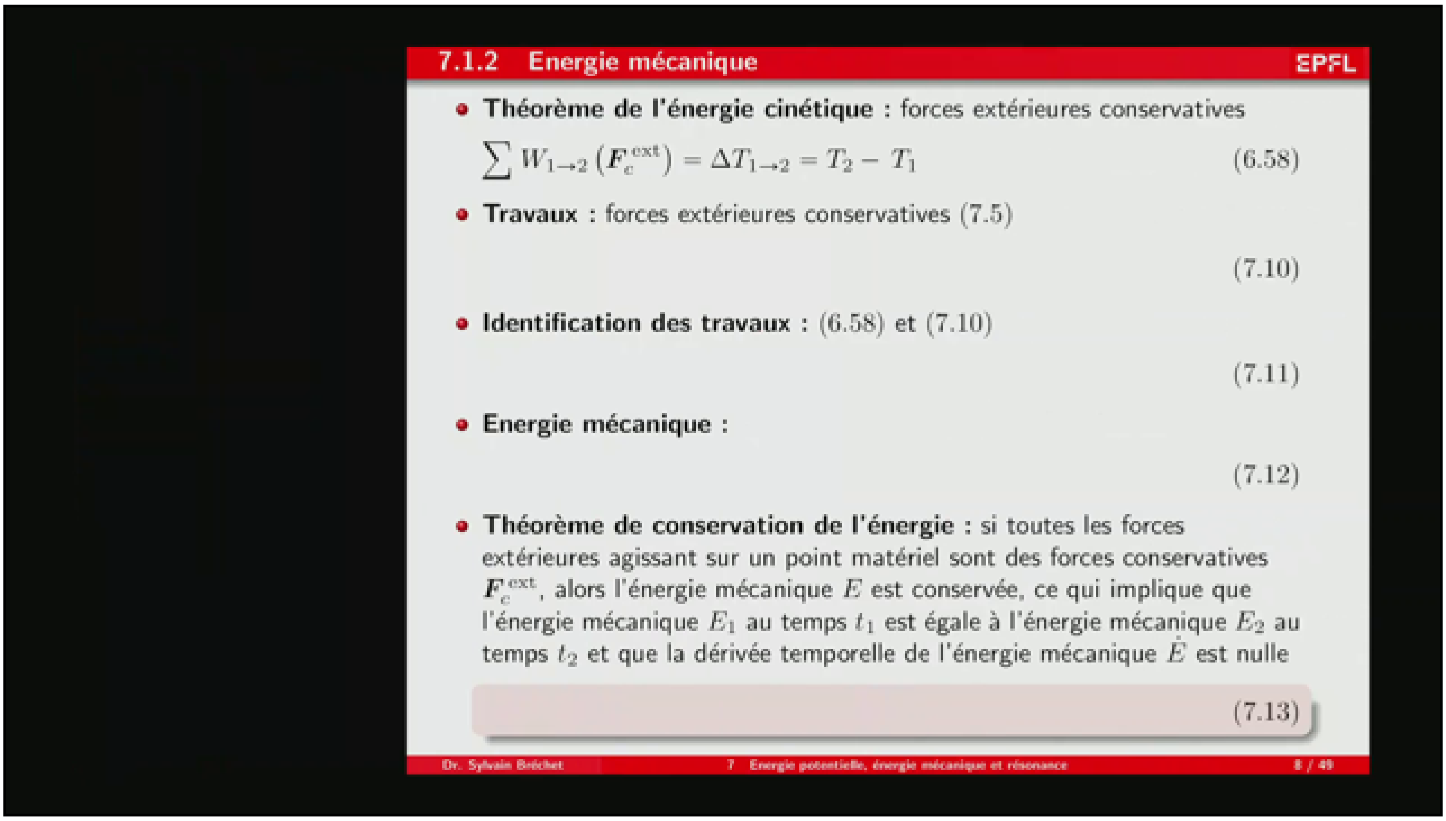


ou bases plutôt. Mais donc rappelez-vous que cette relation ici, que ici on l'applique à la vitesse tangente en réalité elle est valable pour donc moi en ce moment je suis plutôt intéressé à cette écriture pas vraiment à son interprétation. Donc on voit que la délivrée d'un vecteur si il y a une rotation c'est égale à je répète la vitesse angulaire pour du vecteur unitaire le vecteur lui-même quoi que ce soit le vecteur qu'on considère. Et en particulier donc c'est vrai pour le vecteur d'une base ou d'un repère. Donc je ferme la parenthèse mais je voulais le faire parce que cette formule comme j'ai dit on va l'utiliser la prochaine semaine. Je reviens à notre mouvement circulaire donc on a démontré ici que notre vitesse s'écrit comme ça. Maintenant on va calculer l'accélération un peu comme on a fait hier. D'accord ? Alors maintenant je suis intelligent donc je remarque que si je reviens en arrière que à la fin c'est un peu stupide de mettre l'origine ici autant mettre l'origine là de mon repère comme ça je me invite de faire cette projection et mon air c'est directement air majuscule vous êtes d'accord ? C'est un peu inutile de voir toute la formulation ici à la fin se résoudre à utiliser cette projection là de air de cette longueur là donc autant se mettre là utiliser comme vecteur position directement air majuscule et pas un air qui a un certain angle tétal. Donc c'est ce que je fais ici je me mets au centre de mon mouvement circulaire on vient de démontrer donc que la vitesse ici donc là je note que air petit c'est directement le rayon de la circonférence donc on a juste démontré que la vitesse est omega produit vecteur air maintenant on va voir ce que c'est air donc ici vous avez déjà le résultat mais c'est bien de le calculer

notes

résumé

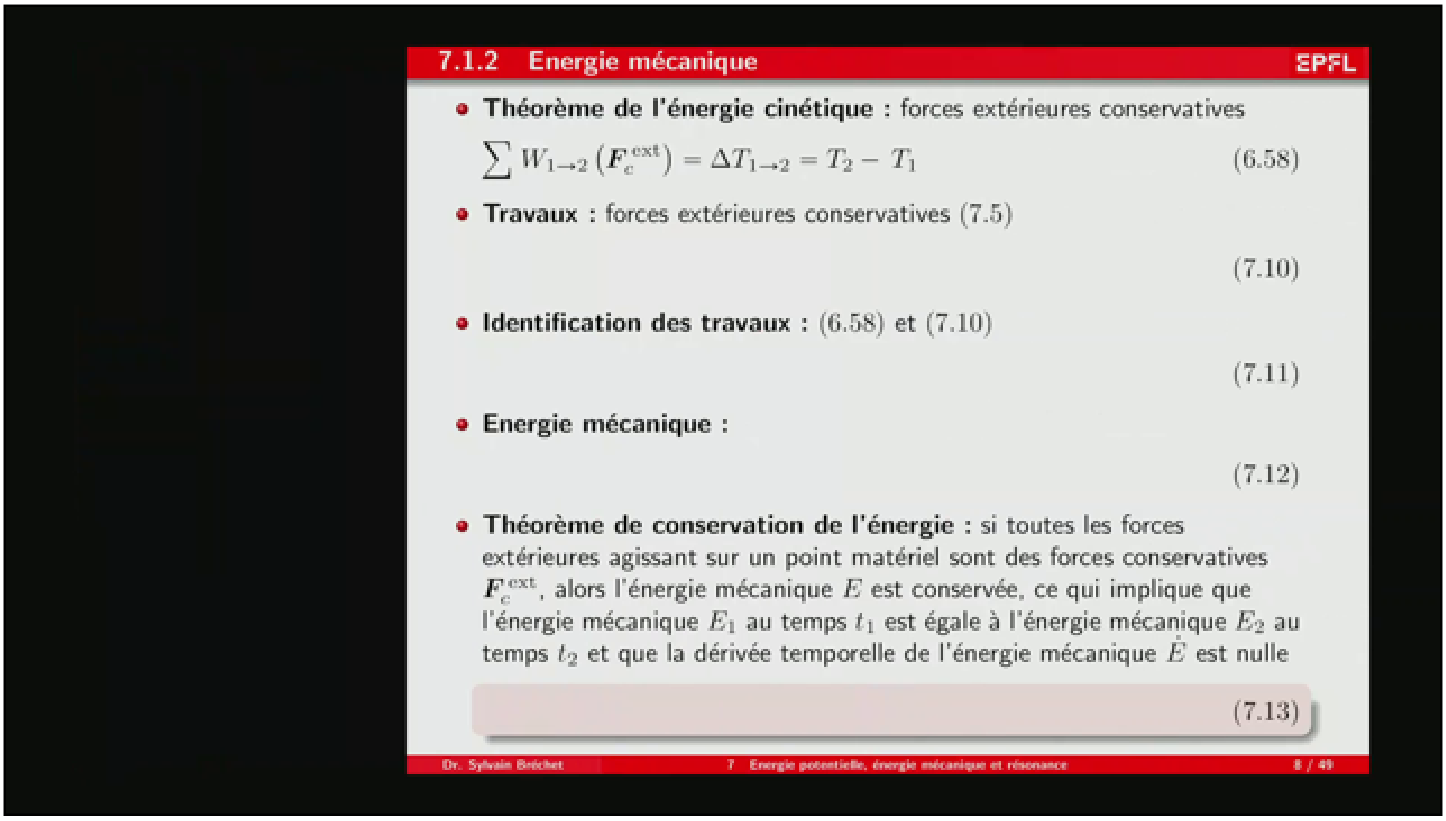
17m 58s



comme ça on s'entraîne aussi un peu avec les dérivés et les produits vecteurs donc l'accélération air par définition est la dérivée de la vitesse par rapport au temps ça c'est juste la finition que je vous ai donné ça fait une semaine donc la vitesse on vient de la démontrer à cette forme là donc maintenant on doit faire le dérivée par rapport au temps de cette quantité ici c'est ici comment on l'a fait donc c'est la dérivée d'omega par rapport au temps produit vecteur air plus omega produit vecteur d'air sur d'été donc c'est une dérivée d'un produit donc je fais toujours la dérivée de la première fonction pour la deuxième première fois la dérivée de la deuxième ça c'est juste propété de la dérivée donc maintenant ici que je note je note que omega c'est une vitesse angulaire constante donc moi je suis en train de tourner autour de mon axe avec un omega qui est constante qui ne change pas pendant le temps c'est un mouvement circulaire uniforme donc omega avec vecteur avec norme constante donc cette dérivée là elle vaut 0 donc c'est pour ça que cette termes disparaissent et ici ça reste juste cette quantité là et cette quantité là donc je la récris comme omega c'est omega mais d'air sur d'été on sait c'est la vitesse tangente c'est ce que je vous ai défini avant et puis on sait que la vitesse tangente a cette forme là parce que je viens de la démontrer dans la slide précédente donc en général l'accélération est dit elle a cette forme là donc ça sera omega produit vecteur 2 omega produit vecteur r donc quand il y a un mouvement circulaire on a toujours si je mets le centre de mon repère au centre de la circonférence que le rayon est constante parce qu'on fait une circonférence il y a la vitesse qui est tangente

notes

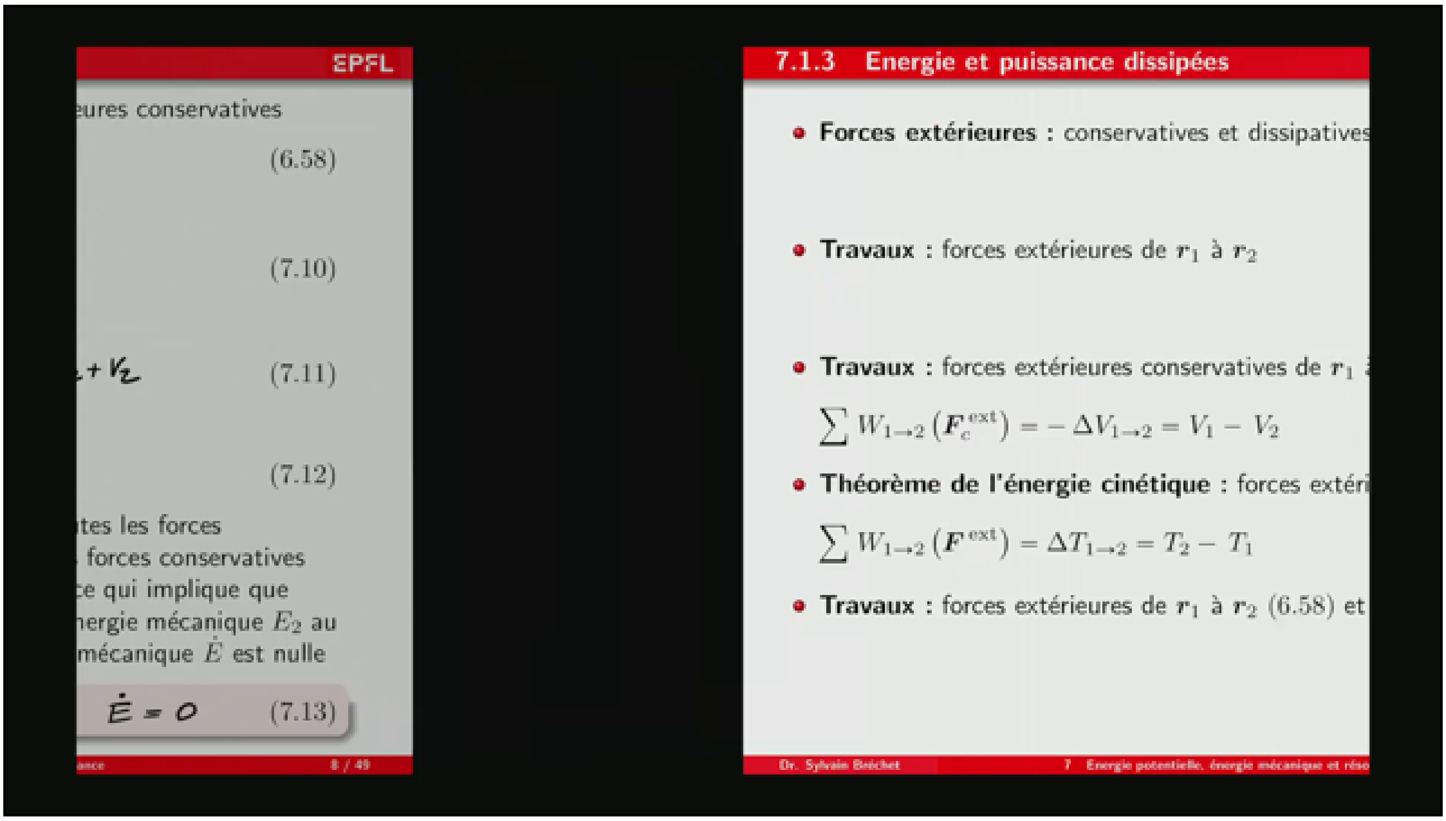
résumé



à la circonférence avec ce valeur là et il y a une accélération qui est écrite dans cette forme ici on peut aussi voir maintenant où elle a dirigé cette accélération donc si je fais le calcul ici je vois que la norme de sang est la la omega carré fois r simplement parce que là maintenant l'angle t'est à 90° donc le produit vecteur de omega fois r c'est omega r

notes

résumé

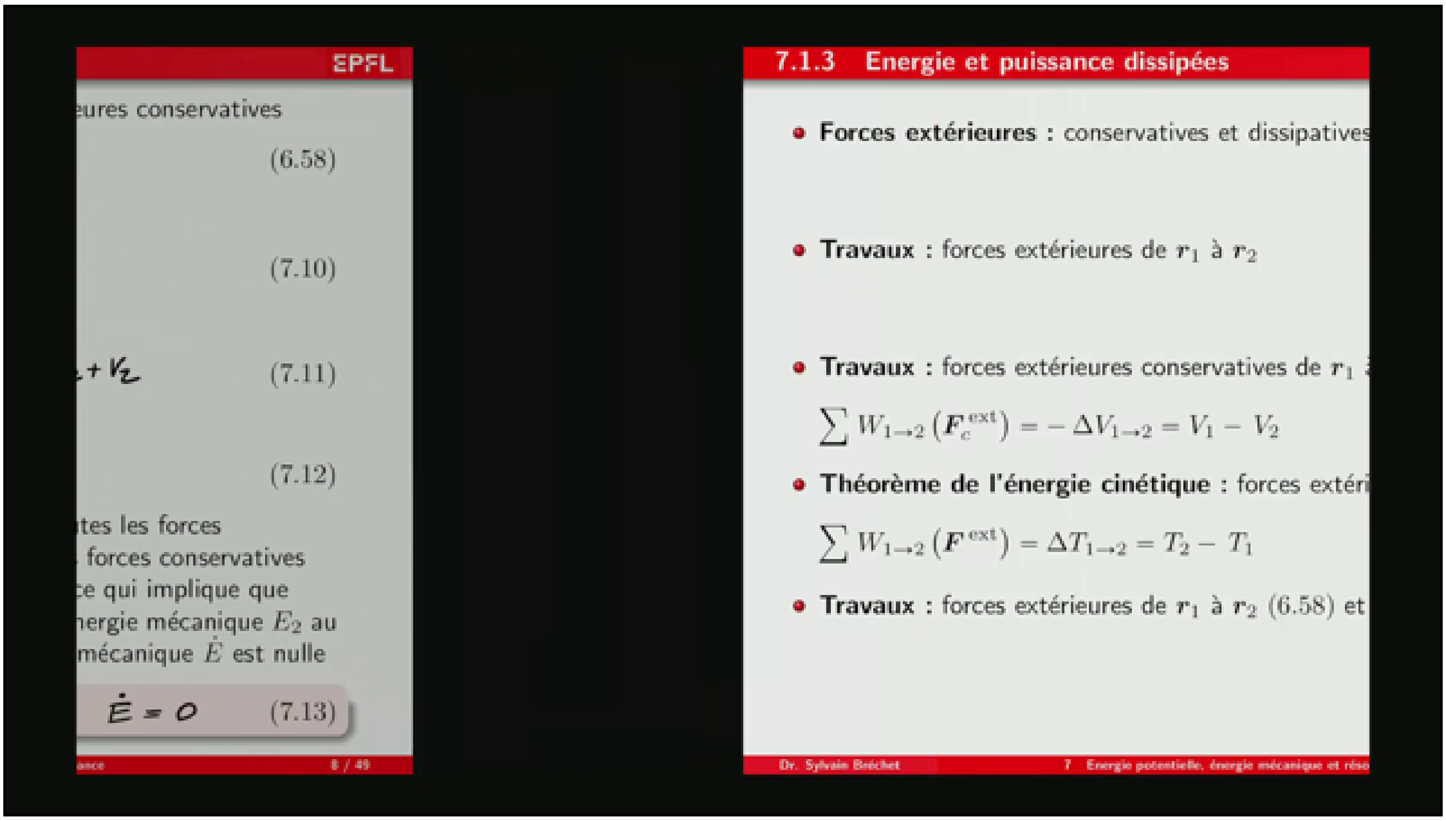


le cint'état ou quand t'est à 90° ça fait 1 donc ça apparaît pas vous êtes d'accord ici je devrais faire norme d'omega norme de r fois le sinus de l'angle entre les deux mais à 90° le sinus est bon donc ça reste juste la norme de sang fois la norme de sang donc ça c'est ce que j'ai obtien ici d'accord si je le fais avec maintenant j'applique la règle de la main droite je peux aussi voir dans quelle direction ce vecteur pointe donc vous pouvez faire le test et vous verrez que l'accélération elle va pointer donc c'est en moins r elle va pointer si r elle pointe comme ça parce que le vecteur position il pointe toujours de l'origine au point matériel l'accélération elle va pointer opposé à r donc ça sera quelque chose qui est radial et qui pointe vers le centre d'accord donc ce qu'on vient de démontrer ici c'est que quand on a un mouvement circulaire uniforme ou uniforme ça signifie que la vitesse angulaire est constante l'accélération que je viens de vous démontrer hier soir qu'elle a toujours de composantes une tangente et une perpénicunie à réalité cette fois elle a juste la composante perpénicunie la composante tangente à la zéro on a mis où ? pardon la dérivée de je n'ai pas compris ah parce que je fais la dérivée de la norme dire à ici on peut faire je voulais trouver juste la norme donc je n'étais pas intéressé la direction et puis donc voilà donc on trouve que cette accélération elle est toujours dirigée par rapport au centre et ça je répète encore pour la 13ème fois c'est parce que ici c'est uniforme si par contre vous êtes pas dans un moment circulaire uniforme mais c'est un moment circulaire en accélération donc par exemple vous êtes en train de rouler autour d'une circonférence et vous augmentez la vitesse

notes

résumé

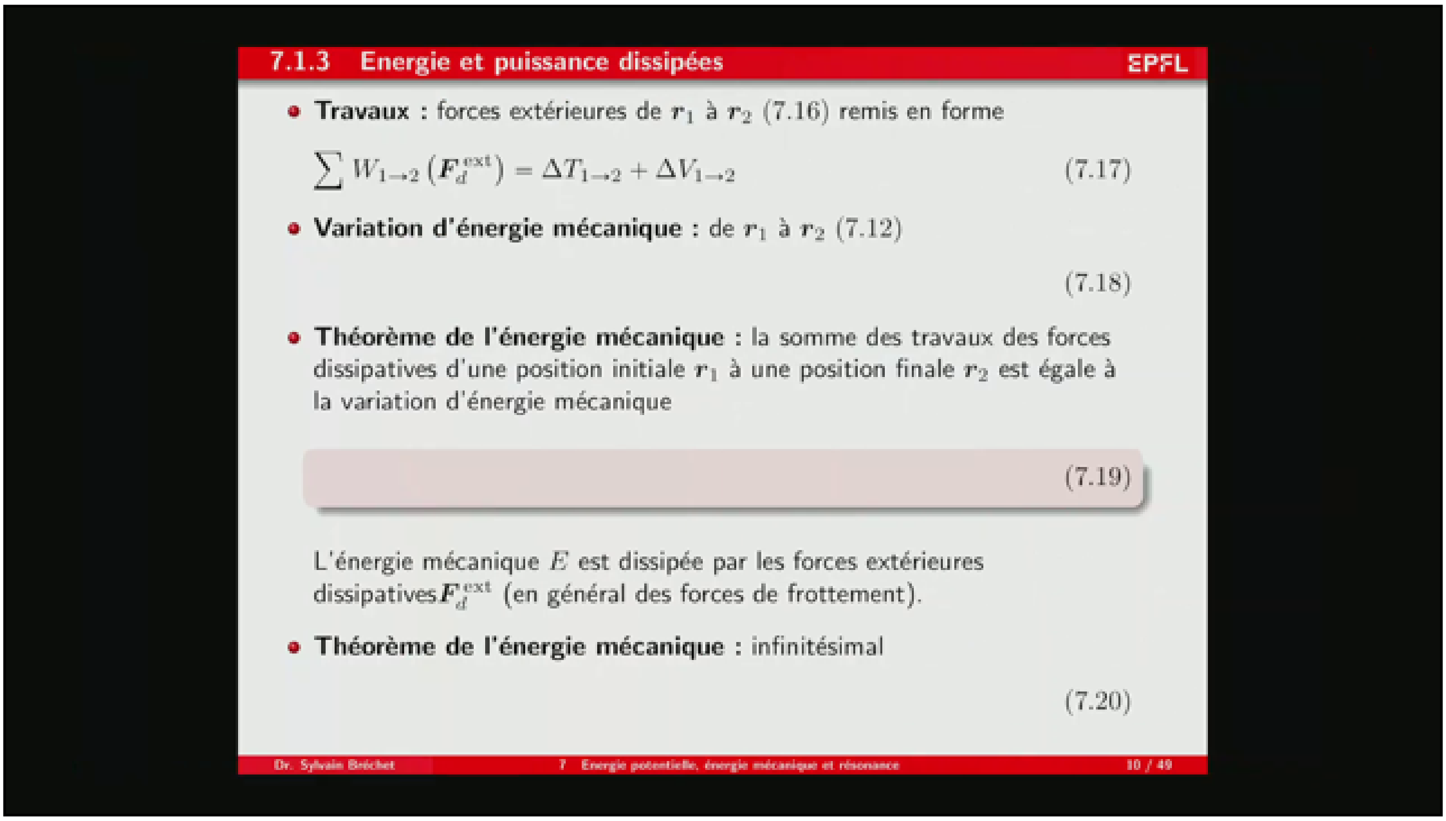
22m 48s



tangente c'est vrai que vous aurez aussi une composante tangente de l'accélération mais une fois que vous êtes arrivé à une certaine vitesse et puis vous arrêtez d'accélérer et vous continuez juste à tourner à ce moment là l'accélération tangente vaut zéro parce que votre vitesse tangente est constante mais ça reste une accélération normale et c'est ça qui vous permet de rester sur la circonférence donc vu qu'il y a cette accélération le fait que c'est dirigé vers le centre motive son norme donc on l'appelle accélération centripète donc qui pointe vers le centre

notes

résumé

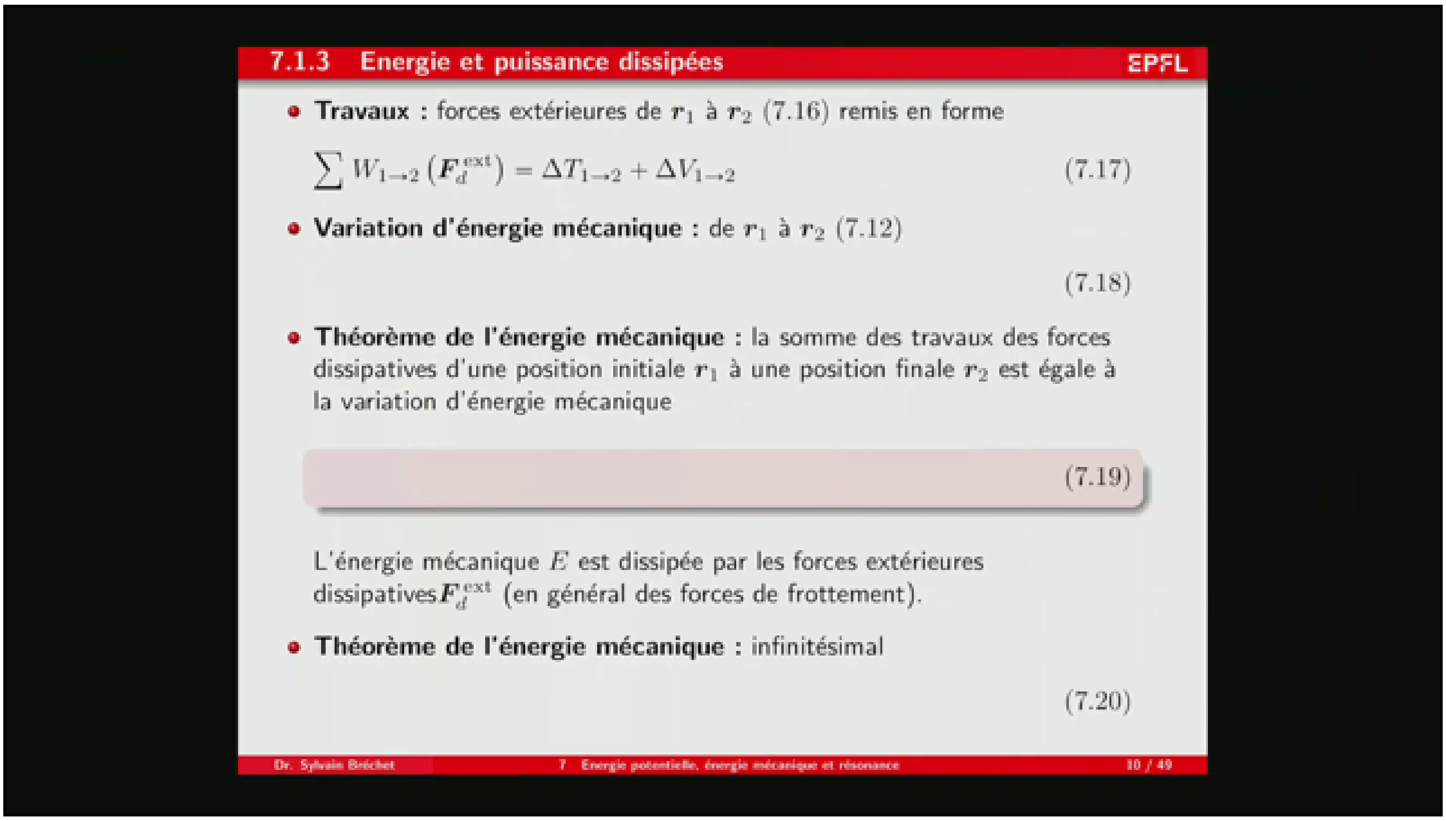


et de la même façon donc on peut introduire un concept qu'on utilisera aussi une force centripète et la force centripète c'est juste la masse du point matériel fois l'accélération centripète donc la force centripète elle a 7 formes ici et vous voyez c'est lié à l'accélération par la loi de Newton donc f c'est égal à juste m x a donc accélération c'est ça je multiplie x m et je trouve la force centripète tout clair jusqu'à l'an oui pardon bien sûr c'est vraiment ici en classe souvent alors ça sera toujours comme ça durant le cours j'essaie de vous motiver pour que raison on trouve par exemple cette équation c'est un peu le but de vous montrer comment on arrivait à cette expression puis c'est clair que quand vous faites l'utiliser la formule qu'on a trouvée donc je soupçonne que vous avez compris comment on est arrivé et puis vous l'appliquer je trouve important aussi de faire la derivation parce que comme ça vous pouvez comprendre comment on est arrivé à ça donc aussi l'application ça devient un peu plus facile pour vous c'est pas juste de choisir par hasard dans une liste d'équations la qu'elle doit utiliser mais si vous savez comment on l'a obtenu vous comprenez aussi quelle est la formule à utiliser en exercice je pense oui alors là vous avez comme ça bien sûr oui peut-être vous devez dire que alors l'exercice en question a un mouvement circulaire uniforme donc j'utilise la formule correspondante qui est celle-ci peut-être il faut justifier pour qu'à raison vous utilisez cette formule là parce que maintenant on a vu peut-être deux trois formules mais à la fin du cours on aura une certaine dizaine sinon ça semble que justement vous avez une feuille avec 40 formules et... là moi j'aimerais bien savoir pour quelle raison vous avez choisi celle-là et pas l'autre d'accord vous pouvez avoir vous pouvez

notes

résumé

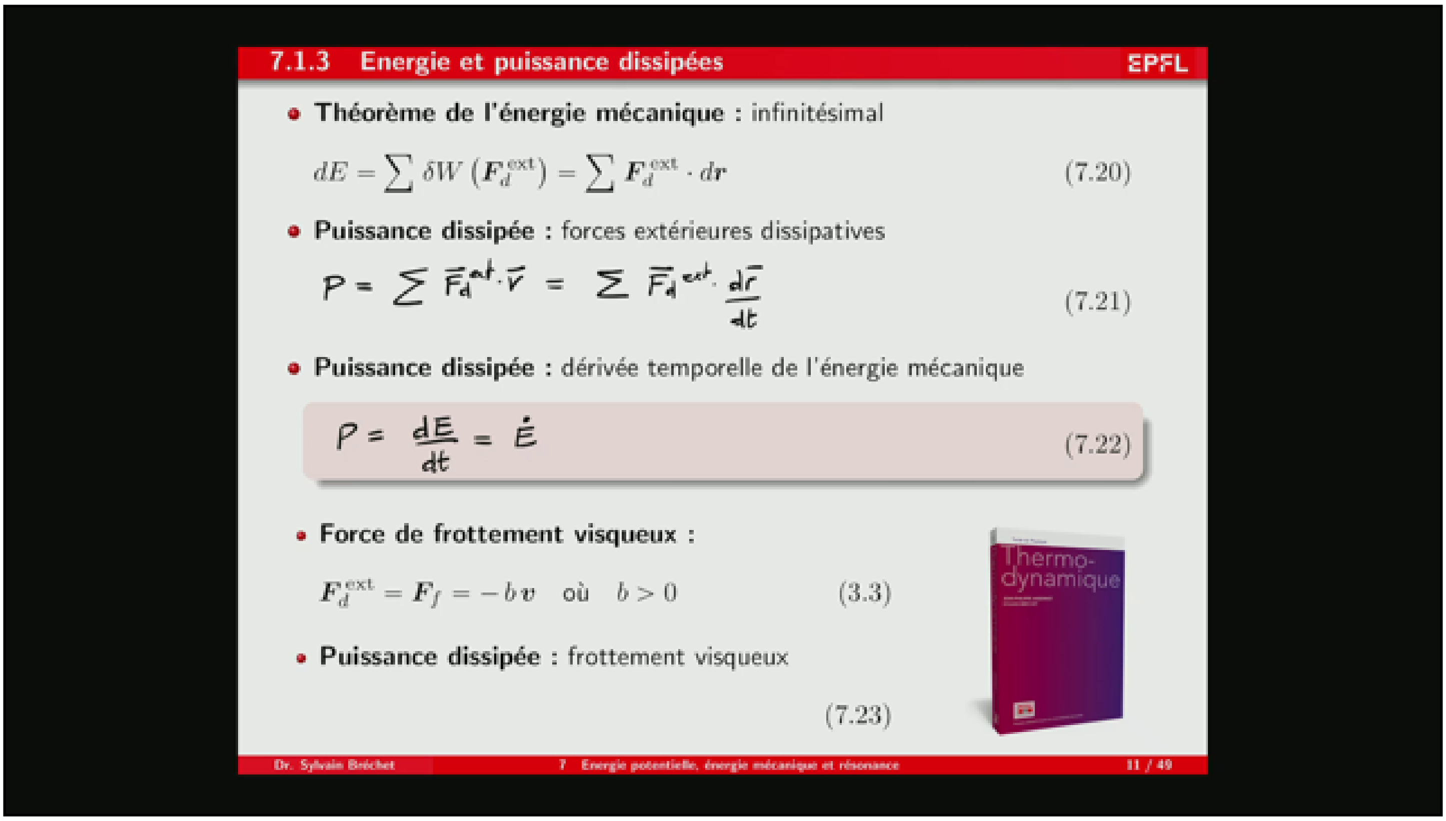
25m 56s



avoir, pardon je peux vous dire pourquoi cette formule est une question de la question je n'ai pas compris je suis désolé non non non non ça sera plutôt exercice donc à résoudre vraiment en cas particulier peut-être un bout d'ordre je ne sais pas, une bille qui bouge autour d'une circonférence décrivée qu'elle a l'accélération la vitesse mais pas de récalculer les formules non mais par contre c'est ce que je viens de dire à votre collègue donc c'est important que quand vous utilisez une formule vous dites pour quelle raison vous en l'utilisez c'est la forme centripète normalement ? oui, disons, à la été c'est un cas particulier on l'appelle centripète parce que la dirigeait vers le centre et dans ce cas-là elle est aussi normale à la tangente par définition parce que le rayon il est toujours tangente il est toujours pepéniculier

notes

résumé

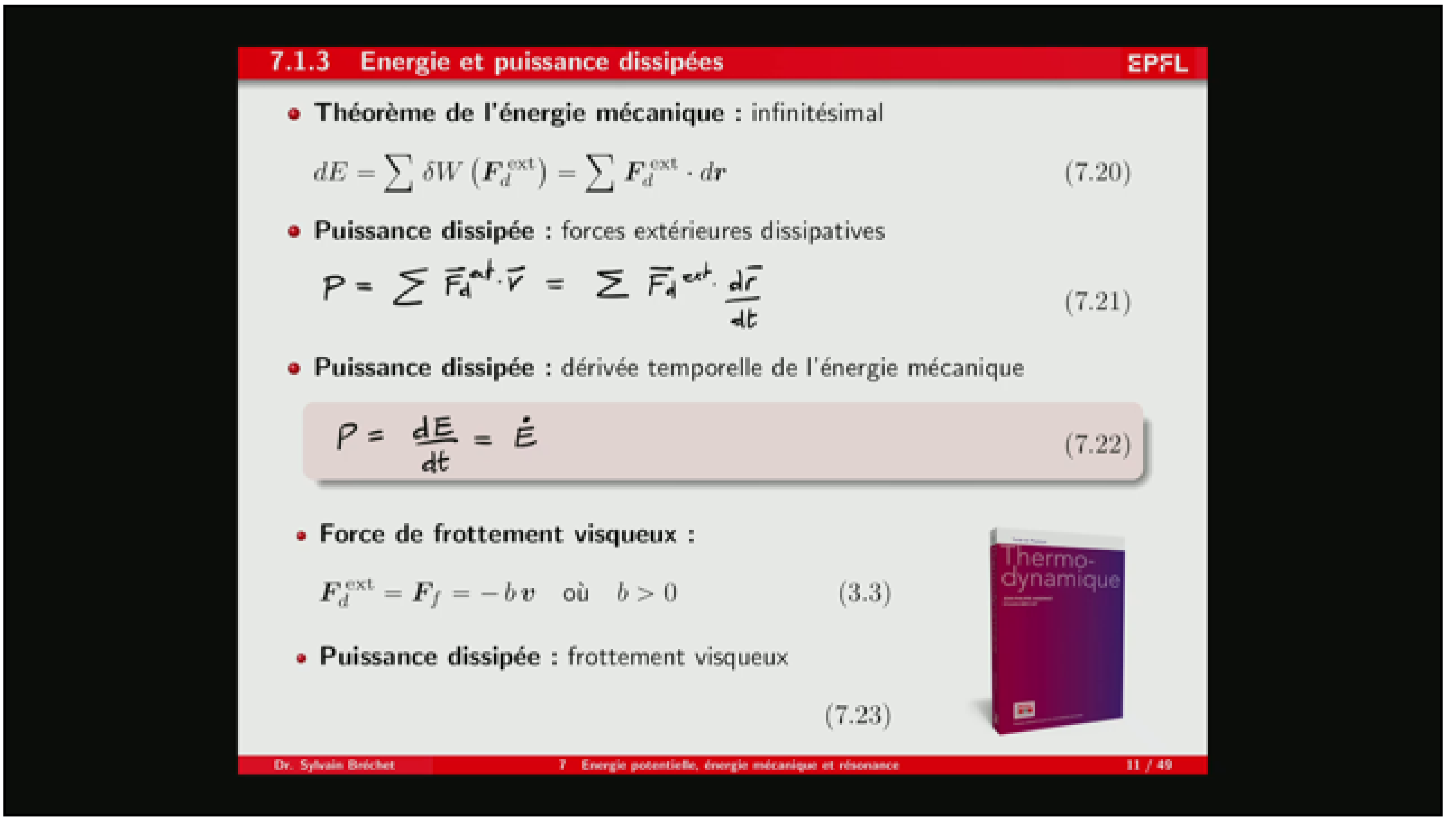


à la tangente, à la circonférence car ce sont les deux choses simplement que je ne sais pas, historiquement donc cette composante qu'on a dit les accélérations ont toujours une composante tangente et normale pepéniculier ici dans le cas du mouvement circulaire on l'appelle centripète mais c'est la même chose vous pouvez aussi remarquer que ici je peux écrire omega par exemple je le dérive d'ici c'est la v sur r donc si je remplace ici on va trouver que ça c'est omega carré divisé r carré donc celle-ci vaut un nouveau omega carré divisé r d'accord ? et donc pour répondre à certaines questions si je reviens en arrière hier soir on avait démontré ça donc c'est vraiment la même chose c'est vraiment qu'on donne historiquement il y a ces deux normes pour dire que c'est l'accélération normale et puis dans le cas du moment circulaire on dit que c'est centripète ok, si il n'y a pas d'autres questions maintenant je vous propose de utiliser vraiment un cas pratique qu'on utilise dans la physique d'un système comme ça je vous montre ça je ne sais pas si vous avez jamais entendu parler dans un synchrotron, qu'est-ce que c'est donc un synchrotron c'est un accélérateur d'électrons, donc ça c'est des photos ça c'est le synchrotron qui existe à Grenoble, donc l'europie un synchrotron de radiation facilité on en a aussi en Suisse le Swiss light source qui se trouve à Bili-Guin qui est à 1 heure de Zurich en Pochette à la institut donc ce que vous voyez ici c'est une forme circulaire donc déjà c'est bien compatible avec ce que je veux vous montrer et en réalité, donc ça c'est le bâtiment mais si je vais un peu à l'intérieur je simplifie un peu ce qu'on trouve c'est quelque chose comme ça donc ici on a ce qu'on appelle un booster donc ça c'est un canon à électrons les

notes

résumé

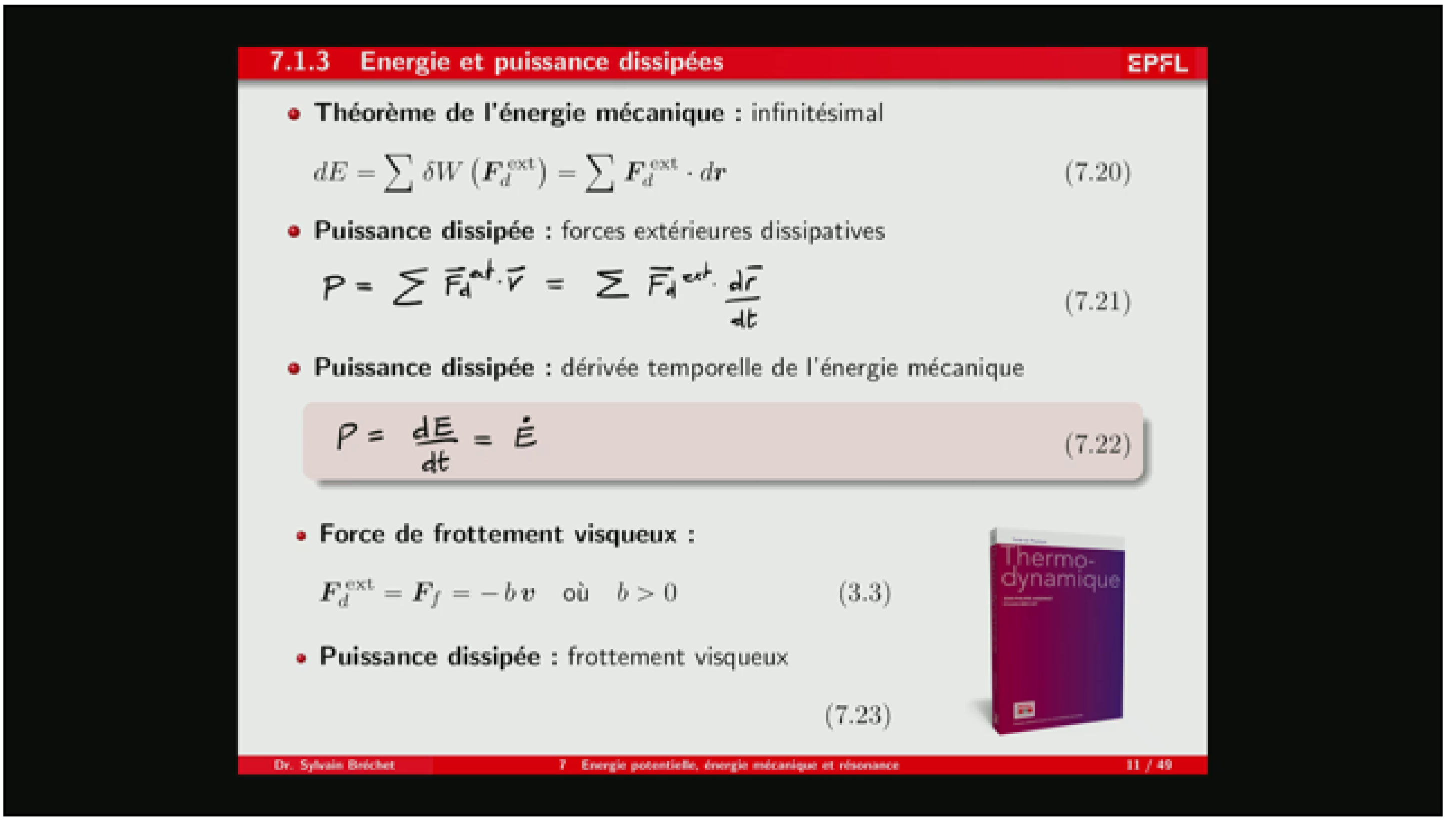
29m 13s



électrons sont générés accélérés de certaines façons et puis sont injectés dans cet anneau pendant qu'on tourne comme ça, dans cet exemple dans cet anneau principal qui est ce qu'il y a contenu ici dans ce cercle en réalité donc pour qu'à raison on aime bien accélérer des électrons comme ça et les mettre sur une orbite la raison est que chaque fois qu'une particule chargée est déviée de son mouvement linéaire avec une ligne linéaire donc chaque fois qu'elle accélérer elle a été éliminée de la radiation donc les électrons ici quand ils tournent au moment dans lequel ils tournent vu qu'ils subissent une accélération ils aiment une radiation et ces radiations sont des rayons X donc ces objets là elles sont des machines des méga machines pour générer des électrons X des rayons X à différents énergies donc on va d'un énergie très basse jusqu'à des énergies vraiment hautes de 4 kV les énergies peut-être ça vous dit pas grand chose mais en photon donc un rayon X à 10 kV on peut passer tranquillement une barrière de béton qui fait un état de profondeur donc il faut vraiment écranter la région de l'expériment sinon on est irradié par des rayons X par contre on trouve aussi des rayons X à les énergies dans lesquelles par exemple si on va faire une visite médicale c'est qu'on utilise pour faire notre radio donc l'avantage de ces machines c'est qu'on peut avoir un bas spectre d'énergie des rayons X et on peut utiliser pour faire les études qu'on veut selon quel système on veut étudier il y a aussi un autre avantage c'est qu'on peut déterminer exactement quelle énergie on a ces rayons X donc on peut tuner chose qu'on peut pas faire dans les machines des hôpitaux ici on peut choisir exactement l'énergie des rayons X donc selon l'expérience qu'on peut faire justement on peut choisir optimiser disons l'expérience

notes

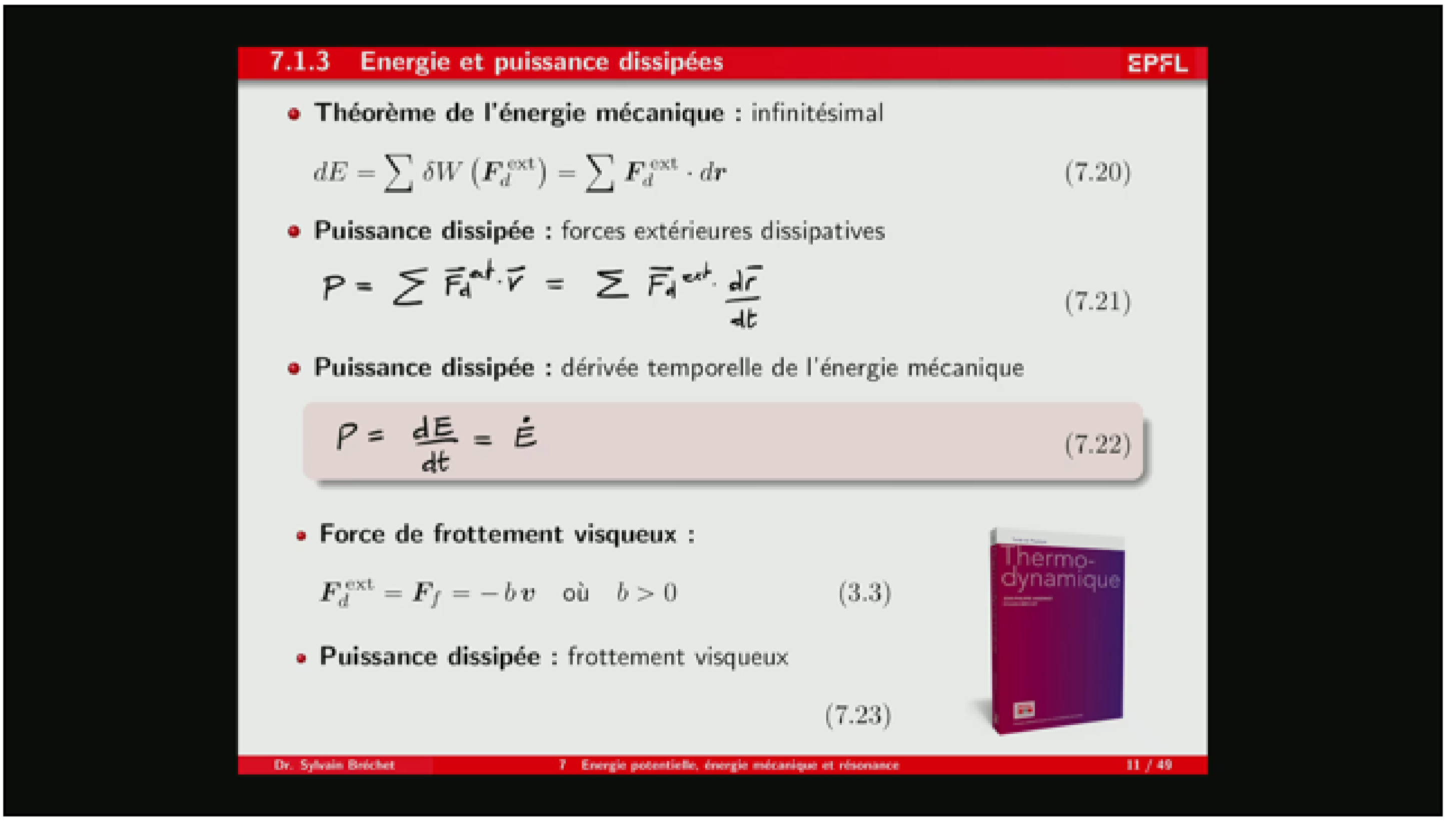
résumé



donc pour quelle raison je vous montre cet exemple ici bon première chose parce que si vous aimez un peu si vous allez voir le pourcharer si vous voyez si vous passez là-côté vous pouvez voir cette sorte disc boulin qui est toujours très surprenante maintenant vous savez qu'est-ce que c'est maintenant pour quelle raison je fais cet exemple parce que alors comment ça se fait que l'électron une fois qu'il a injecté ici il tourne ce qu'on voit comme ça se schématise ici que le long de la circonférence il y a des endroits dans lesquels il y a des émanes comme ça se schématise ici donc à réalité le mouvement de l'électron c'est pas vraiment une circonférence je dois être précis mais c'est des bouts droit pis ils sont ils font un virage bout droit, virage, bout droit, virage donc à réalité ça pas une circonférence continuous mais c'est une séquence de droit, virage on se focalise ici donc on soupçonne que ça a un virage continuous à la réalité donc pour quelle raison on a un éman pour faire tourner les électrons parce que un type de force qui existe en nature donc jusqu'à maintenant on a vu la force point qui est donnée par la force de gravitation terrestre une autre force qui existe c'est la force de Lorenz qui est la force c'est par un chaine léto-magnétique qui est en particulier qui a cette forme là donc un chaine léto-magnétique qui contient un chaine électrique c'est la raison pour laquelle on l'appelle électro-magnétique ça c'est la partie électrique ça c'est la partie magnétique donc il y a cette force là et maintenant vous voyez bon je suis intéressé à cette partie là donc si j'ai un électron qui bouge avec une vitesse comme ça dans le chaine magnétique verticale vers le haut si vous faites, si vous appliquez la règle vous avez que B je

notes

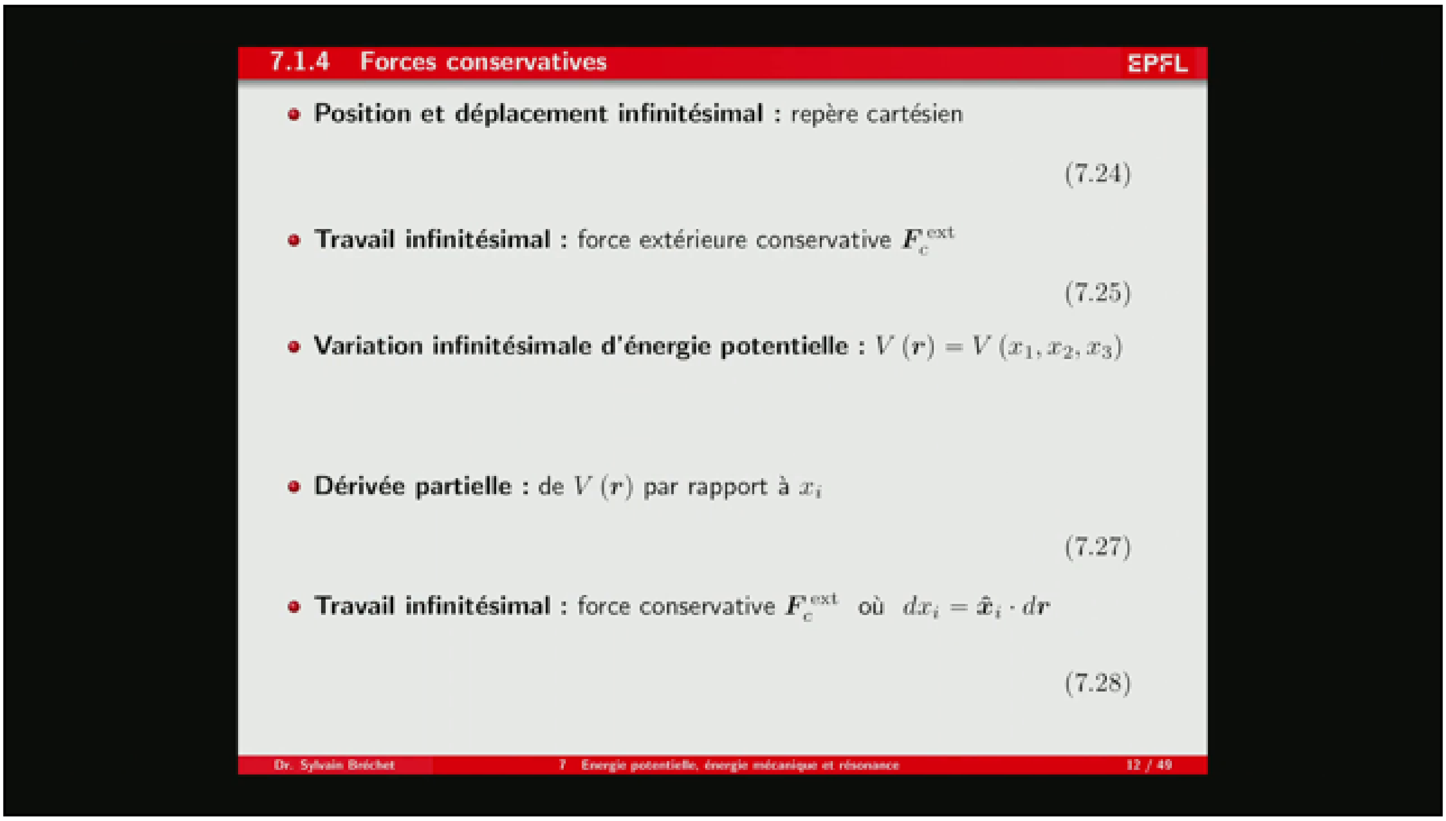
résumé



commence comme ça je tourne vers le centre de l'émat

notes

résumé

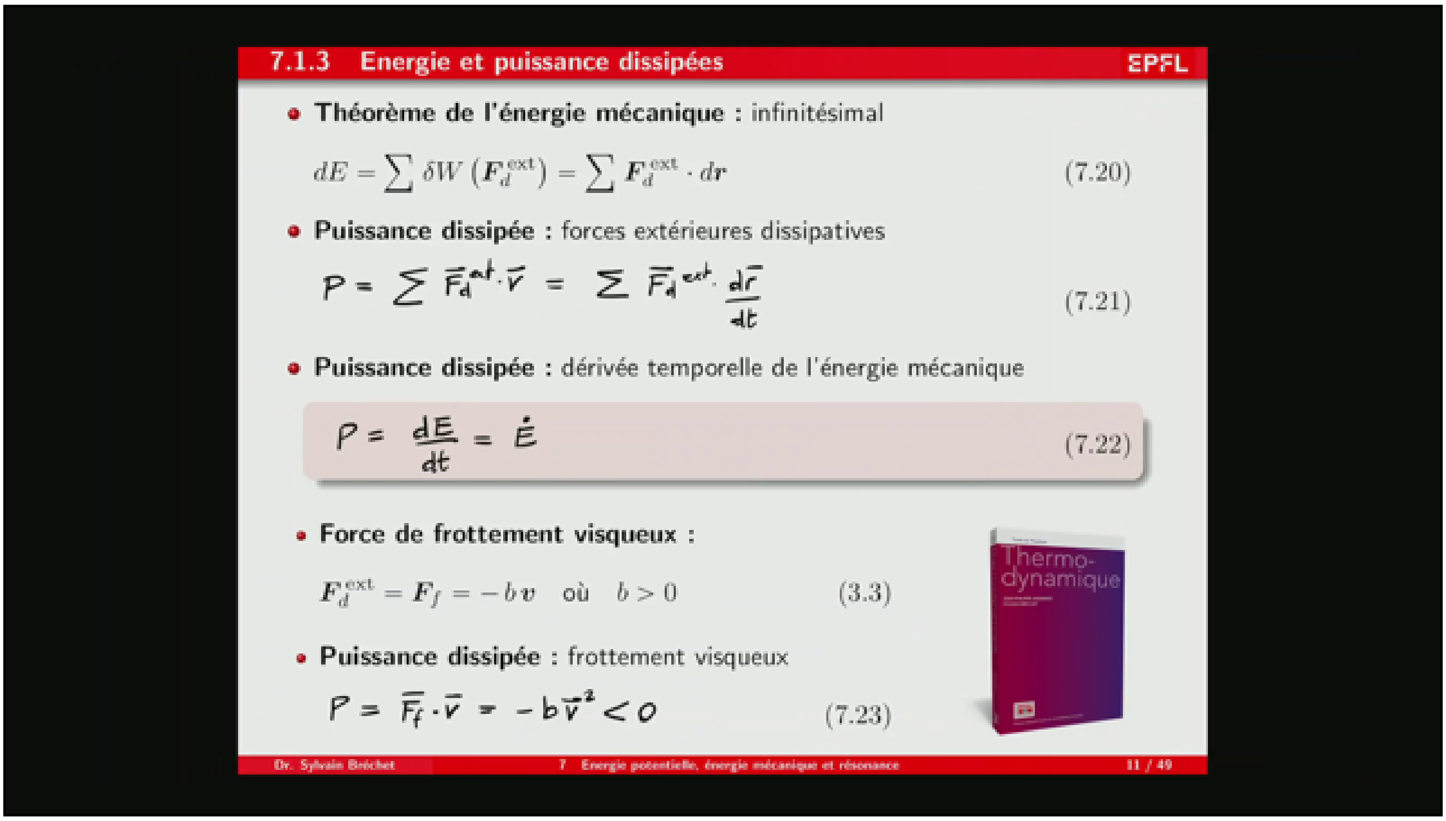


donc l'électron il a dévié comme ça vous êtes d'accord ? on a l'électron qui est disons qui arrive comme ça tendance B, Tata il va contre l'émat et puis il continue à tourner si j'ai un aimant continuous d'accord ? donc ça c'est la façon la plus simple qu'on a pour il faut faire B produit vecteur, ah oui pardon c'est B, produit vecteur B oui c'est dans l'autre il faut mettre c'est B, oui d'accord, je me suis trompé à écrire c'est vrai alors ça c'est pour en... c'est vrai, ça c'est la charge puis vu qu'il y a... on est sur les électrons maintenant donc ça fait le moins qui fait tourner vers l'intérieur disons, si c'est un proton alors si c'était un faisot de proton ça serait ça devirait à l'extérieur si on veut par le fait que c'est un électron ici ça la rendre ça introduit les moins maintenant j'étais sur le proton du cerne c'est pour ça que... parce qu'on a aussi un suisse le cerne dans lequel on utilise le proton comme particule

notes

résumé

35m 25s

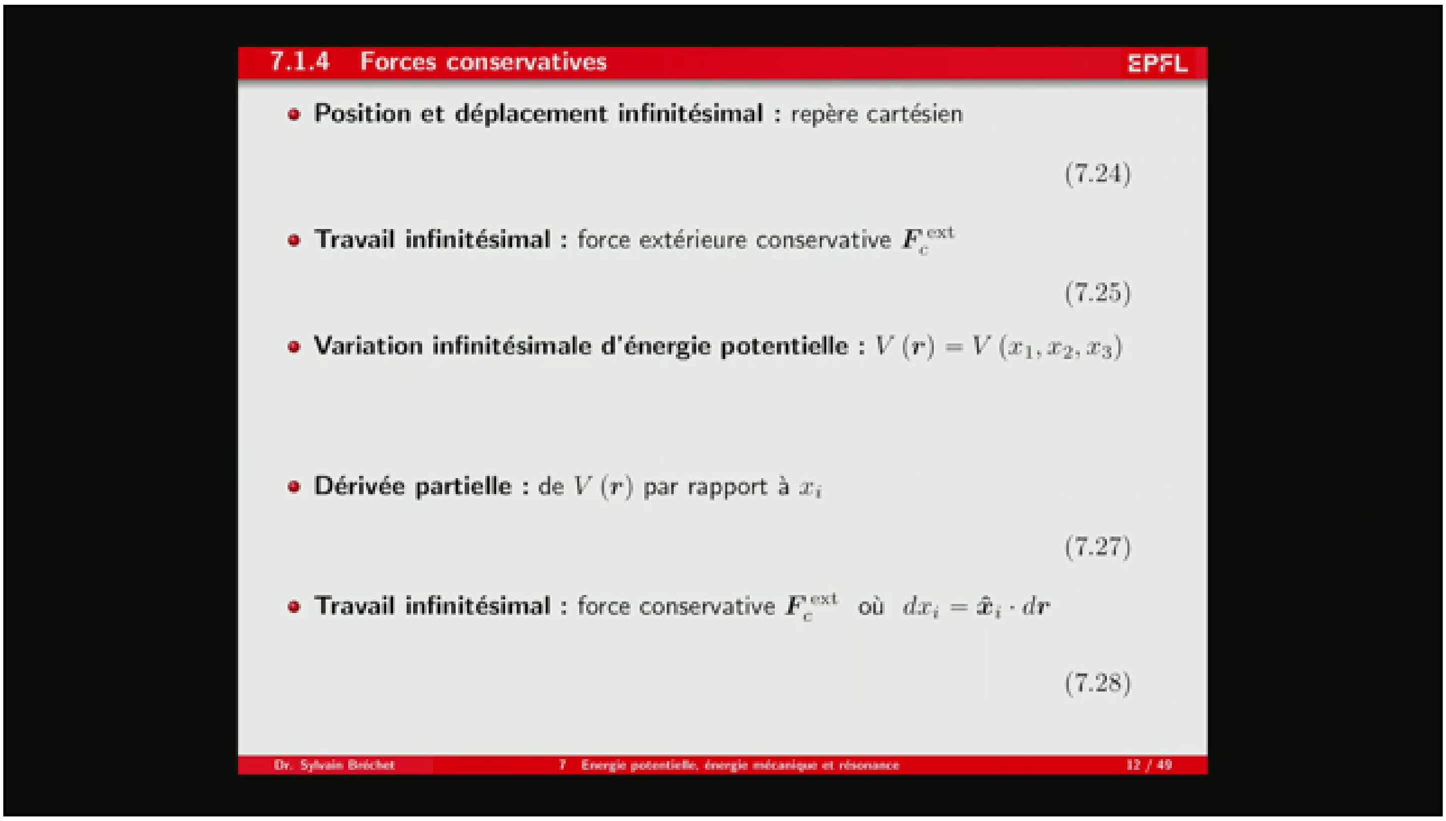


donc dans ce cas là c'est c'est bon, bref donc si on utilise l'électron c'est clair que le produit vecteur il pointe vers l'intérieur, donc merci donc ça c'est un cas

notes

résumé

36m 56s

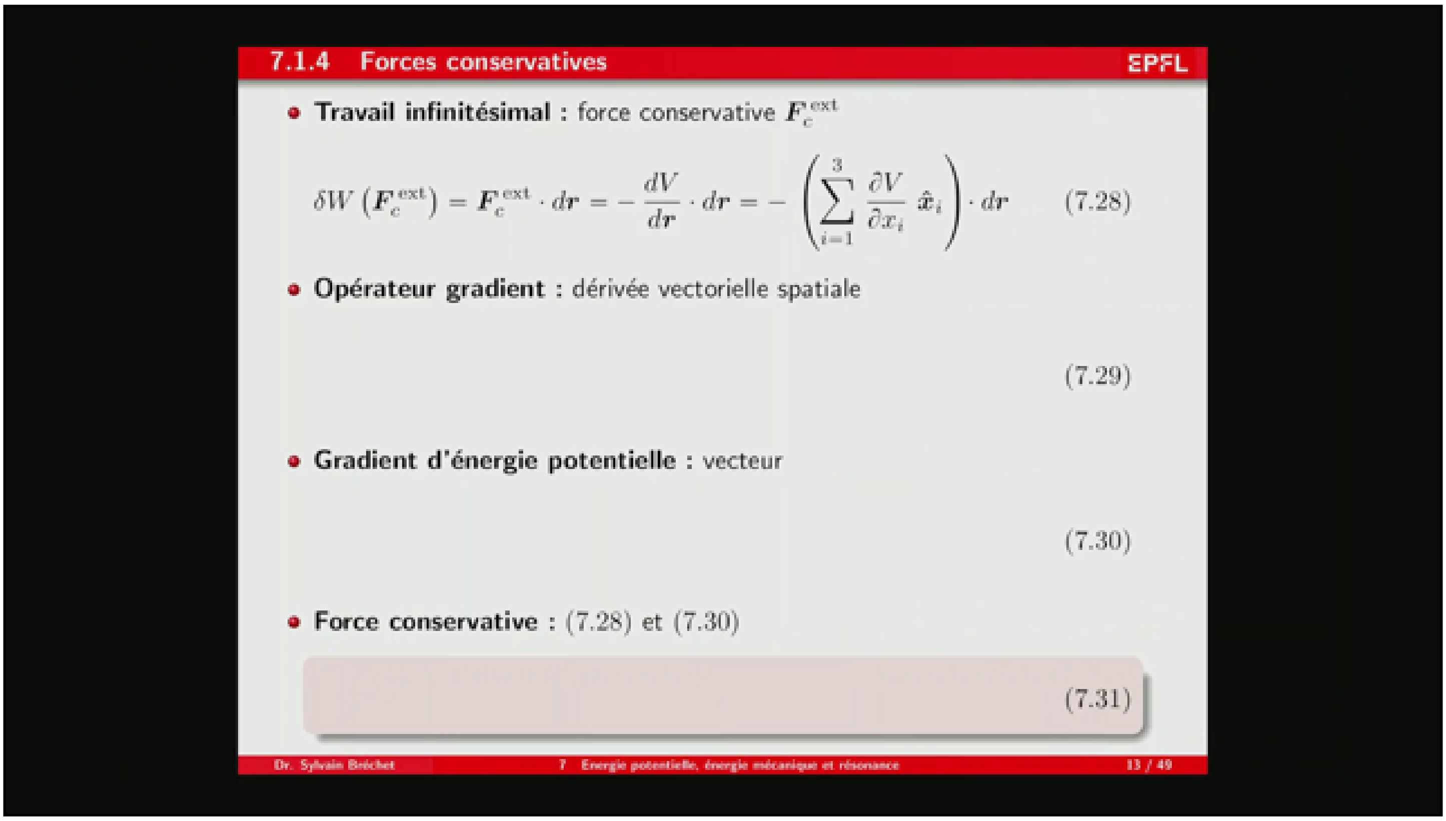


dans lequel on voit que une force, donc ça c'est une force qui est pète, donc c'est une force

notes

résumé

37m 10s

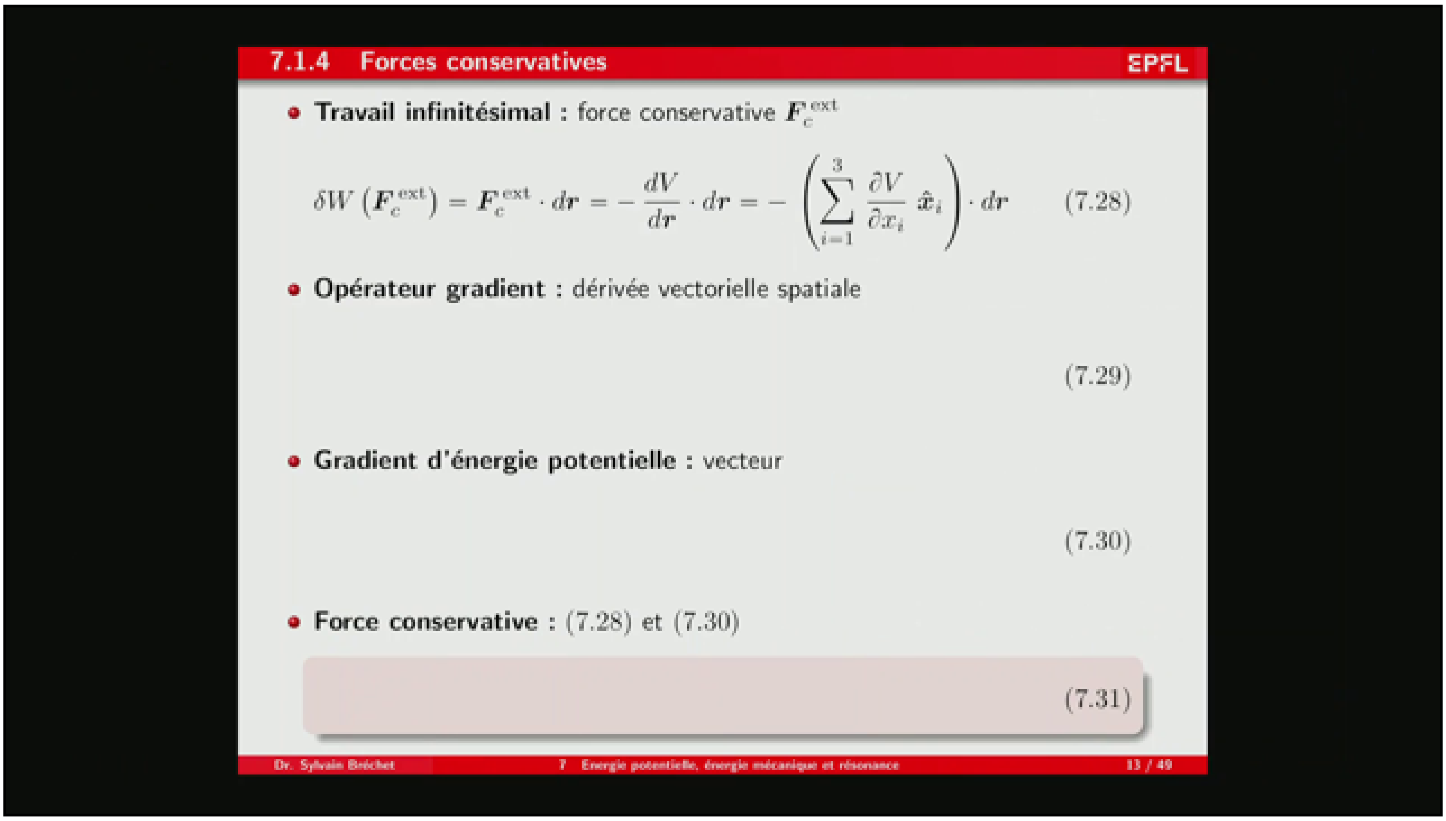


qui oblige mon point de matériel en ce moment c'est un électron à tourner en rond parce qu'il y a une force qui le pointe vers le centre bien sûr il y a plein d'autres d'autres situations la situation la plus simple c'est ça qu'on a vu je pense qu'on a été gamin si on prend un objet attaché à la ficelle et puis on le fait tourner là on doit appliquer une force entrepète sinon le gars il tourne pas et la force entrepète elle est appliquée par par la corde parce que si moi je laisse la corde l'objet il parle vers l'attention donc il faut une force qui tient l'objet pour le forcer à tourner et vous vous rendez aussi compte très facilement que la force elle est vraiment proportionnelle à la masse parce que si je prends une corde donc ici je prends une corde antique presque c'est pas la différence avec ici j'ai un bout de métal à la fin ici je l'ai pas si vous faites le test si vous faites tourner la force que vous sentez sur la main elle est clairement différente parce que la masse est différente on a d'accord hein donc ce que je viens de décrire là avec le mouvement circulaire c'est juste ce que on connaît très bien de la vie quotidienne je peux dire ça donc la force qui nous fait tourner c'est proportionnel à la masse et ça on peut le vérifier facilement ok donc encore 10 minutes pour introduire un concept qu'on utilisera la prochaine semaine et le concept c'est le suivant donc quand on a des mouvements en rotation donc par exemple les électrons qui tournent autour de notre synchrotron ou les protons ou un satellite qui tourne autour de la Terre des fois disons ça peut être intéressant d'utiliser une autre façon de décrire le système donc de ne pas utiliser un système

notes

résumé

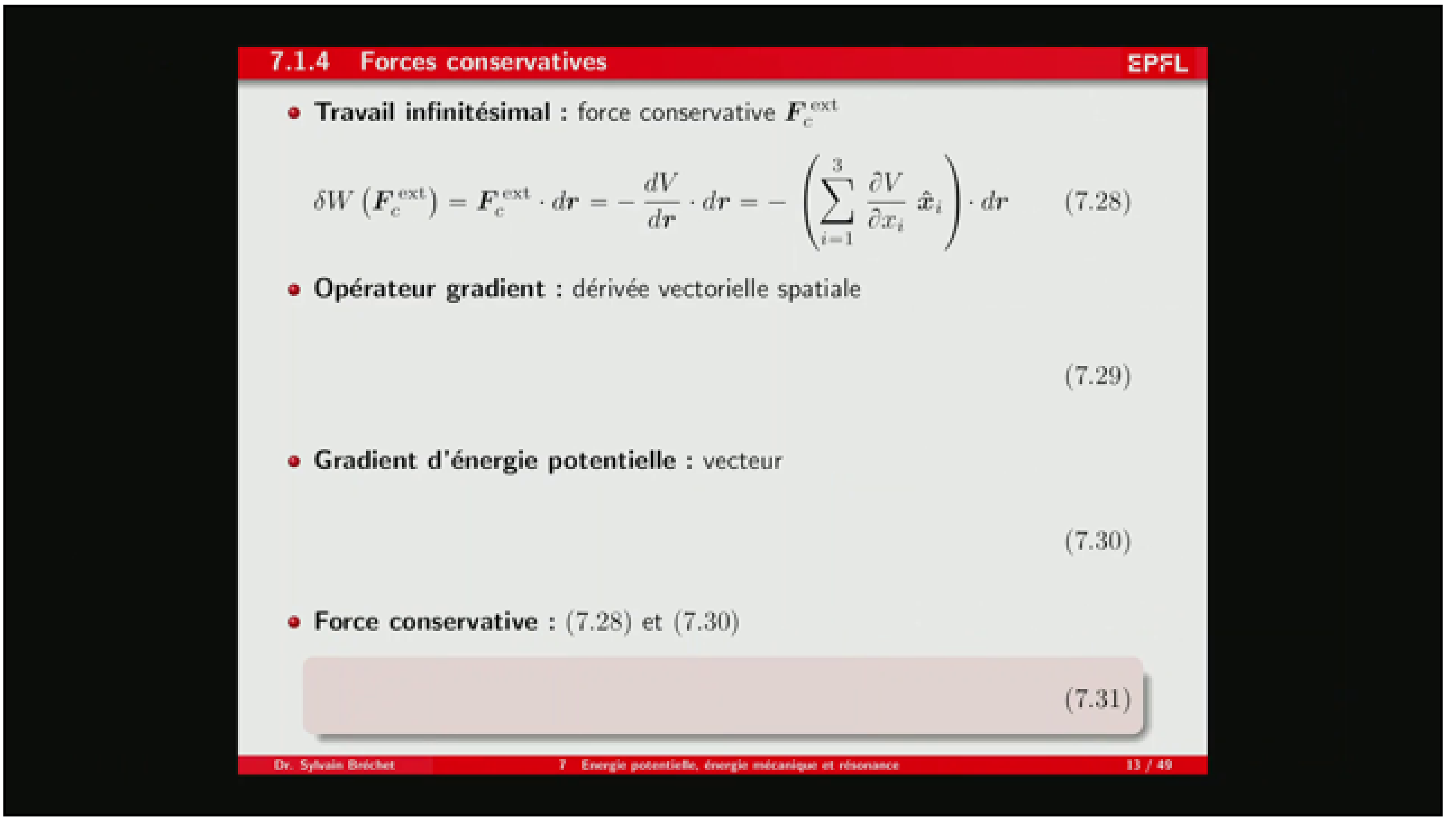
37m 15s



un réper cartesien fixe dans l'espace mais d'utiliser un système ou une base qui tourne ensemble avec l'objet donc je tiens bien à préciser si x1, x2, x3 c'est le réper cartesien x, y, z ici je suis en train de parler de un autre système de 3 vecteurs orthonormés donc orthonormes et de longueur unitaire qui ont le même centre du réper cartesien et qu'il tourne selon la vitesse angulaire au méga qu'on peut avoir les deux descriptions c'est clair, elles doivent être identiques parce que sinon on aurait un problème donc c'est pour ça qu'on introduit donc ces réper qui tournent ensemble avec l'objet mais qui ont le centre identique à celui du réper cartesien souvent on l'appelle base on a été sans réper mais ça, parce que plus loin dans le cours on verra qu'il y a des réper qui bougent par rapport au réper cartesien donc dans lequel le centre du le centre du réper bleu a un mouvement par rapport au centre du mouvement rouge pour l'instant c'est pas le cas donc les deux centres ils sont au même point donc c'est pour ça que je vais faire un peu de confusion parce que puis je m'étrompe j'oublie cette différence donc ça c'est plutôt un changement de base donc un changement de réper c'est pour ça que je dis les deux choses sont identiques mais pour l'instant je répète on utilise le même centre donc on se rend facilement compte que quand il y a un objet qui tourne, des fois c'est plus facile de pas utiliser les réper cartesien qu'ici j'en disais avec un rouge mais d'utiliser une base, ou réper avec le même centre qui a cette choix ici donc dans lesquels on a autre trois vecteurs dont on est la tangente un autre vecteur tâu tangente à la trajectoire puis on a un vecteur et deux qui est perpendiculière à la trajectoire

notes

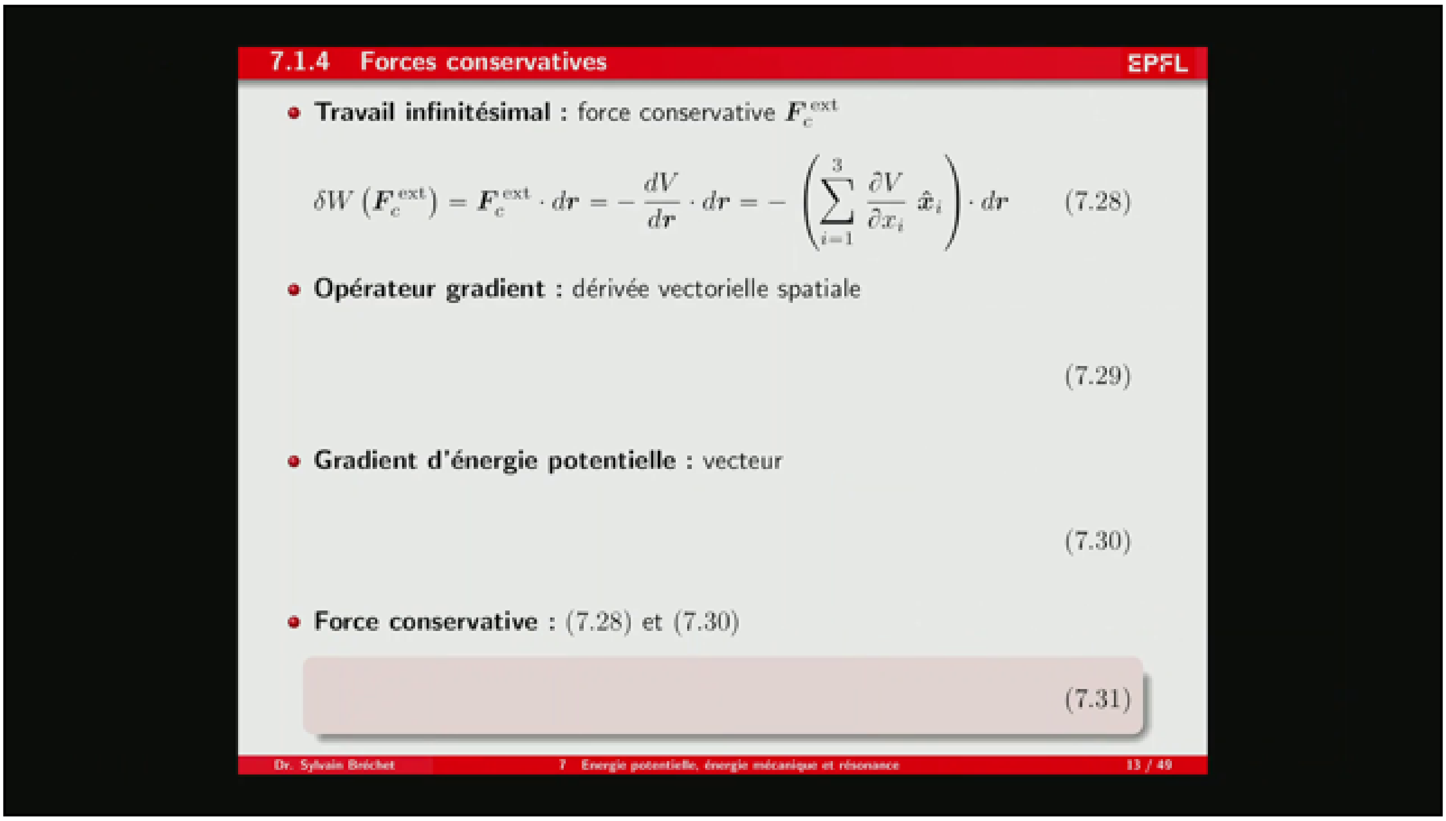
résumé



et puis on a un troisième vecteur qui est défini là on est obligé selon la règle de la main droite sinon on n'a pas de réper droite comme j'ai défini hier on a pris cette convention que la physique elle est toujours décrite pas de réper droite donc une fois qu'on a choisi les premières deux directions la troisième elle est forcée par la règle de la main droite d'accord donc si j'ai eton qui est tangente c'est possible que je suis en train de circuler comme ça et on est tangente donc c'est tâu et deux il est perpendiculier par exemple vers le centre ça sera forcément comme ça si par contre je prends tangente et puis je prends l'externe disons le perpendicule à la trajectoire et pointe vers l'extérieur je peux choisir l'autre ça sera perpendiculier mais il faut toujours suivre la règle de la main droite ici aussi je fais A et A et 2 et puis le bleu et 3 c'est comme ça d'accord donc ça il faut toujours se le rappeler parce que sinon on n'est pas cohérente avec toute la description si on fait ça c'est vrai qu'il faut décrire la rotation de ce vecteur par rapport à l'autre parce que nous faut comprendre comme une description elle y a l'autre si vous voulez parce que je peux, comme je dis faire la description dans le système rouge qui ne tourne pas ou faire la description dans le système bleu qui tourne avec l'objet mais à la fin je dois trouver les mêmes relations donc je dois savoir comment le bleu bouge par rapport au rouge donc comment on fait ça donc le fait d'introduire des bases différentes implique que moi je dois paramétriser donc ces rotations et donc en général c'est vrai qu'on a une infinité de choix pour le repère bleu qui tourne typiquement dans tous les exemples qu'on verra pendant

notes

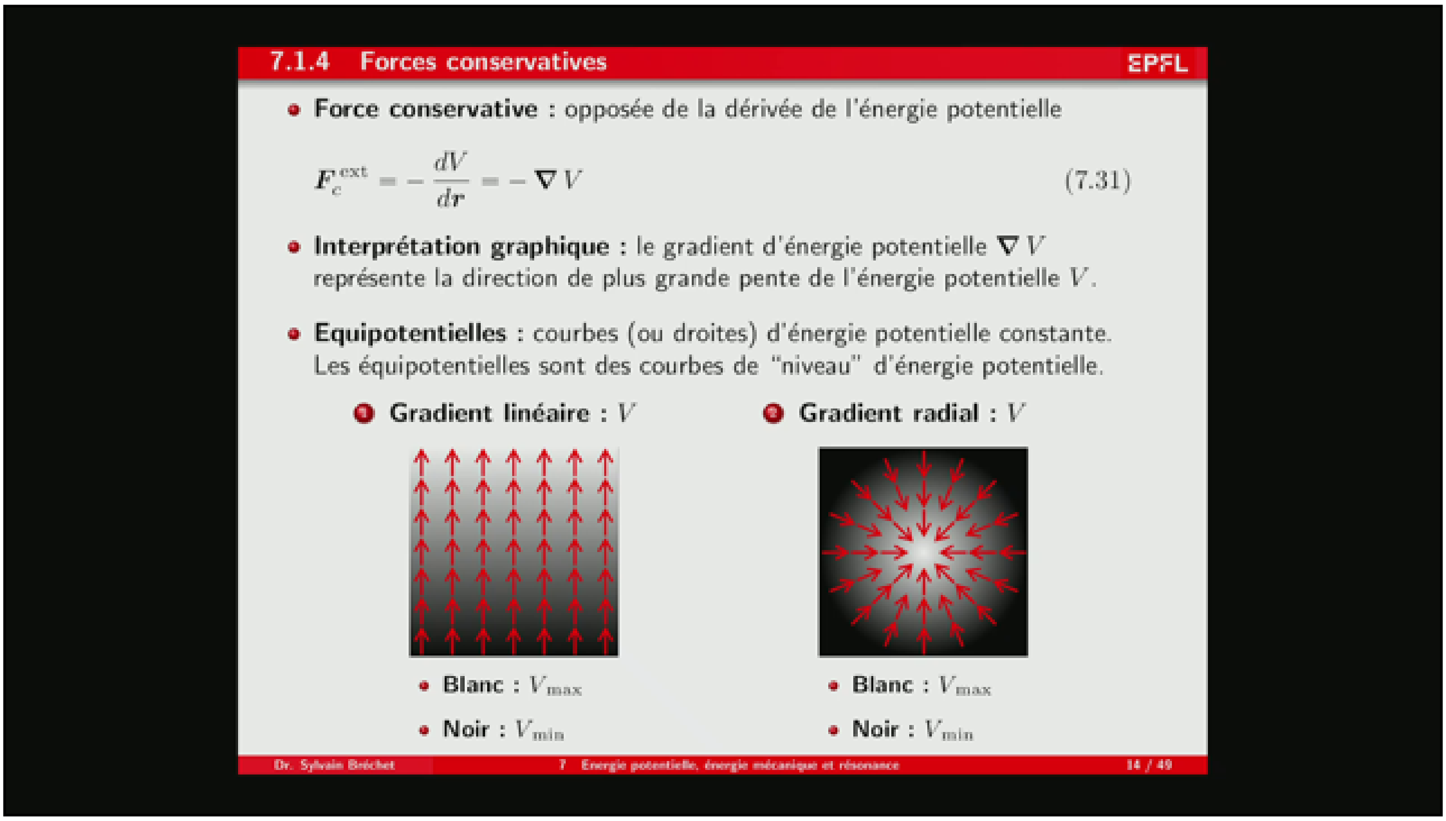
résumé



le cours on se limite à ces 3 voire 4 cas donc on a notre coordonnée cartésienne qu'on a déjà vu, on a utilisé pour 2 semaines maintenant ce qu'on va faire c'est qu'on va aussi introduire le coordonnée cylindrique que je vais vous montrer dans un instant, les coordonnées sphériques et puis en cas particulier de ces deux que c'est le coordonnée polaire donc ce que je dois faire maintenant c'est de dire comme la description en x y z elle peut être paramétrisée en ro phi z ou en r theta phi et vice versa ce que c'est important de se rappeler c'est que pour chaque vecteur disons pour chaque variable ici je dois introduire un vecteur qui est perpendiculier qui est parallèle à la variation de la position dû à la rotation donc par exemple si je introduis ro dans ce système de coordonnées je dois introduire un vecteur unitaire euro qui est parallèle à la variation de la position donc par exemple ro ça pourrait être le je le montre juste là peut-être c'est mieux là disons que ça se sont dessiné les trois types de coordonnées cartesiennes cylindriques sphériques donc j'ai introduit pour les cylindriques ro phi z donc euro c'est ça c'est mon point matériel donc je vois que z c'est comme dans les coordonnées cartesiennes c'est la même chose mais à la place d'utiliser x et y ici j'utilise ro

notes

résumé

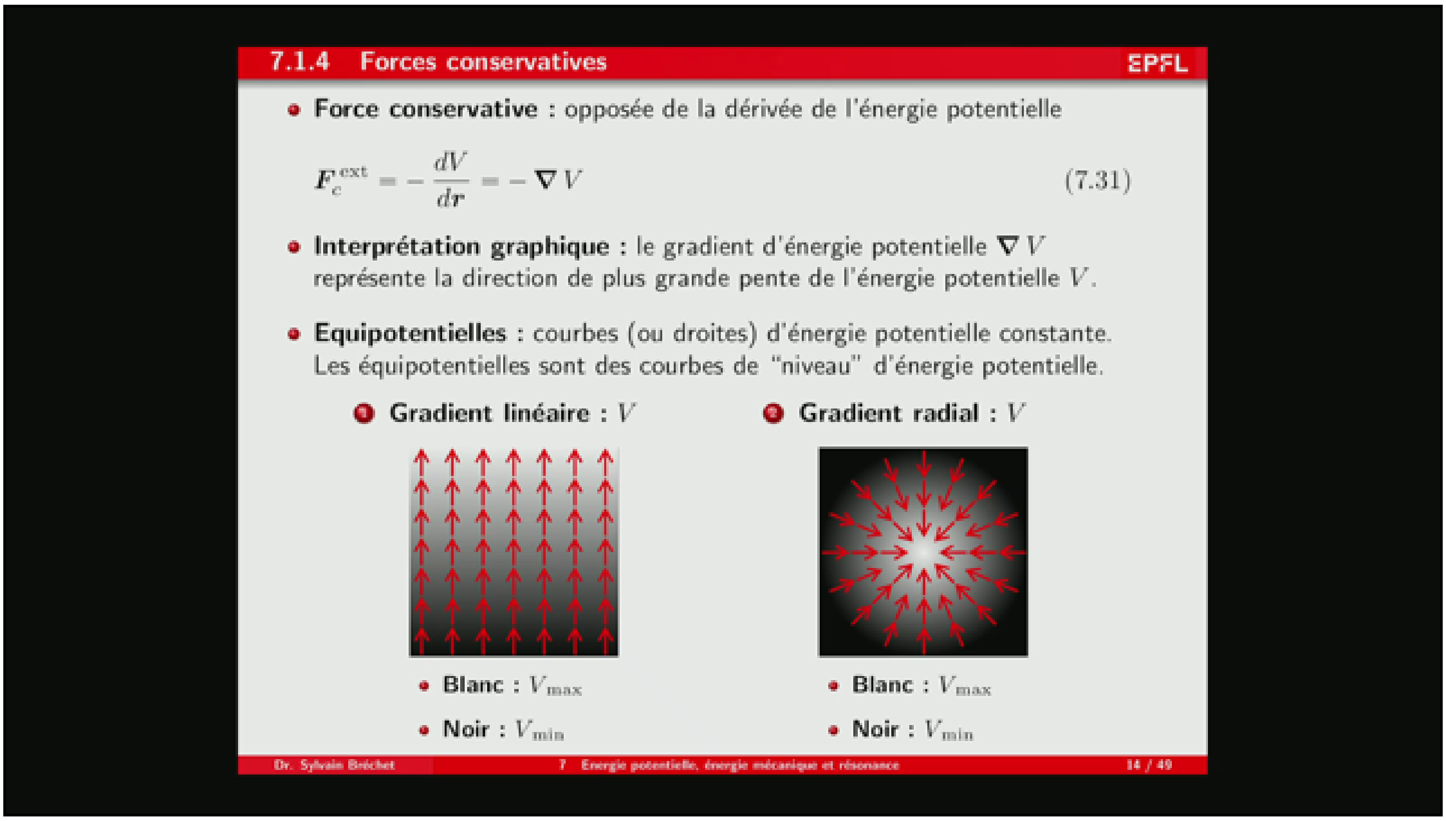


que c'est le rayon si vous voulez dans le plan x y et l'angle phi qui me décrit comme ro par exemple tourne autour de z si pardon si dans le plan x y on a z est égalité exactement ça c'est le si z est constant par exemple au zéro on a le cas particulier de coordonnées polaires ça va aussi si ça constate on peut juste chifter l'origine c'est la même chose donc ça reste constant et on utilise que c'est de là mais en principe oui les coordonnées polaires c'est quand on a juste de ça et puis on a pour l'espérique par exemple on introduit le rayon de la sphère entendez-moi puis on a à ce moment-là si on bouge sur l'unisphère vous voyez immédiatement qu'on peut tourner comme ça mais on peut aussi tourner comme ça donc en principe il y a toujours deux rotations qui doivent se mélanger pour pouvoir décrire un mouvement sur la surface d'unisphère donc c'est pour ça qu'on définit l'angle phi qui décrit comme la projection de r sur le plan x,y change dans le temps et puis on a l'angle theta qui est définie par la projection du point matériel position du point matériel sur l'arc z comme ça change dans cette direction-là donc ça ce sont les deux types de coordonnées entre que les cartes qu'on va utiliser avec comme votre collègue à suggérer ce qu'on appelle les coordonnées polaires et ce sont des cas particuliers par exemple du cylindrique avec z constant donc ça c'est les coordonnées mais comme je dis pour bien décrire tout ça je dois aussi introduire des vecteurs qui me décrit ce que j'ai écrit ici je dois introduire une base donc un système de trois vecteurs orthonormé et je dois le faire avec le choix que chaque vecteur cette base est parallèle à la variation de la position d'une de ces variables

notes

résumé

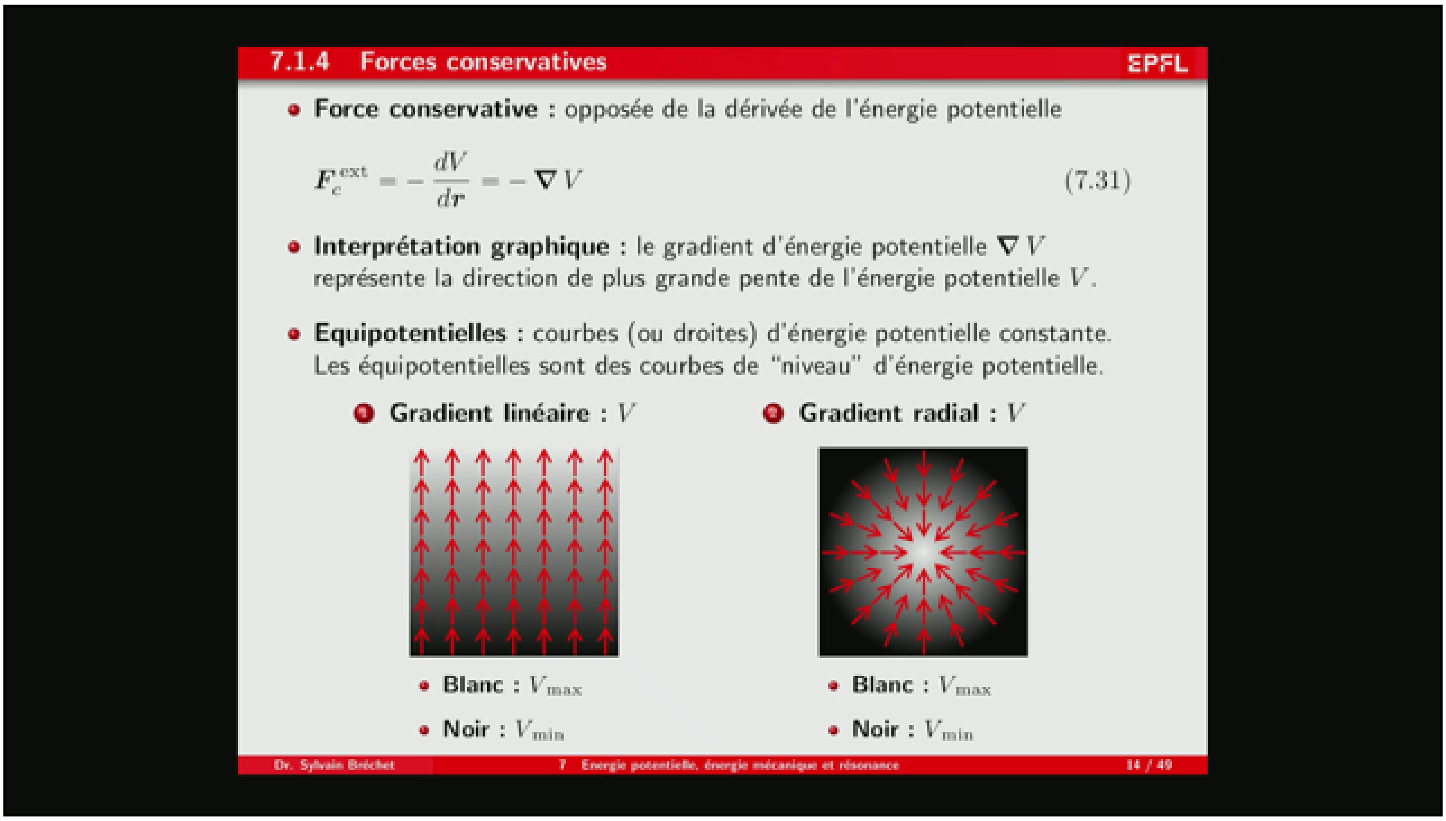
45m 45s



donc ce que ça signifie ça signifie que ici par exemple j'ai rô je dois introduire donc rô ça me définit si vous voulez le mouvement dans cette direction-là d'accord donc je dois introduire un vecteur unitaire qui est parallèle à cette variation-là puis z il me définit la position comme ça donc je dois introduire un vecteur unitaire qui est parallèle à cette variation et finit le mouvement comme ça donc je dois introduire un vecteur qui est parallèle à cette variation donc si je fais ça ça c'est les 3 vecteurs unitaire que je dois introduire dans le cas des coordonnées cylindriques et rô qui est parallèle à la variation selon la variable rô e z qui est le vecteur unitaire parallèle à la variation z et puis j'ai e phi que c'est le vecteur unitaire parallèle à la direction de phi phi c'est l'angle comme ça d'accord même chose pour les coordonnées sphériques j'ai 3 paramètres r, phi et phi donc là aussi je dois introduire une nouvelle base donc 3 vecteurs ordres normés et chacun de ces vecteurs doit être parallèle à la variation d'une des variables correspondantes donc vu qu'il y a r qui me décrit ce mouvement comme ça je dois introduire e r qui est parallèle à r puis je peux tourner comme ça qui a du a phi donc je dois introduire le vecteur unitaire e phi qui est tangente à la trajectoire si c'est juste phi qui change et puis je dois introduire e theta qui est parallèle ici à la variation de l'angle theta s'il n'y a que theta qui change mon point matériel il va faire ce mouvement là donc la variation tangente à theta elle est exactement dans cette direction vous êtes d'accord ? donc ça c'est la façon pour laquelle on introduit ces nouvelles bases donc ces 3 vecteurs ordres normés mais qui sont si vous voulez

notes

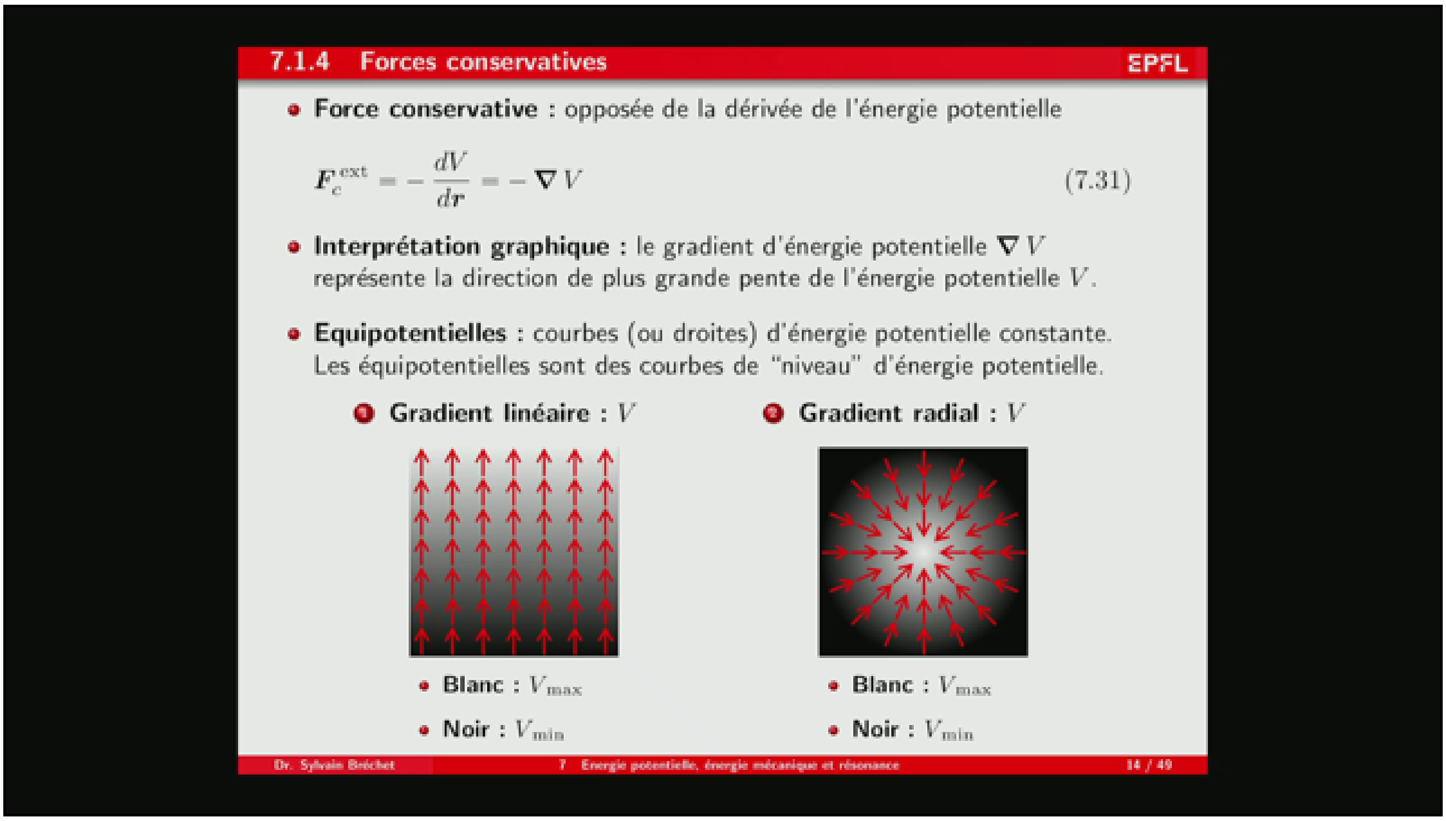
résumé



suivre le mouvement de mon point matériel et des fois on verra des exemples c'est beaucoup plus facile d'utiliser ça que non les répairs cartesiennes donc x,y,z pour décry le mouvement ça on le verra la prochaine semaine est-ce qu'il y a des questions ? peut-être le dernier point sur lequel je dois être vraiment précis donc parce qu'on verra puis dans la suite qu'on aura des répairs dans laquelle l'origine est ici pour l'instant donc on introduit ces 3 vecteurs que j'ai dessiné sur le point matériel mais en réalité eux ils ont le centre ici donc ça si vous voulez je dois les déplacer là donc si vous voulez c'est une base ou on peut le considérer aussi comme un répair mais qu'il y a la même origine là que le système d'axe cartesien ça doit être important donc il ne faut pas penser que le point matériel c'est l'origine de cette nouvelle système de coordonnée j'ai juste dessiné ici par simplicité pour vous montrer qu'elle décrit bien le fait que le vecteur est parallèle à la variation de la variable correspondante mais en réalité les 3 vecteurs sont centrés ici et les 3 vecteurs là sont centrés ici d'accord ? pour l'instance comme ça même si je l'ai mis là pour simplicité de vous montrer ce concept parce que puis on verra que si on met le centre là le centre il est en rotation par exemple donc il faut aussi décrit comme le centre de deux refaires et son mouvement entre eux et donc ça introduit des complexités dans la description mais pour l'instant les deux centres sont identiques ok merci je sais pas si vous avez des questions sinon on fait notre pause et puis je vais vous montrer ce que je vais vous montrer pour l'instant je vais vous montrer ce que je vais vous montrer pour l'instant je vais vous montrer ce que

notes

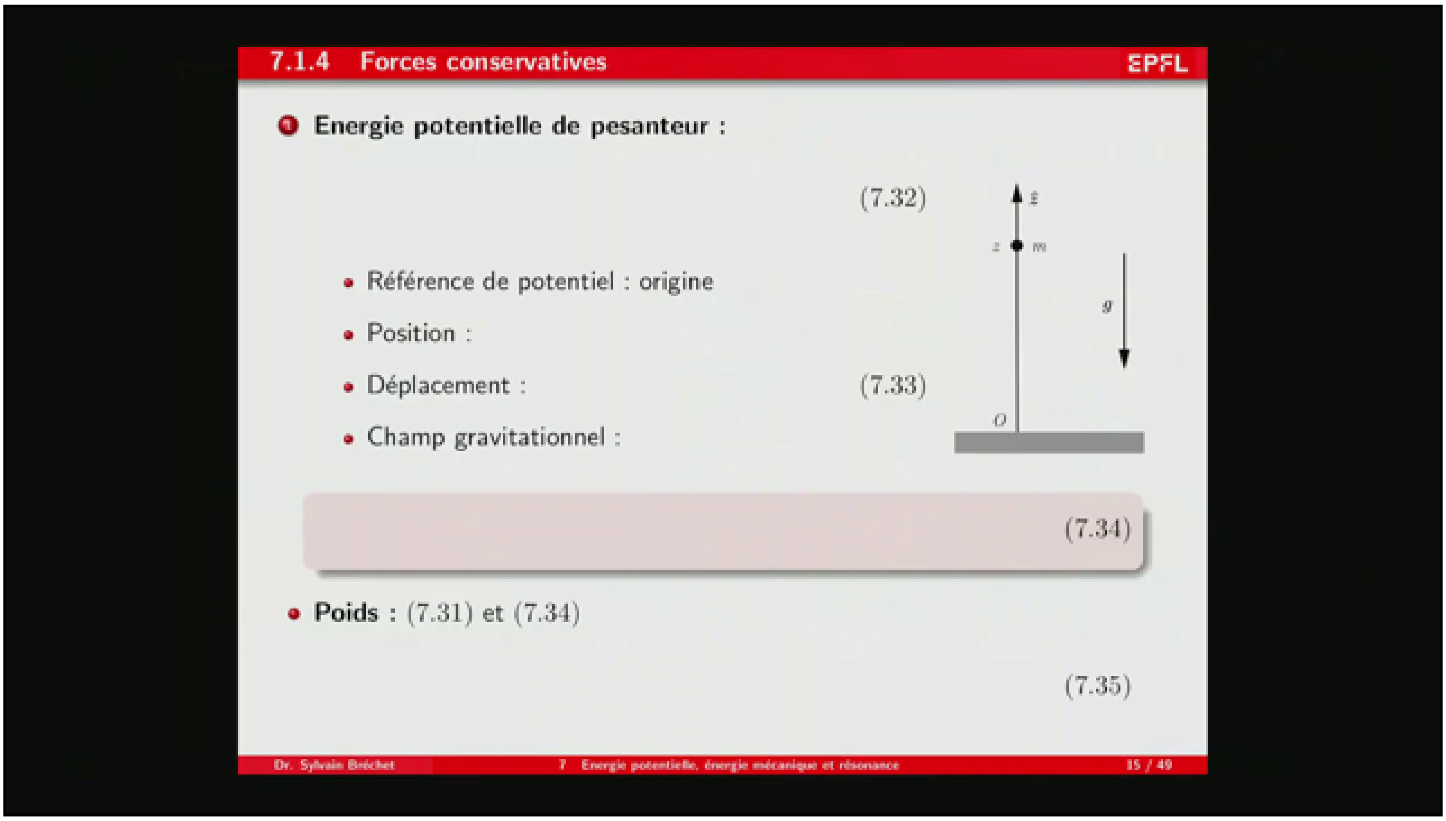
résumé



je vais vous montrer pour l'instant je vais vous montrer ce que je vais vous montrer pour l'instant je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer

notes

résumé

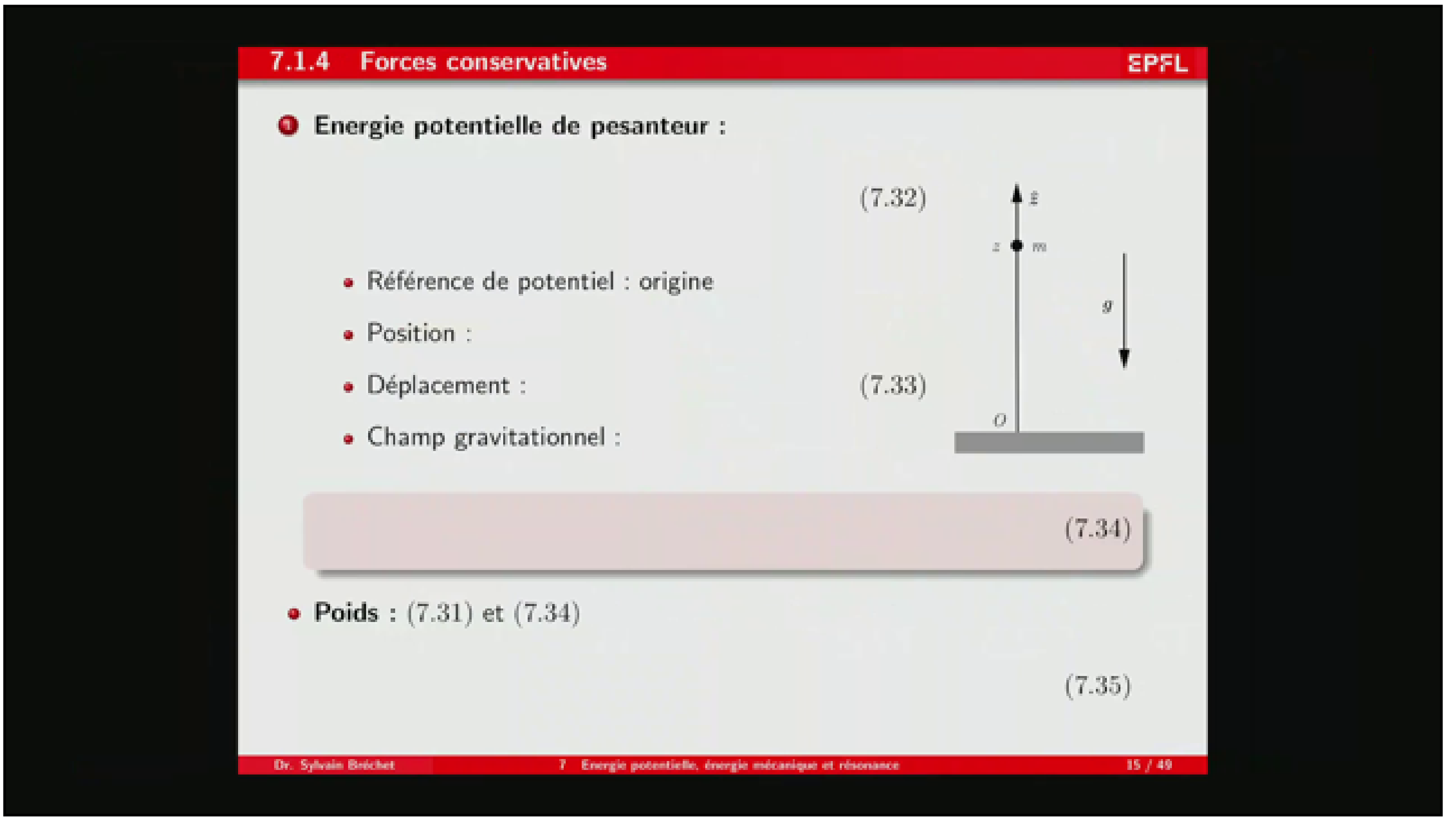


ce que je vais vous montrer ce que

notes

résumé

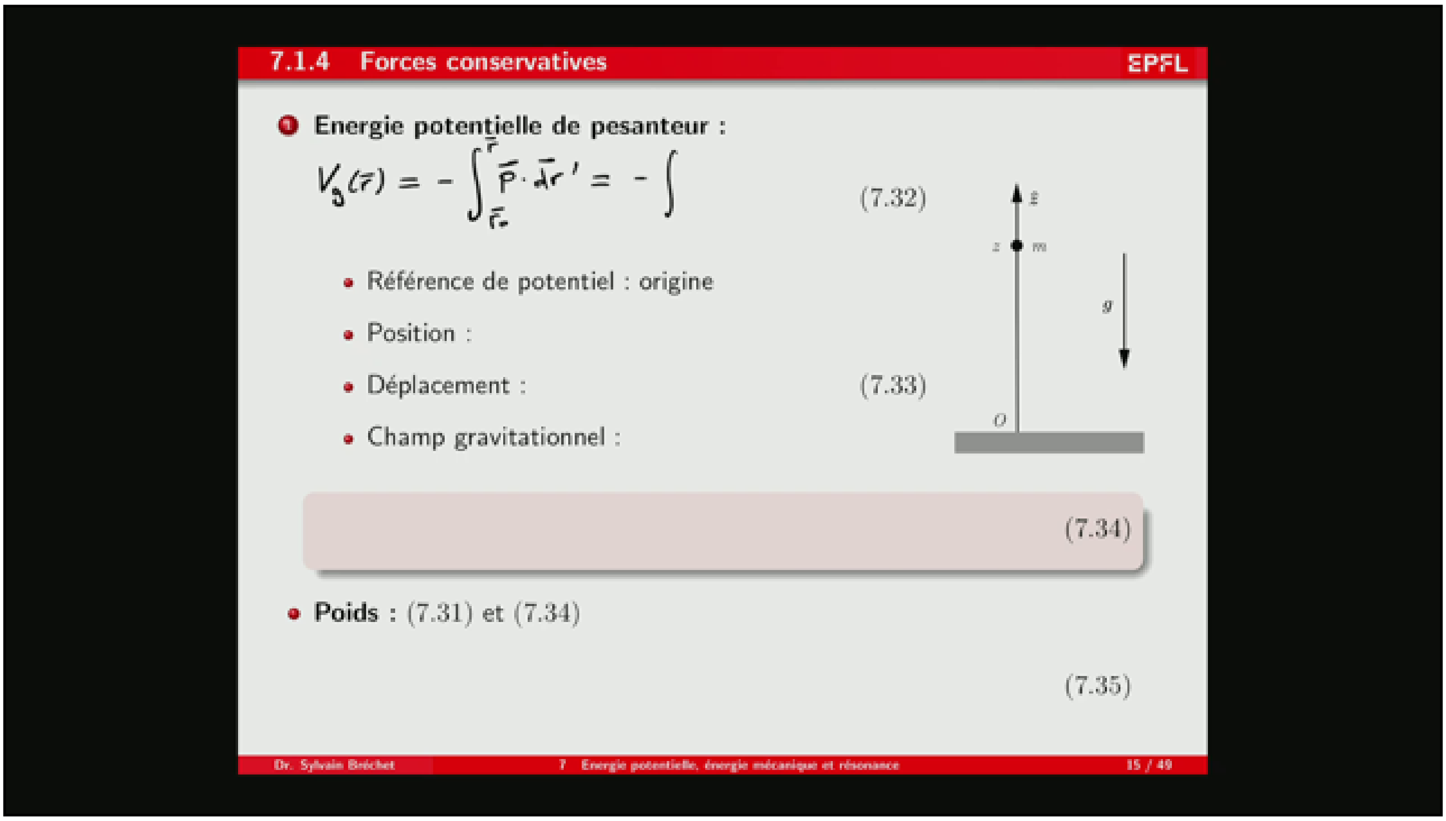
53m 13s



je vais vous montrer ce que je vais vous montrer

notes

résumé

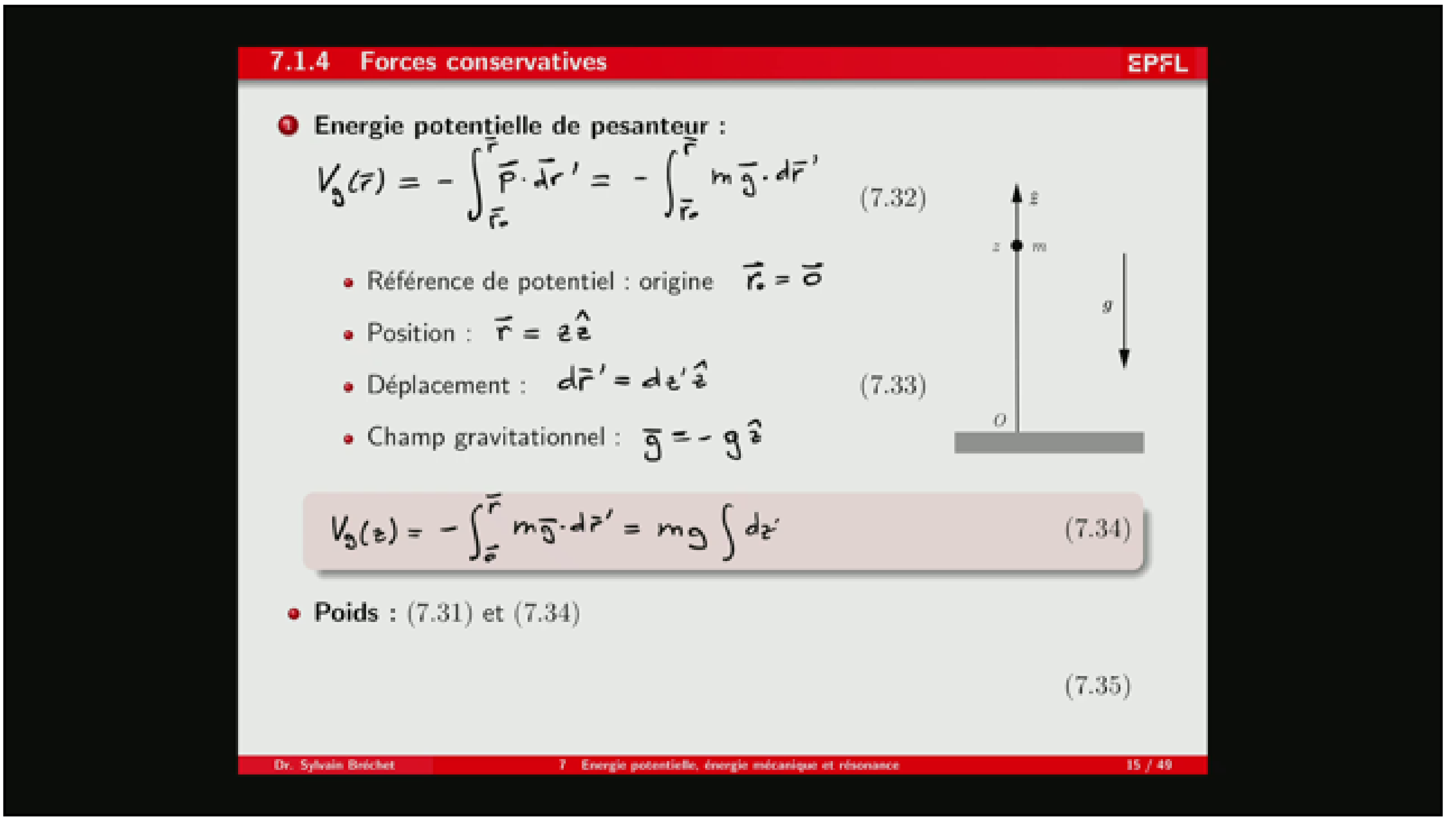


ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer

notes

résumé

55m 48s



ce que je vais vous montrer ce que

notes

résumé

56m 47s

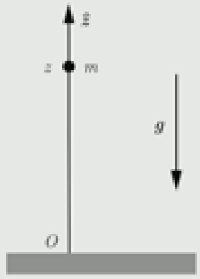
7.1.4 Forces conservatives

EPFL

1 Energie potentielle de pesanteur :

$$V_g(\vec{r}) = -\int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} \vec{P}\cdot d\vec{r}\,' = -\int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} m\,\vec{g}\cdot d\vec{r}\,' \qquad (7.32)$$

- Référence de potentiel : origine $\vec{r}_0 = \vec{0}$
- Position : $\vec{r} = z\,\hat{z}$
- Déplacement : $d\vec{r}\,' = dz'\,\hat{z}$ (7.33)
- Champ gravitationnel : $\vec{g} = -g\,\hat{z}$



$$V_g(z) = -\int_{\vec{0}}^{\vec{r}} m\,\vec{g}\cdot d\vec{r}\,' = mg\int dz' \qquad (7.34)$$

- **Poids :** (7.31) et (7.34)

(7.35)

Dr. Sylvain Bréchet — 7 Energie potentielle, énergie mécanique et résonance — 15 / 49

je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer

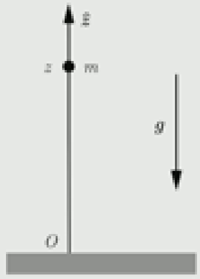
notes

résumé

- **Energie potentielle de pesanteur :**

$$V_g(\vec{r}) = -\int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} \vec{P}\cdot d\vec{r}\,' = -\int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} m\vec{g}\cdot d\vec{r}\,' \quad (7.32)$$

  - Référence de potentiel : origine $\vec{r}_0 = \vec{0}$
  - Position : $\vec{r} = z\hat{z}$
  - Déplacement : $d\vec{r}\,' = dz'\hat{z}$ (7.33)
  - Champ gravitationnel : $\vec{g} = -g\hat{z}$



$$\boxed{V_g(z) = -\int_{\vec{0}}^{\vec{r}} m\vec{g}\cdot d\vec{r}\,' = mg\int_0^z dz' = mgz} \quad (7.34)$$

- **Poids :** (7.31) et (7.34)

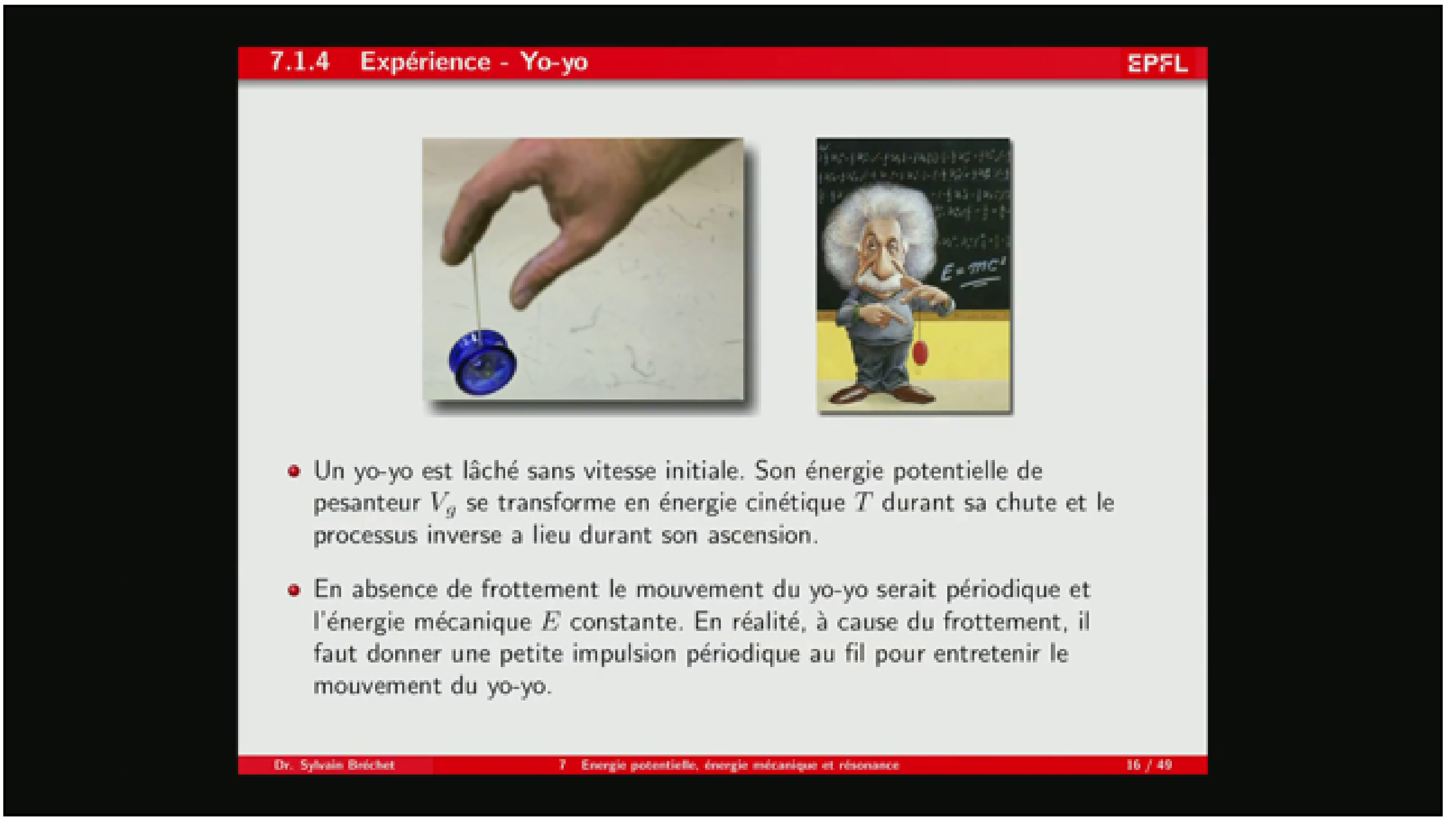
$$\vec{P} = -\vec{\nabla}V_g = -\frac{dV_g}{d\vec{r}} \quad (7.35)$$

ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer

notes

résumé

58m 41s

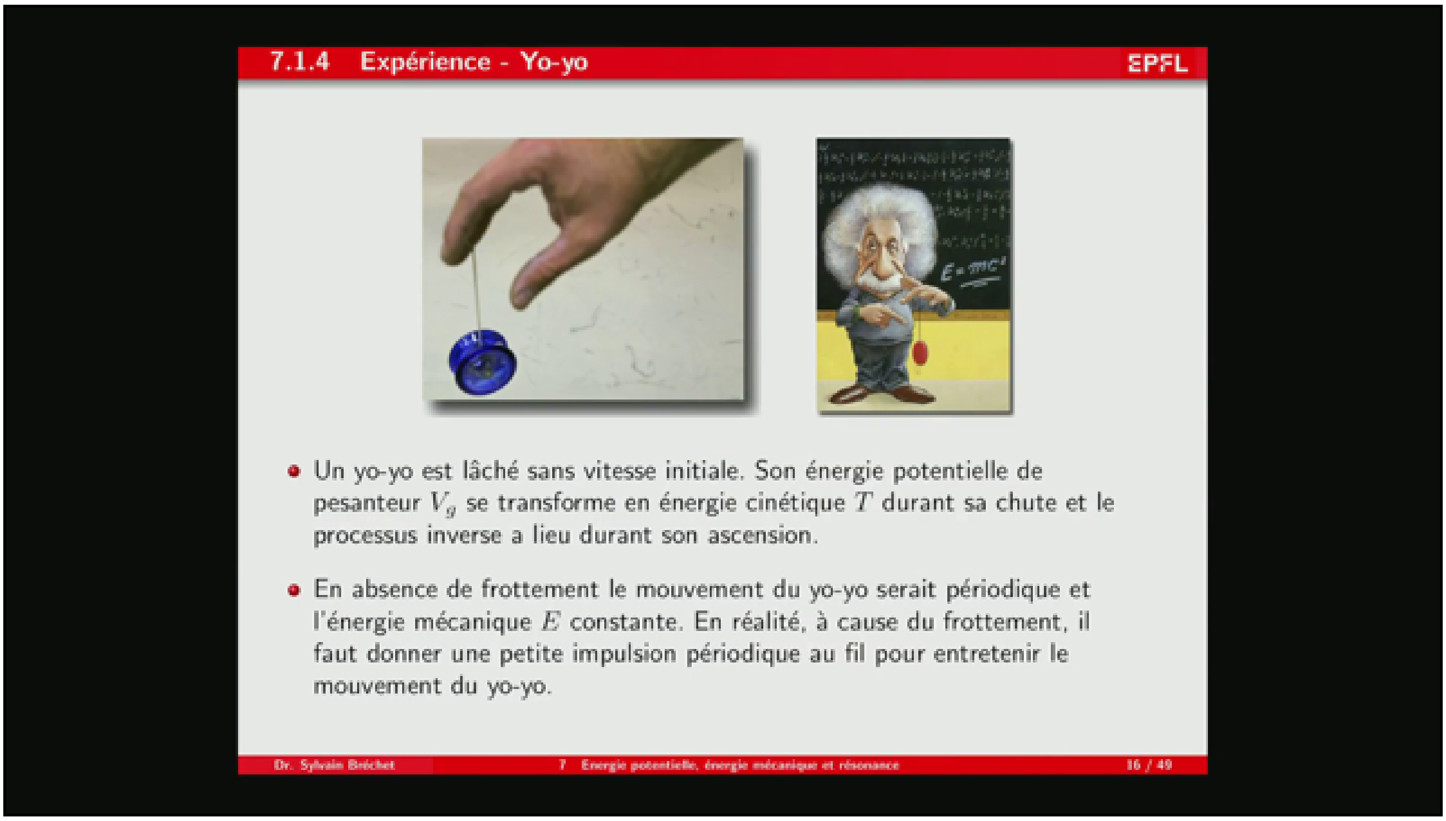


ce que je vais vous montrer ce que

notes

résumé

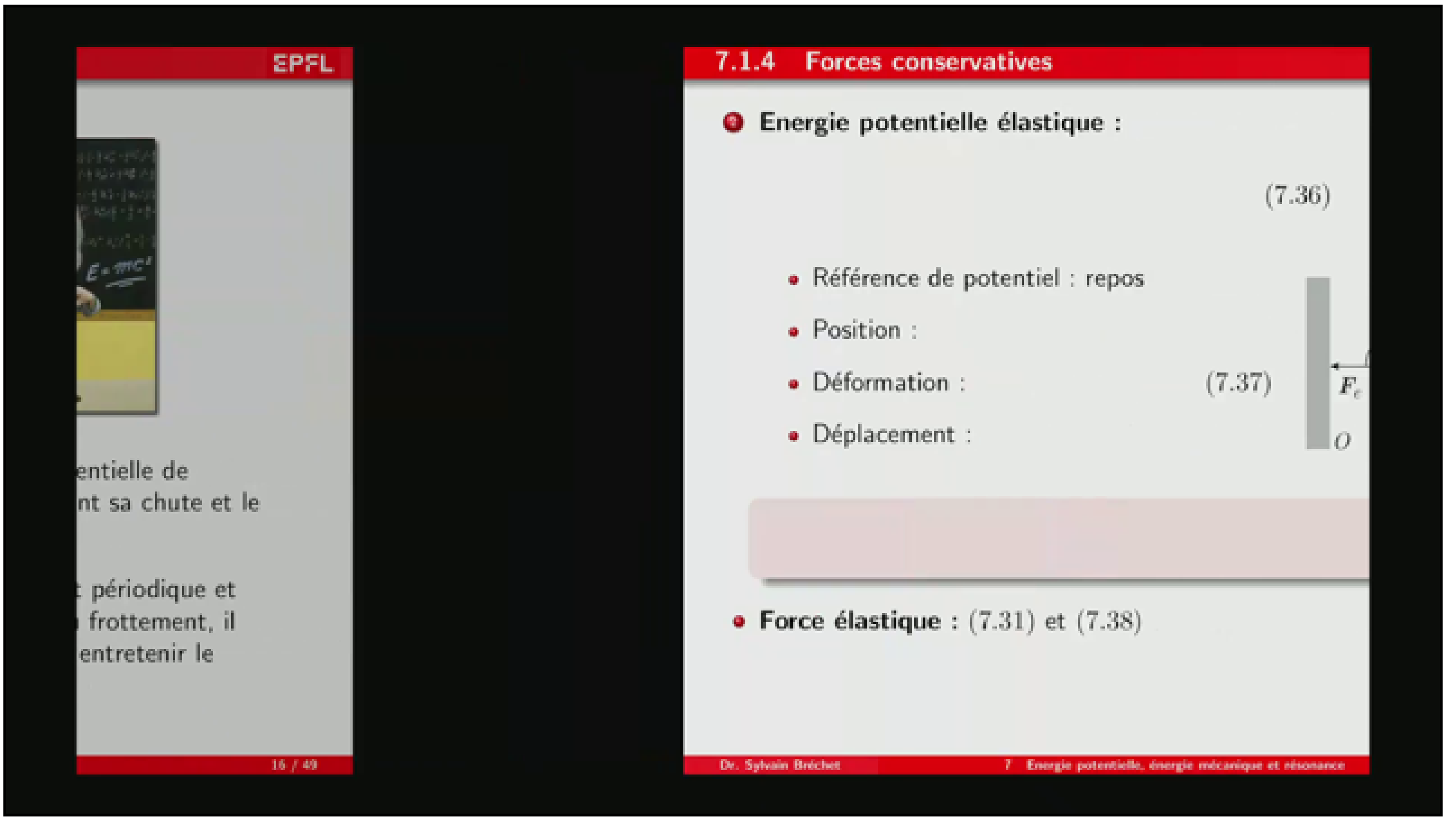
59m 27s



je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que

notes

résumé

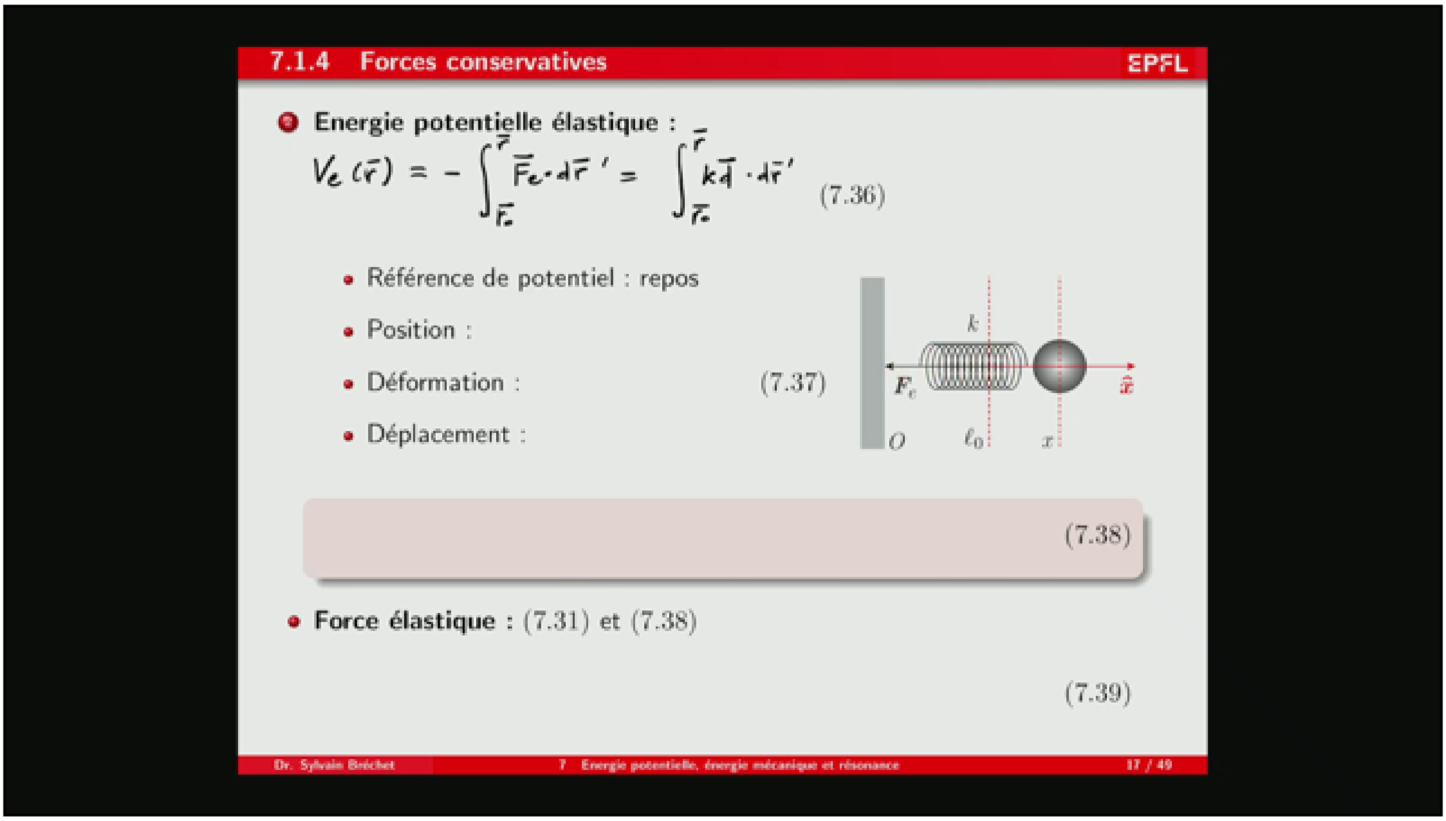


ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer

notes

résumé

62m 23s

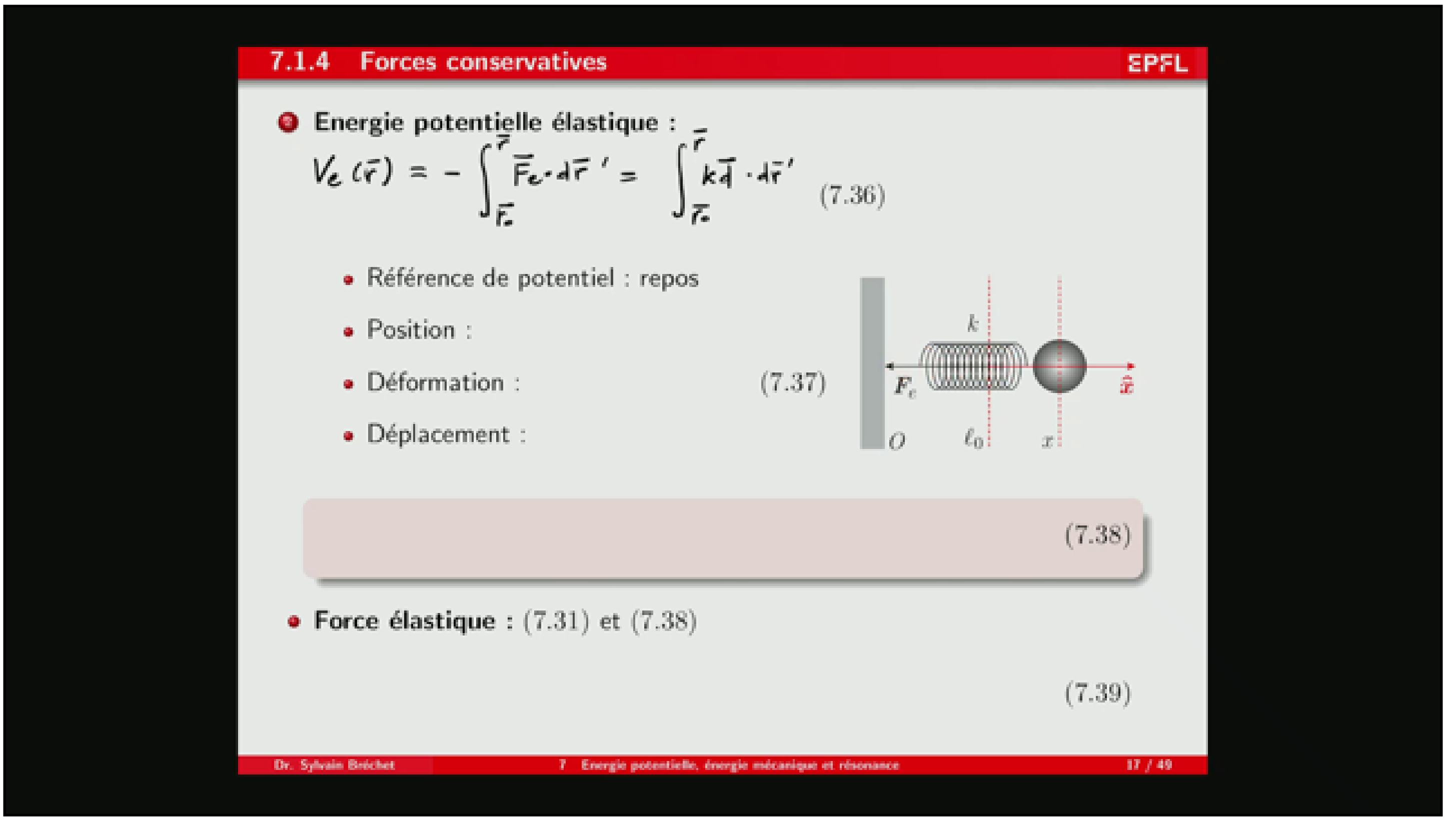


ce que je vais vous montrer ce que

notes

résumé

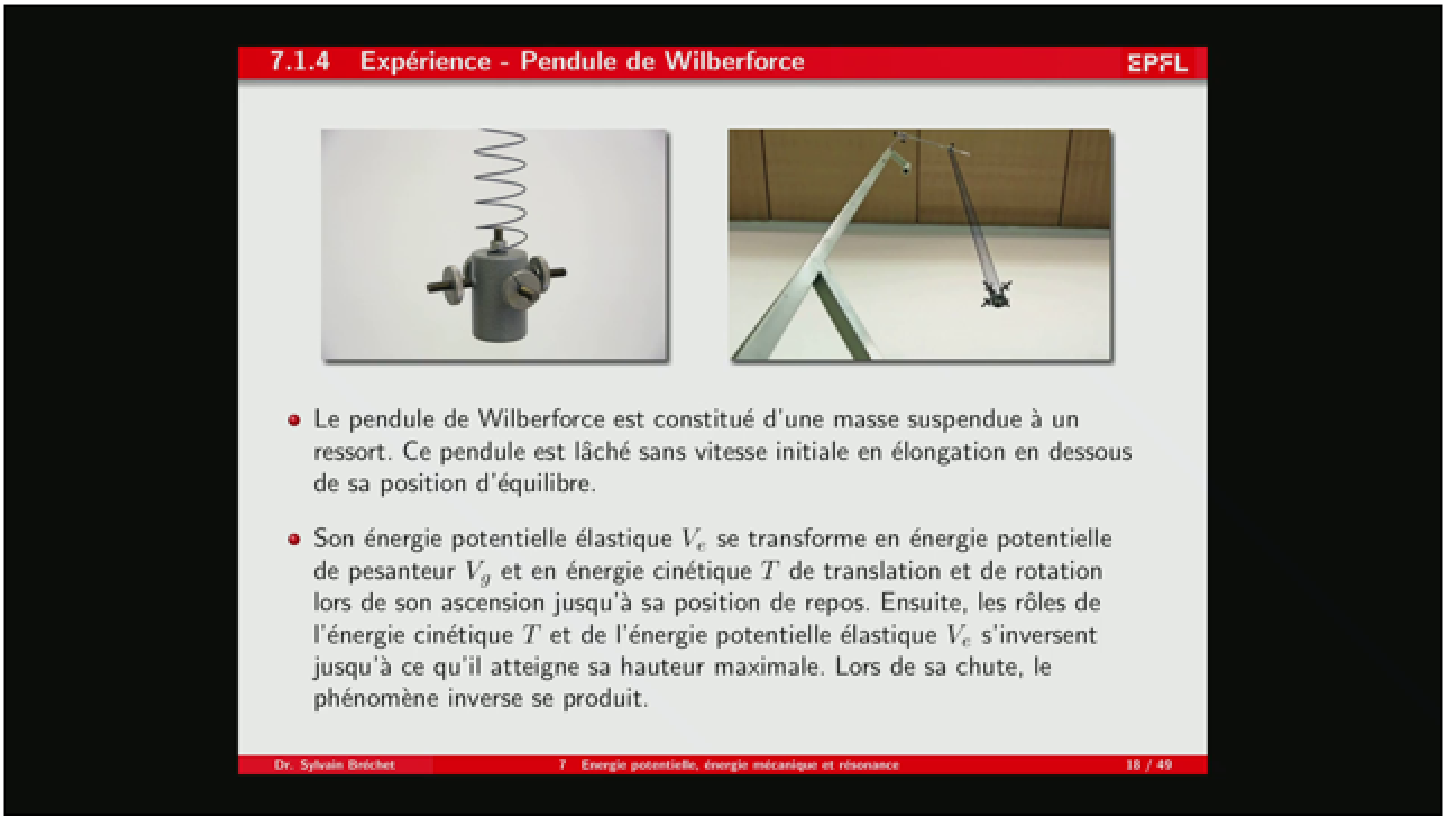
62m 47s



je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer ce que je vais vous montrer

notes

résumé

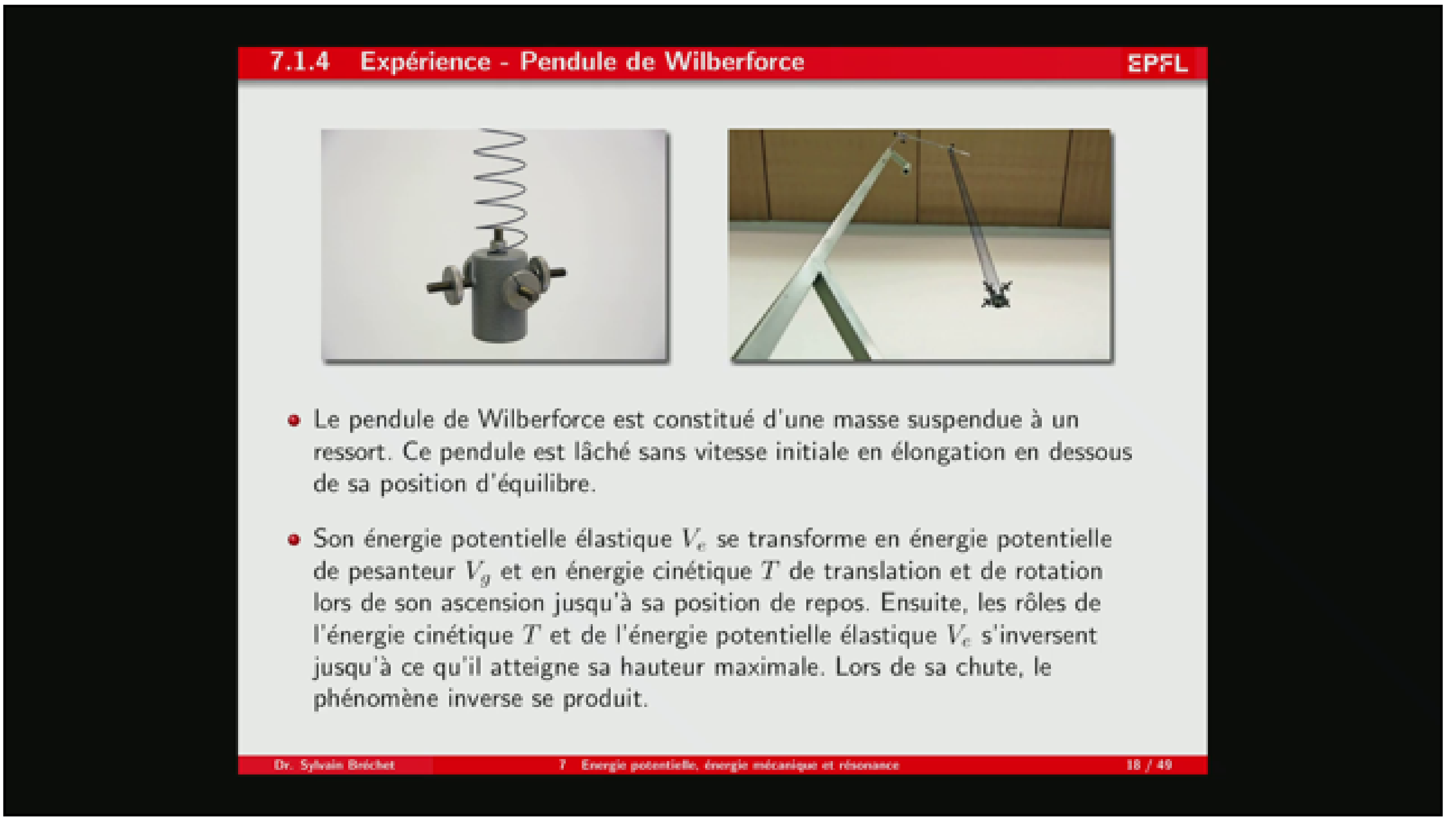


ce que je vais vous montrer voter ou pas voilà très bien merci comme ça je vois que je ne suis pas imprimé alors désolé j'arrête en instant parce que pas tout le monde s'était connecté donc je reviens derrière et on recommence désolé

notes

résumé

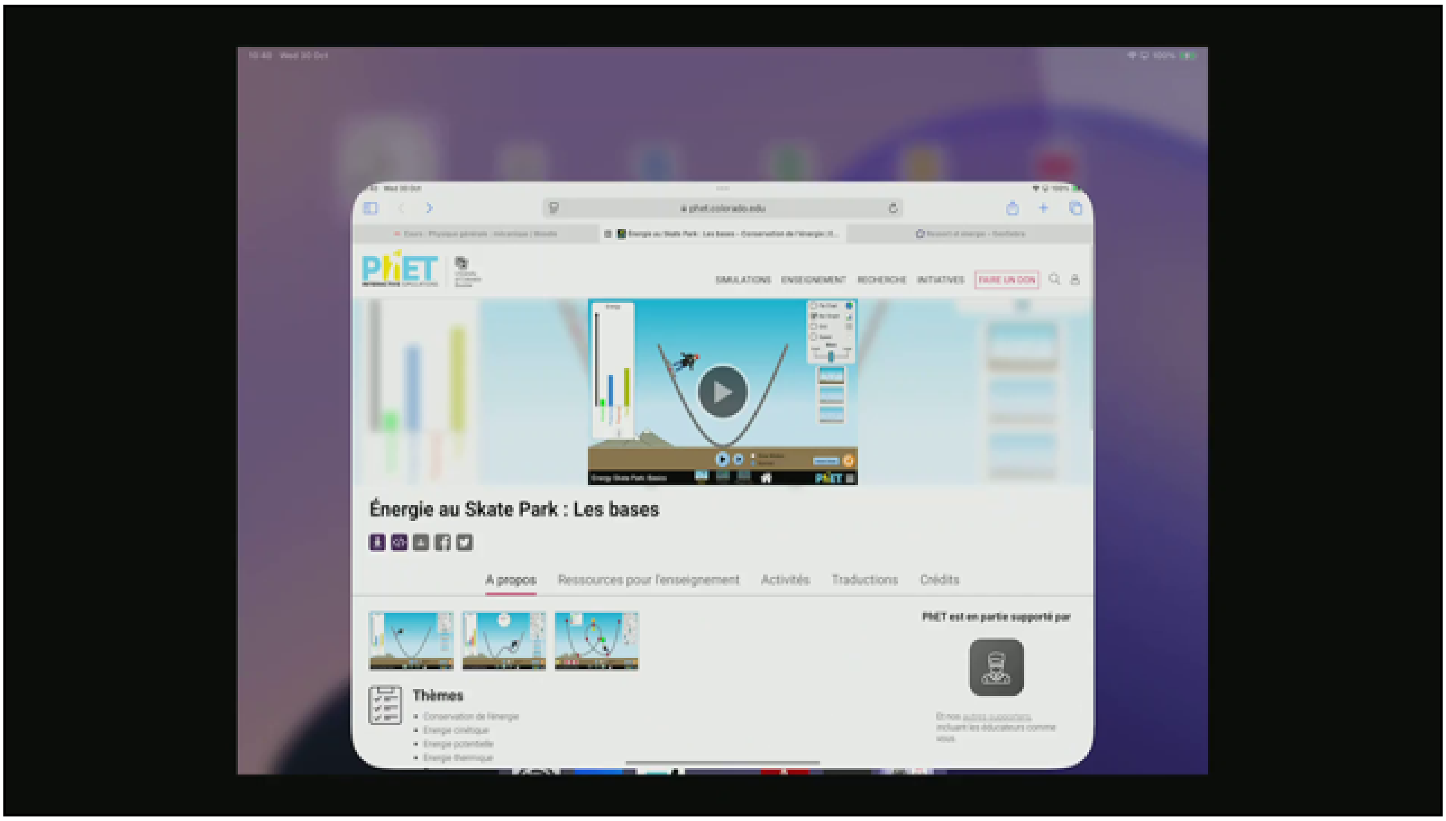
65m 5s



je vu que quelqu'un il était en train de c'est bon tout le monde le site vous êtes tout connecté c'est bon ok donc je reviens là maintenant ça va être bon je dois réouvrir la session à vous de jouer vous pouvez aussi changer à vie pendant le temps donc l'important c'est que ok là ça me semble que vous êtes plus ou moins arrivé à la solution ça bouge plus ça Regardez bien les données que je vous ai données. Donc elle tourne, on est ici dans le plan Tata Tata Tata, il n'y a pas de force poids, mais on a ces conditions là. Et pour vous aider un peu, je vous rappelle qu'un vecteur, il a aussi une norme, donc une longueur. Dans les dessins, le principe de longueur est bien représenté. Je vois que ça fluctue, avec le temps, c'est intéressant. C'est une bonne expérience, je trouve. D'abord on était tout orange, maintenant on est plutôt bleu. Le gris, ça semble clair, ce n'est pas correct. Voilà, ça je vous dis, ce n'est pas correct. Donc je vous donne en aide maintenant. Ce n'est pas le gris, c'est à oubleu ou orange. Ça fluctue encore, l'orange est régant de terrain. Ça y est, vous êtes convaincu? Maintenant je me rends bien que, en qui a voté bleu, en qui a voté orange, je me dis pour qu'à raison, comme ça, on comprend quelque chose. C'est qui qui a voté bleu? Vous me dites pour qu'à raison? Exactement, c'était un peu ça. Le vecteur, comme je dis ici dans le dessin,

notes

résumé

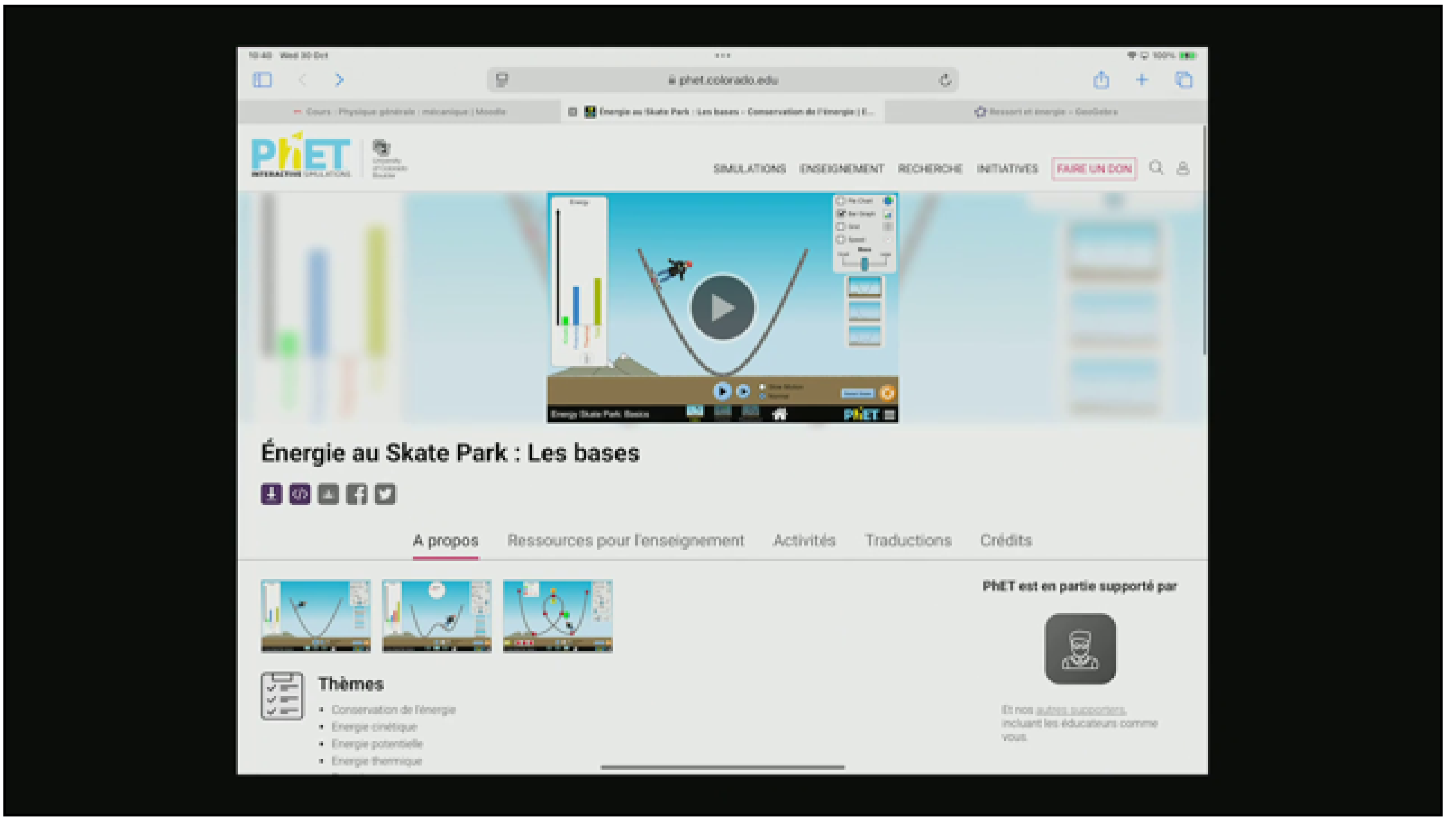


ils sont représentatifs, donc ils ont, je l'ai dessiné avec une longueur qui est la norme du vecteur qui est en échelle, si on veut. Donc vu que l'accélération que

notes

résumé

71m 1s



vous avez dit votre collègue, c'est omega carré xr, omega carré, c'est 4 nombres de r,

notes

résumé

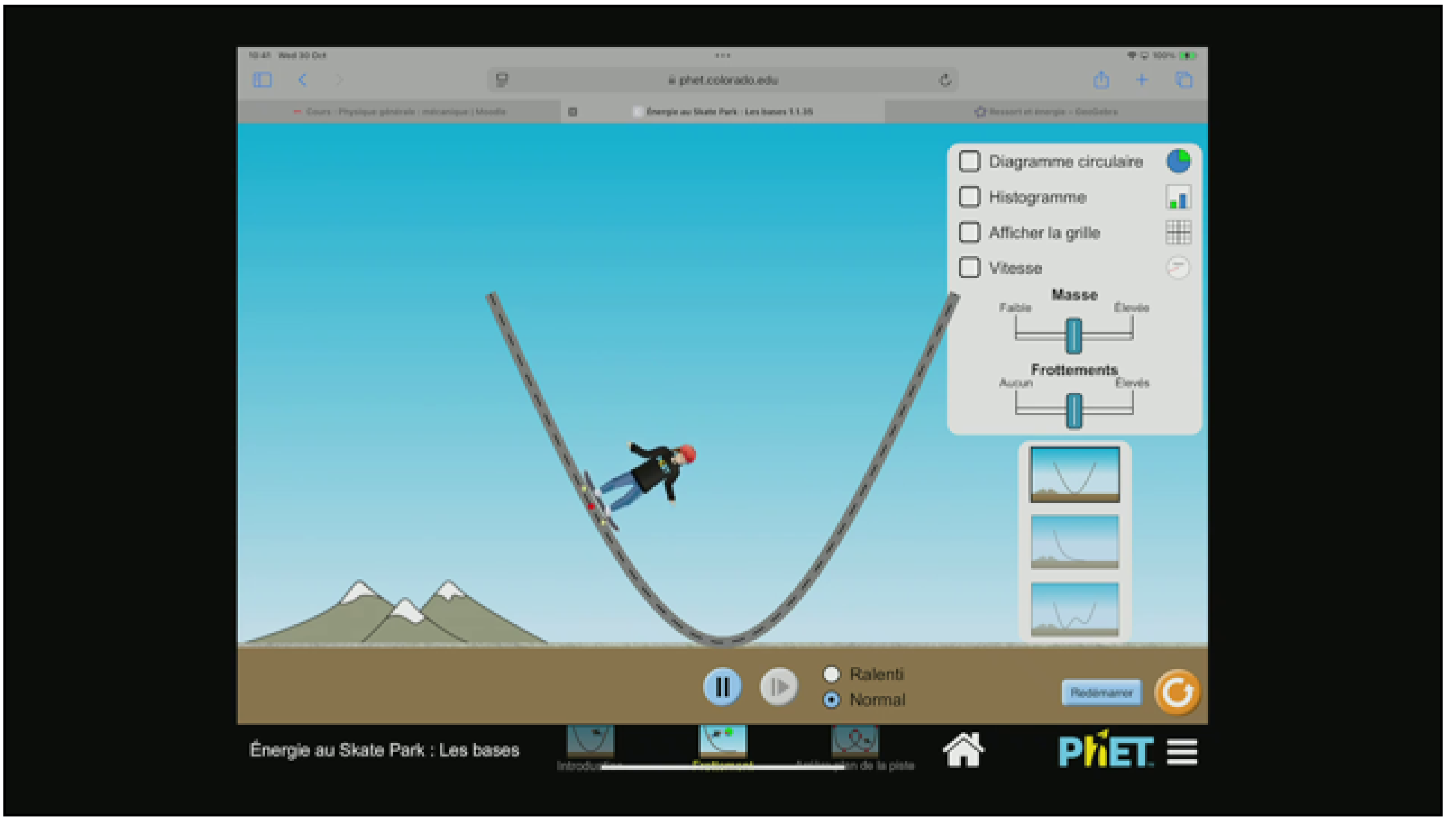
71m 13s

carré, r bon an, donc ça change rien, donc c'est 4 nombres, donc l'accélération, elle a peu près la moitié d'air comme longueur. Donc on doit être là.

notes

résumé

71m 14s

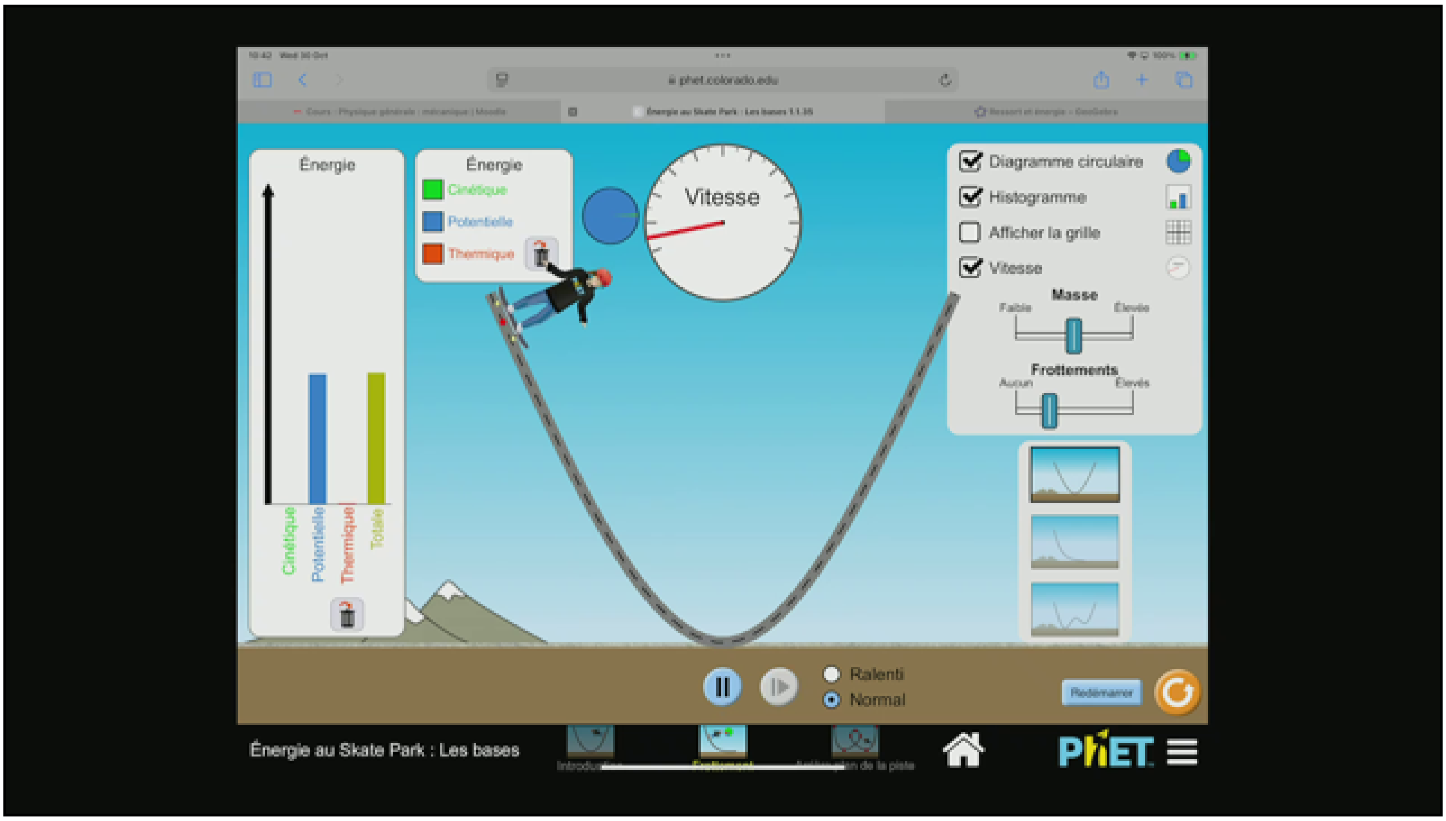


Donc si j'avance, la bonne réponse, Pauline Clauss, c'est A, la bonne réponse. Deuxième

notes

résumé

71m 32s

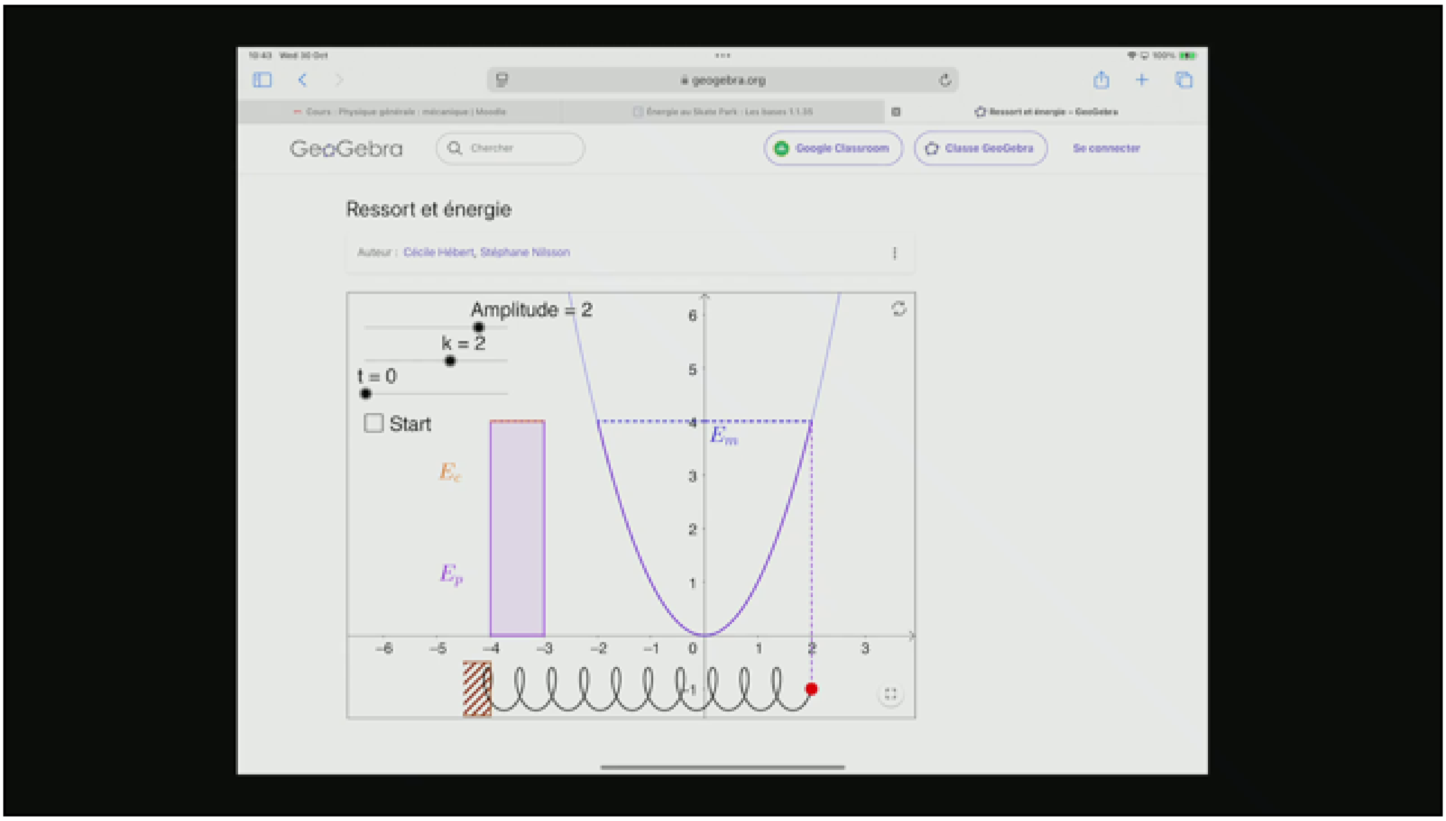


question. En point matériel de masse M, tourne à vitesse constante, cette fois la trajectoire elle est verticale, donc on a aussi la force poignée entre en jeu. Quelle situation est correcte?

notes

résumé

71m 38s

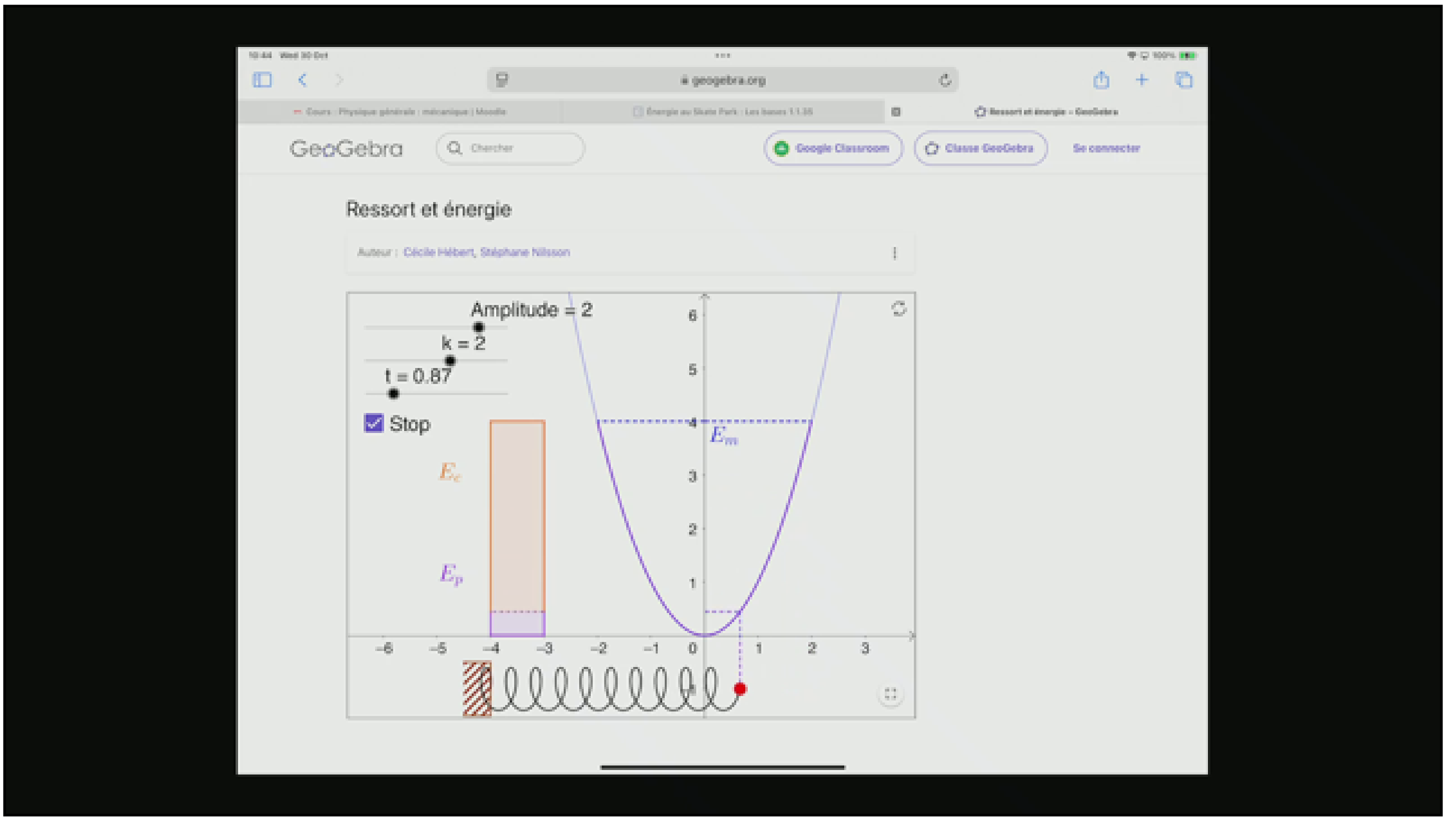


Là c'est partagé, je vois, 50-50. On veut lire bien la vitesse constante sur un rail vertical.

notes

résumé

73m 17s

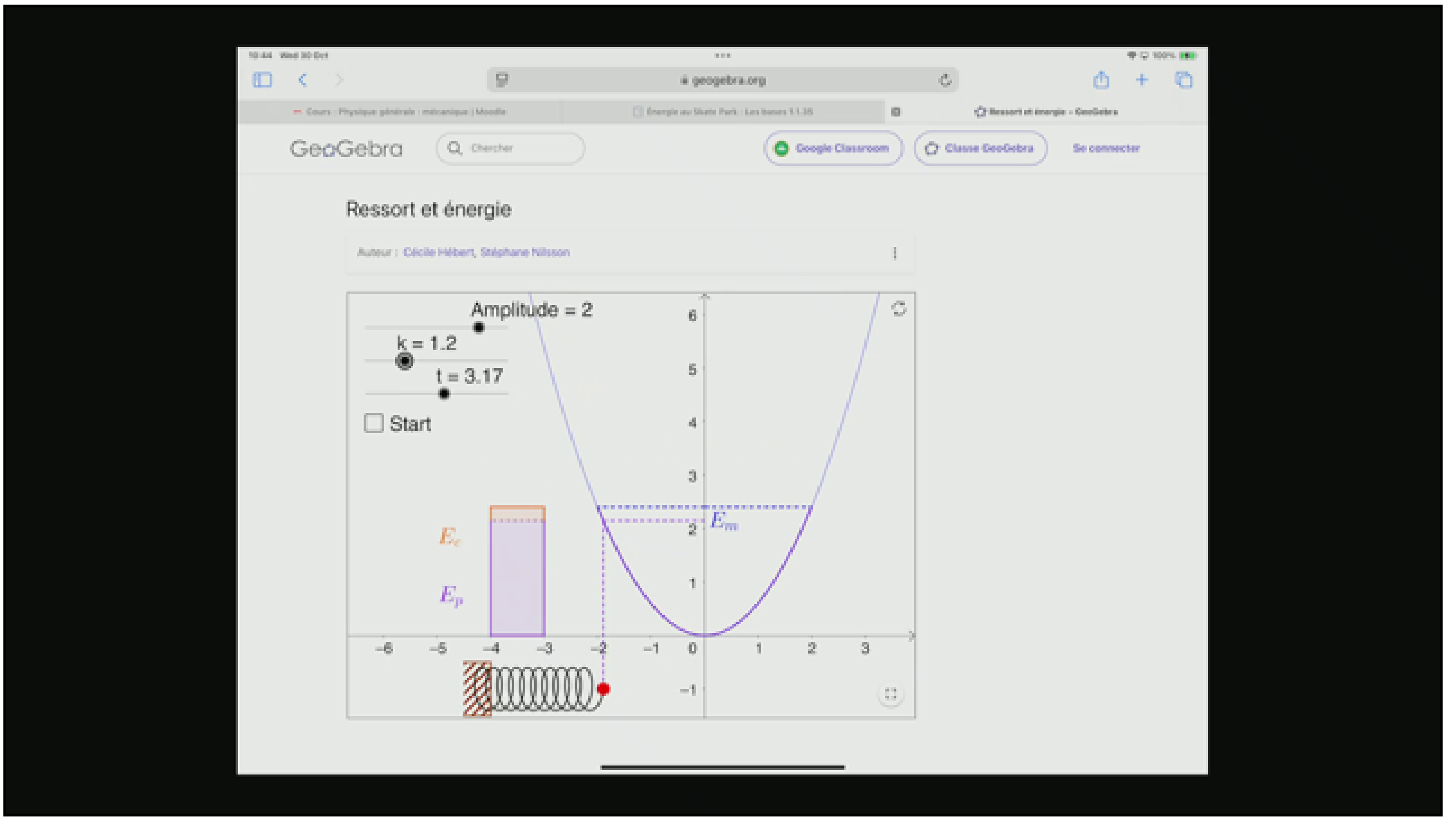


Petite aide, ça c'est faux. Donc en 10% elle peut bouger sur bleu ou orange. Et le couloir de ma t-shirt n'est pas directement lié à la correctesse de la réponse.

notes

résumé

73m 53s



C'est la 2.

notes

résumé

74m 48s

7.1.4 Expérience - Pendule de Wilberforce

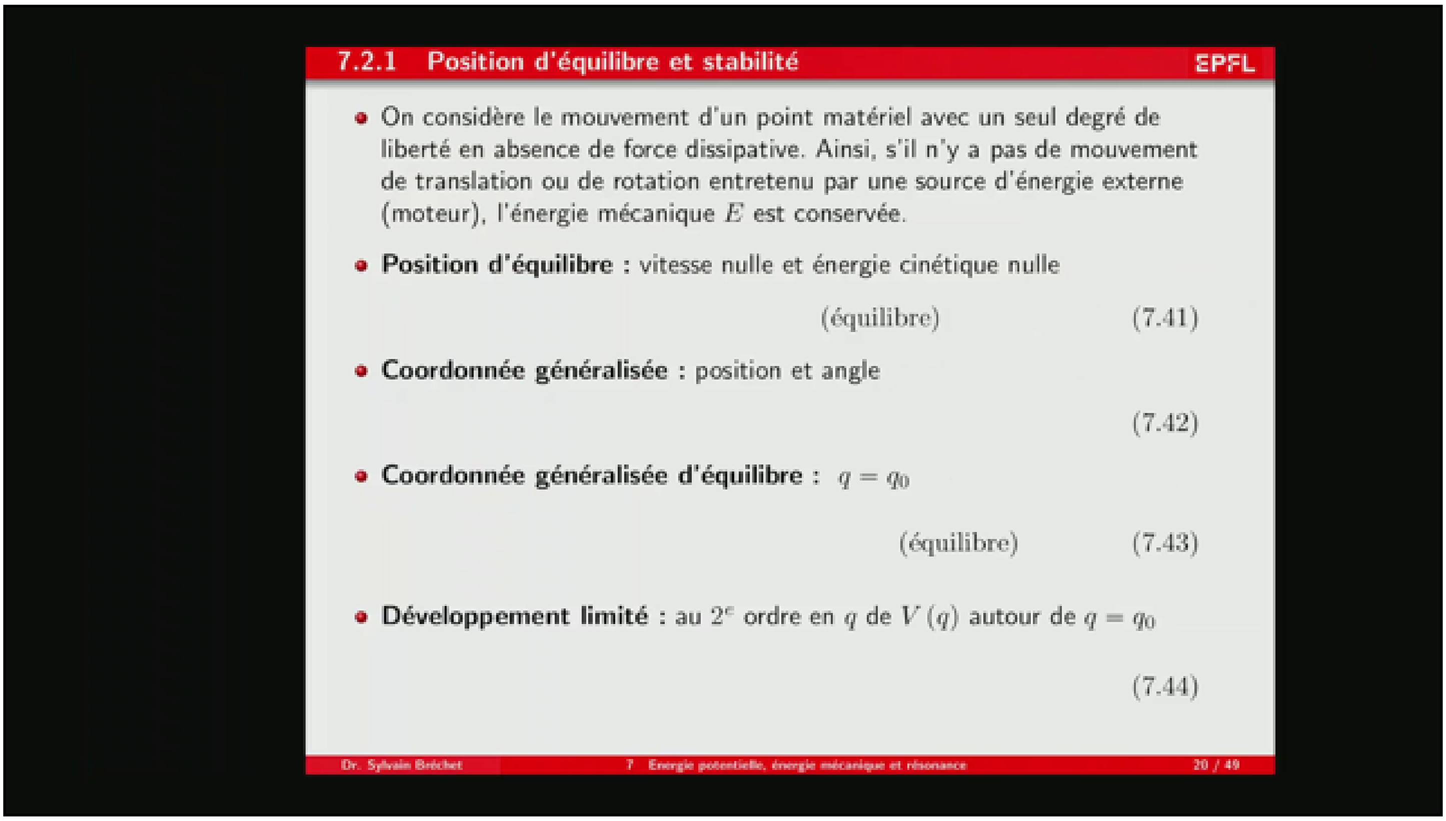
- Le pendule de Wilberforce est constitué d'une masse suspendue à un ressort. Ce pendule est lâché sans vitesse initiale en élongation en dessous de sa position d'équilibre.
- Son énergie potentielle élastique V_e se transforme en énergie potentielle de pesanteur V_g et en énergie cinétique T de translation et de rotation lors de son ascension jusqu'à sa position de repos. Ensuite, les rôles de l'énergie cinétique T et de l'énergie potentielle élastique V_e s'inversent jusqu'à ce qu'il atteigne sa hauteur maximale. Lors de sa chute, le phénomène inverse se produit.

La réponse est parce que ici je vous dis

notes

résumé

75m 10s

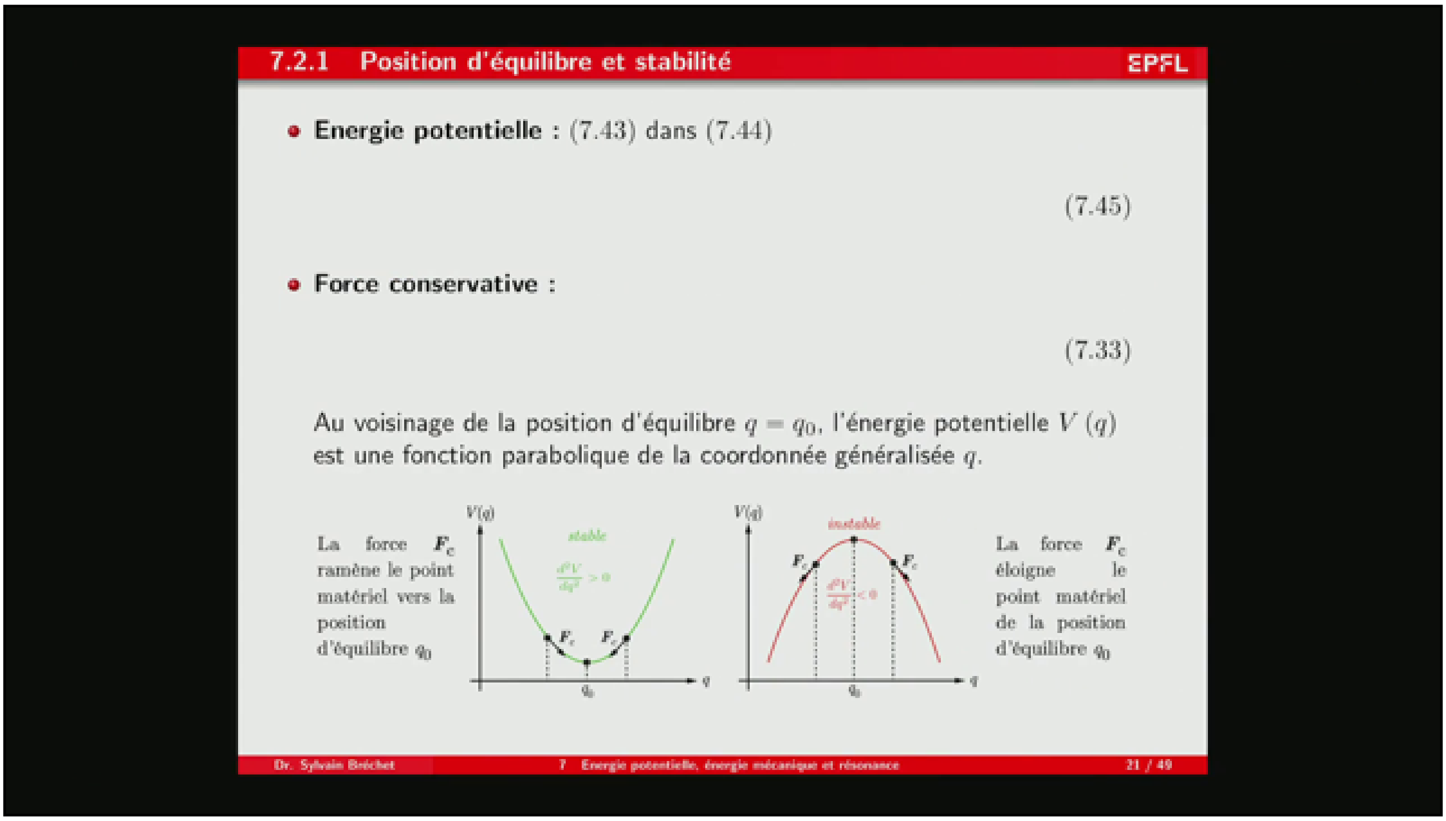


la consigne à vitesse constante.

notes

résumé

75m 23s

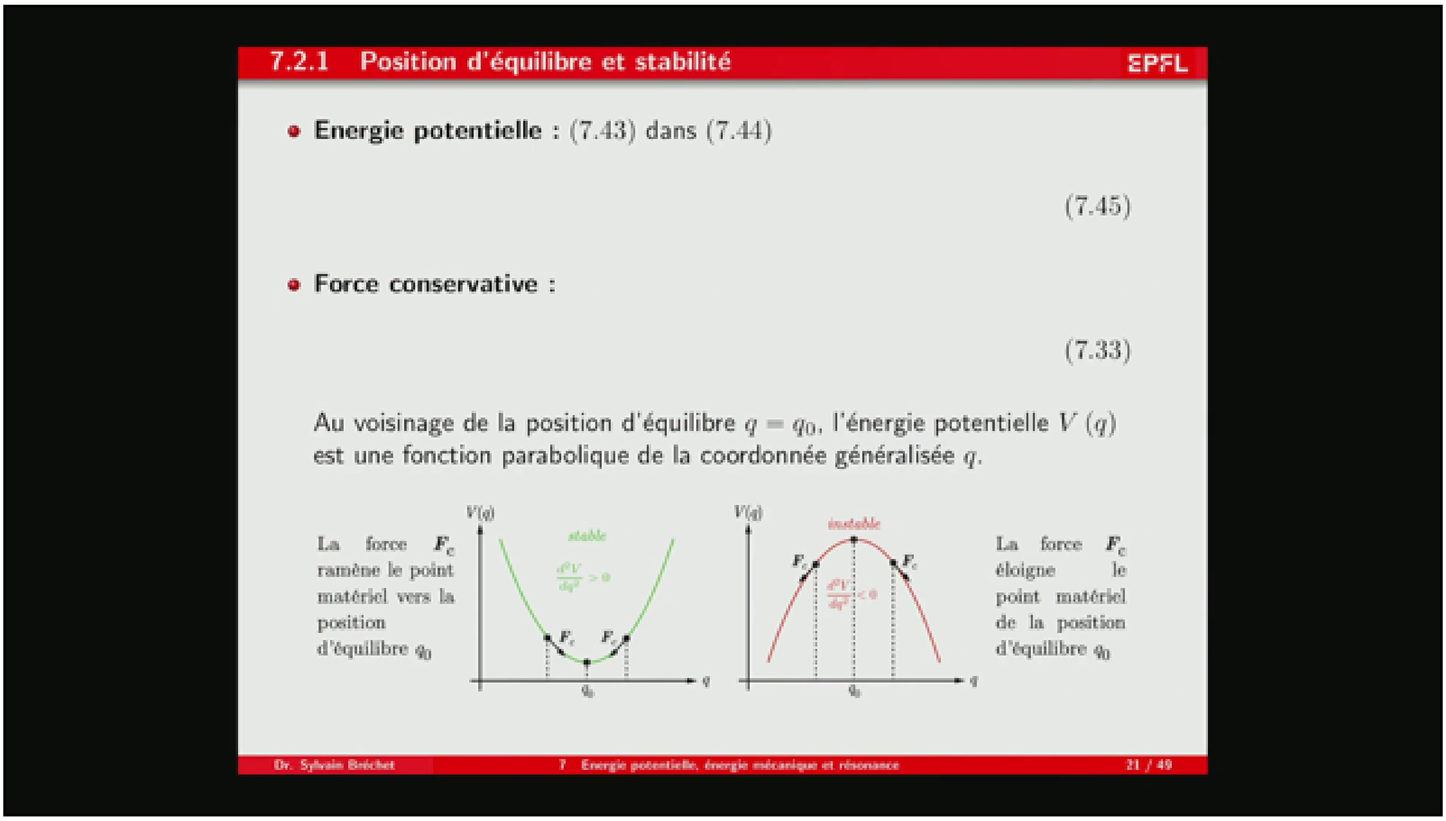


Donc l'accélération centripète est B2÷È. Je suis en train de bouger sur une circonférence donc le rayon est constant. La vitesse est constante donc l'accélération est constante en module. Ici j'ai un peu triché parce que je suis juste mis la force MG mais je crois qu'il y a aussi une force ici, comme je ne sais pas, si je prends ma corde là avec un point. Quand je fais comme ça, il y a la force point qui agit sur mon objet ici, sur mon petit bout de métal, mais il y a aussi la tension du fil. Et les deux forces, il agit en simultané pour faire que la vitesse est constante. Moi je dois changer à chaque moment la tension de ma corde. Si vous faites le test, vous regardez que la tension n'est pas identique à chaque point de la rotation. Il y a des forces différentes donc l'accélération, elle doit compenser pour avoir une accélération constante. Donc l'attention plus MG, donc c'est la somme de 2 forces. Je vous rappelle que Newton nous dit que M1, c'est la somme de tous les forces. Donc en principe je soupçonne qu'il y a une autre force comme la tension du fil tel qu'elle, la somme de la tension plus MG, mais donne une accélération constante pour garder une vitesse constante. D'accord ? Oui parce que la vitesse est constante. Donc là, je ne suis pas en train de faire un mouvement accéléré. En un moment donné j'accélérerai et je garde tout constant. Donc la tension tangentiale était constante. La prochaine question par contre, voilà, ça concerne plutôt ça. Donc là, les exercices maintenant elles suivent. Donc on a un point matériel de M1, accélérer uniformement le long d'une circonférence verticale à nouveau. Quelle situation est correcte ? Donc on part d'ici disons que ça, disons je fais un peu d'accélération, mais ça c'est bon en stant T

notes

résumé

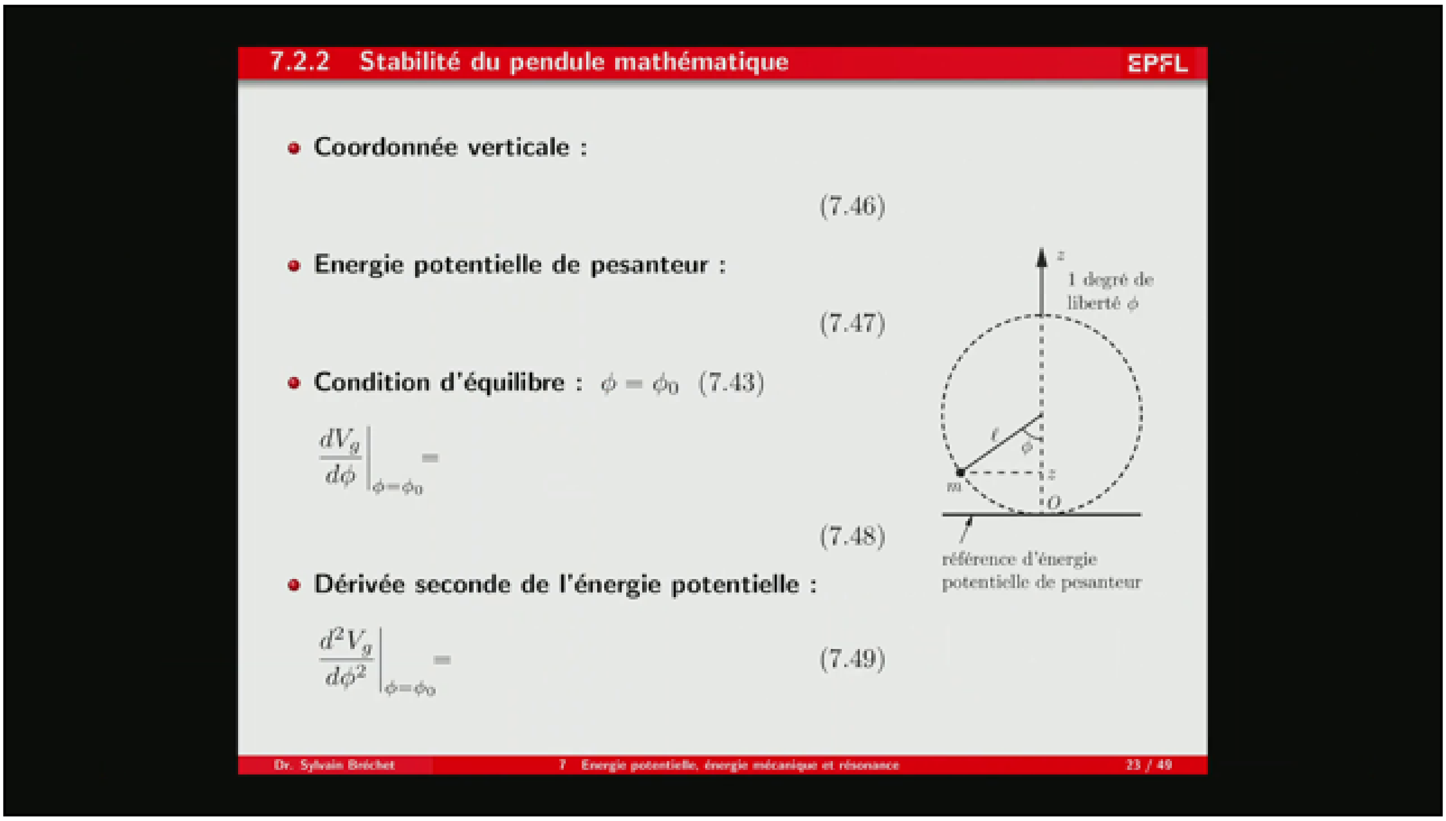
75m 33s



et G0. Et puis il accélère uniformement pour arriver là avec une vitesse qui est à peu près en normes le double, pardon, de la vitesse initiale. Donc quelle de deux situations est correcte ? Oui, c'est correct. Bien entendu vous pouvez poser des questions pendant que vous répondez. C'est le but d'interagir. Oui ? C'est le point initial, ça c'est le T égal à 0 de ce moment d'accélération disons. Ça signifie que l'accélération est constante. Donc la vitesse augmente de façon constante. Pardon, oui. Moi j'indique A, je n'ai pas écrit A, c'est A.

notes

résumé

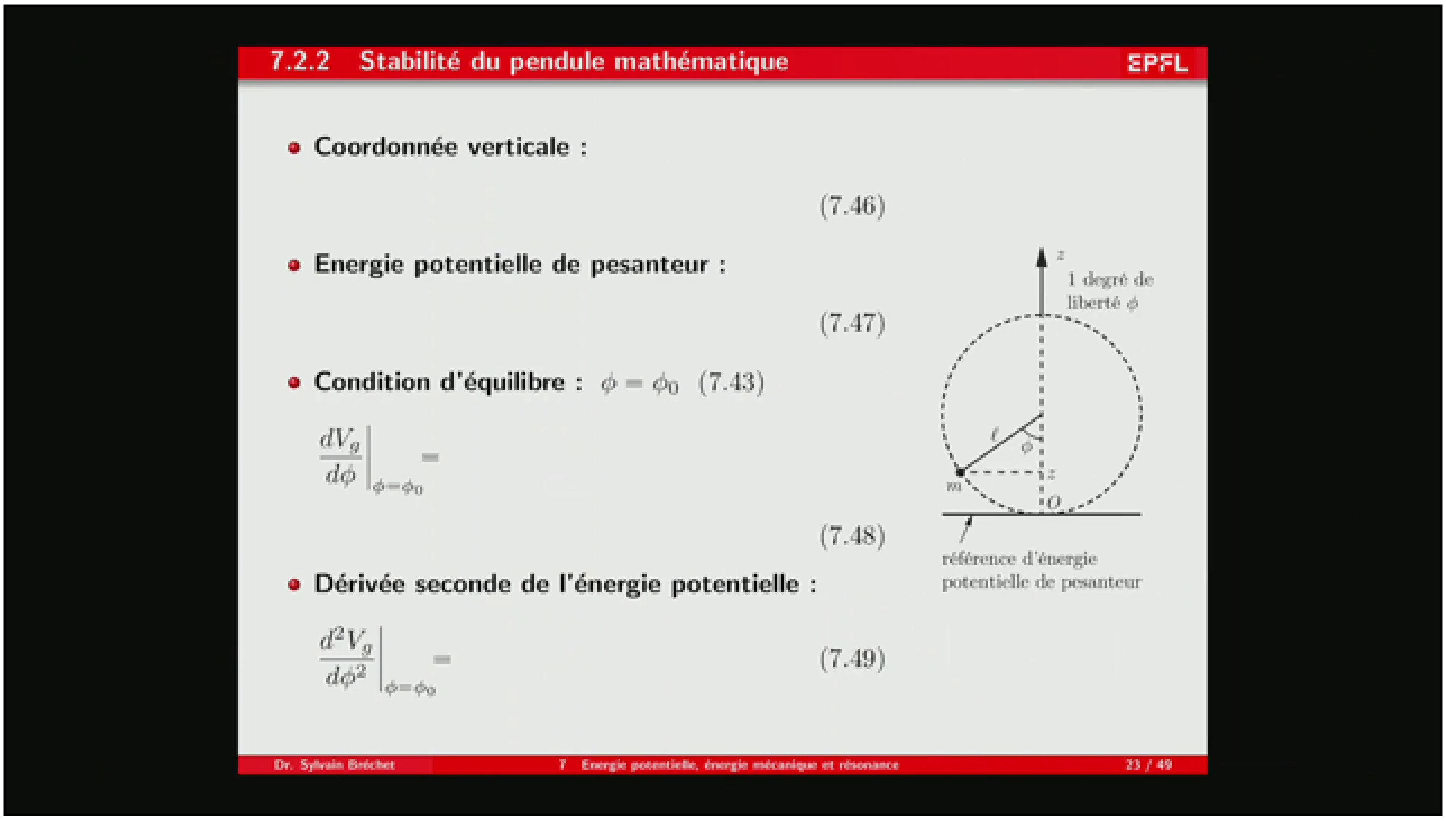


Ça dépend. Puis à nouveau, là c'est un objet, je répète, c'est un objet, je n'ai pas écrit explicitement, mais on est vertical, donc il y a le point MG. Il y a une autre force qui doit être appliquée parce que sinon on ne peut pas accélérer ni bouger selon la circonférence. Donc ça c'est le résultat de tout. Donc à nouveau, appliquer Newton. Newton nous dit que MA, c'est la somme vectorielle en plus de tous les forces. Mais pour l'instant ici je vous rappelle, c'est des exercices cinématiques. Je ne suis pas en train de dire, on sait que c'est comme ça, donc je ne suis pas en train de penser aux forces, c'est juste que je pense à comme décrit le mouvement. Donc s'il fait quelque chose comme ça, il doit y avoir le vector position, le vector vitesse, le vector accélération qu'ils ont, certaines, entretenir les contraintes. Je ne sais pas ce que je dis, mais ça a changé complètement la vie de beaucoup de monde. Du coup, le bleu il est devenu gris. C'est quoi l'information que j'ai donnée qui a fait ça? Je suis curieux. Bon allez, je vous donne la réponse. Vous êtes d'accord, vous voulez penser encore une minute? Trance seconde. Trance seconde, ça va bien. Je le dégare l'âne. Oui. L'accélération c'est l'accélération totale, oui. Je n'ai pas noté n, tangent c'est a. Donc pour moi c'est l'accélération, c'est Newton, f également, ou a, c'est la résultat de toutes les accélérations. Bon ça reste partagé, plutôt orange ou gris. Je vous donne la réponse. La dernière oscillation. Voilà, c'est le deux. Ah pardon, je ne l'ai pas fait. C'est le deux parce qu'on doit bouger sinon en cercle, donc ça ne peut pas être ça parce que sinon on ne pourrait pas avoir d'accélération tangentiale. Il nous faut quelque chose qui nous pousse dans cette direction pour augmenter la vitesse.

notes

résumé

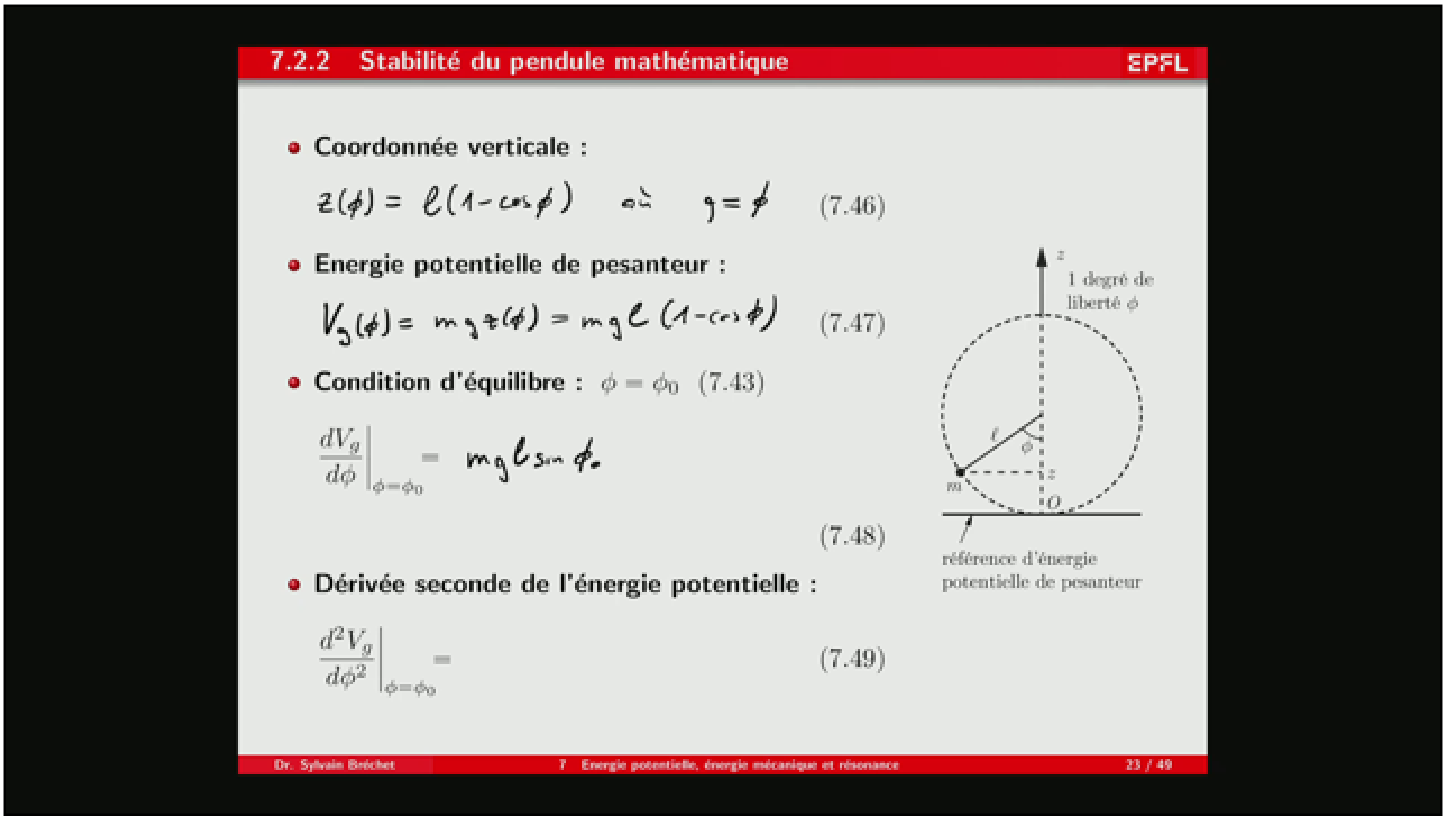
80m 13s



Donc il y a à chaque endroit une composante tangentiale qui va dans cette direction dans l'accélération. Donc c'est pour ça qu'on aura l'accélération centripète donnée par la somme du force point ficelle de Jean-Cérencois qui nous pousse vers le centre plus une accélération tangentiale qui nous fait augmenter la vitesse. Donc à chaque point on a ça qui est l'accélération centripète plus une composante comme ça. Et donc la somme vectorielle de ça plus ça, ça va faire un vector qui est comme ça.

notes

résumé



Et ici donc c'est comme ça, l'accélération tangentiale donc la somme c'est comme ça. D'accord ? Et puis autre chose à remarquer, les deux vectors ici, ils ont la même longueur et toujours le même angle par rapport à la tangente parce que je dis que ça accélérer uniformément. Donc l'accélération tangentiale elle est constante pendant le temps. L'accélération centripète aussi parce que je bouge avec vitesse angulaire. Donc là c'est comme ça. Pardon, je n'ai pas dit une connerie en réalité. C'est ça, je viens de dire, je dis juste une connerie donc la vitesse centripète augmente aussi. Oui oui, c'est juste, c'est pour ça que je dis une connerie. Donc les deux vectors ne sont pas exactement identiques. Donc ici vu que j'ai augmenté ça, la composante ici elle doit augmenter donc l'angle ici ça doit pas être nécessairement parallèle. Ici si on veut, il n'y a plus. Exact. Mais donc il y a toujours une composante tangentiale ici donc ça peut pas être la... Finale sur le... Ce qu'on a vu aujourd'hui. Ah, il y avait encore une question, pardon. Bah disons, comme je l'ai dessiné ici, en réalité la vraie réponse s'agrit pour être précis. Parce que j'ai augmenté beaucoup la vitesse ici. Donc ça signifie que la vitesse ici elle est nettement plus grande que ici. Donc l'accélération centripète à ce point là, elle est beaucoup plus grande, elle est double par rapport à ici. Donc l'accélération tangentiale elle est constante tout au long du mouvement. Donc ici l'accélération centripète, cette composante là que je n'ai pas dessiné, elle a une longueur double par rapport à celle-ci. Comme je fais les dessins ici. Donc ce vecteur ici devrait être un peu plus perpéniculier si on veut que non celui-ci. Donc les dessins sont presque parallèles. Donc je n'ai pas remarqué, je n'ai pas vraiment tenu compte du fait que la vitesse est la presse double.

notes

résumé

85m 6s

7.2.2 Stabilité du pendule mathématique

EPFL

- **Coordonnée verticale :**

$$z(\phi) = \ell(1-\cos\phi) \quad \text{où} \quad q = \phi \qquad (7.46)$$

- **Energie potentielle de pesanteur :**

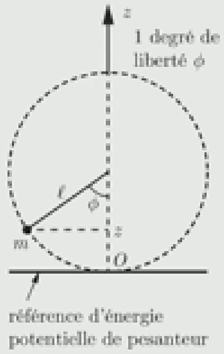
$$V_g(\phi) = m g z(\phi) = m g \ell (1-\cos\phi) \qquad (7.47)$$

- **Condition d'équilibre :** $\phi = \phi_0$ (7.43)

$$\left.\frac{dV_g}{d\phi}\right|_{\phi=\phi_0} = m g \ell \sin\phi_0 \qquad (7.48)$$

- **Dérivée seconde de l'énergie potentielle :**

$$\left.\frac{d^2V_g}{d\phi^2}\right|_{\phi=\phi_0} = \qquad (7.49)$$

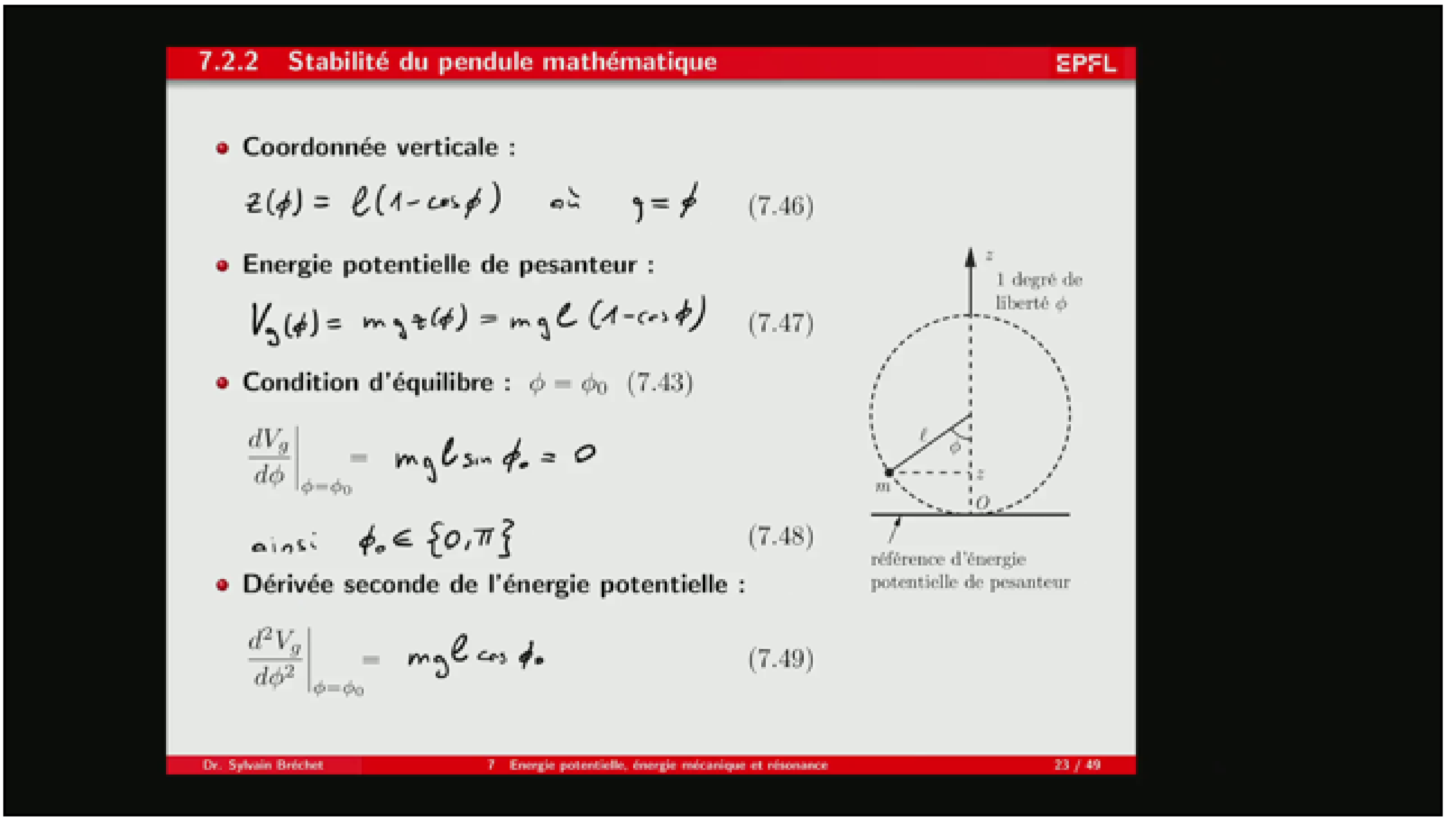


Dr. Sylvain Bréchet 7 Energie potentielle, énergie mécanique et résonance 23 / 49

J'avais juste un tête qu'elle accéléra un peu. Mais donc arrêter votre collègue et la donner la bonne réponse, ça serait gris. Je n'ai marqué orange mais ça, il faut. C'est clair pour tout le monde? Parce que... Pardon, désolé. Parce que l'accélération centripète, on a vu, ça fait une demi-heure.

notes

résumé

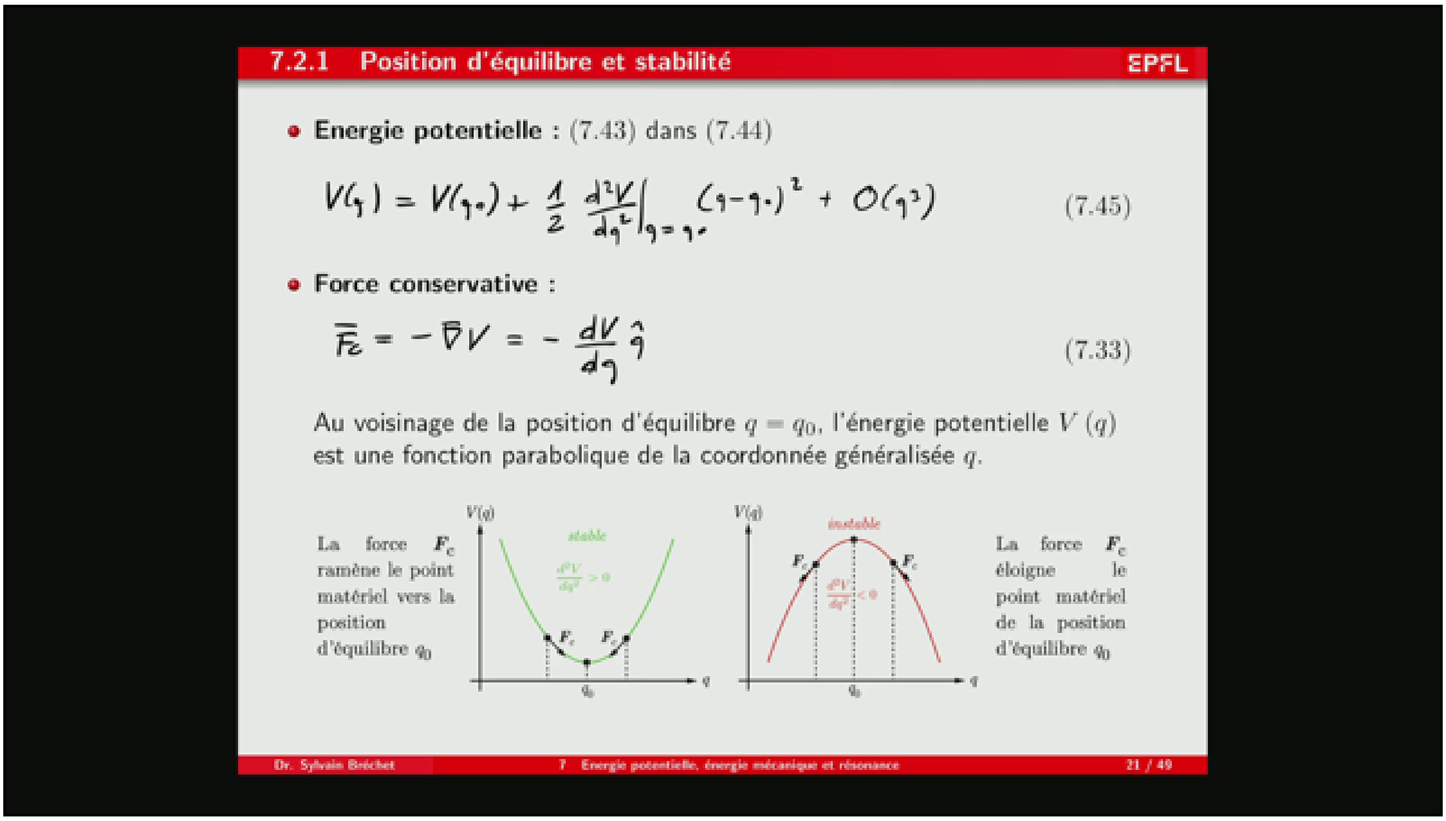


Elle est la omega carré R, ou c'est la gal aussi à B carré, ou B, c'est la vitesse tangentiale divisé, pardon, ici j'ai utilisé R grand, donc R majuscule. Divisé R. Ou ça, c'est la vitesse à chaque instantée, donc à chaque point de la trajectoire. Donc étant donné que, comme justement votre collègue m'a fait remarquer, donc c'est bien. Ici la vitesse est double par rapport à ici. Donc l'accélération centripète, donc la longueur du vecteur comme ça ici, est double par rapport à celui qui est ici. Donc, vu que la composante tangentiale est constante, parce que je dis qu'il accélère de façon uniforme, donc la tangentiale est constante. Donc si je dessine les deux situations, donc en bas, désolé, mes cercles ne sont pas parfaits, et puis en plus on voit plus rien ici.

notes

résumé

88m 49s

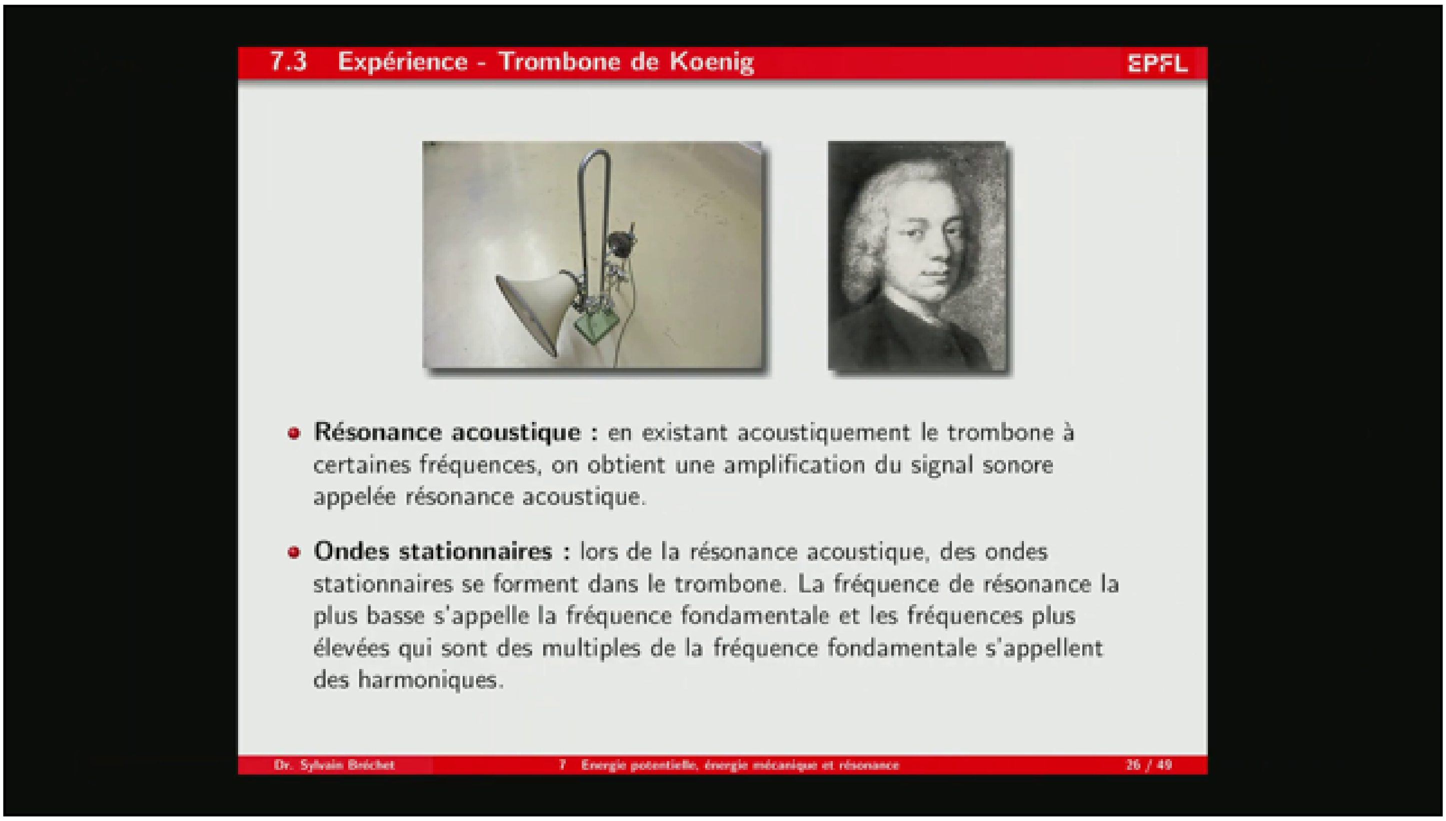


Donc on est là, ça c'est la vitesse, disons que ça c'est l'accélération centripète correspondante, et je suis en train d'accélérer mes terrains. Donc avec une accélération tangentiale que je dessine comme ça, donc ça c'est A t et ça c'est A centripète. Donc l'accélération totale, elle est en réalité ça. Et maintenant, à ce point ici, j'ai toujours la même accélération tangentiale, elle n'a pas changé. Mais par contre, ici je sais que j'ai une vitesse qui est double par rapport à celle-ci. Donc la accélération centripète, elle doit être une fois, deux fois, elle doit être comme ça. Et donc mon accélération totale, elle sera comme ça. Donc les deux vecteurs, bon, mes transpensaires, donc les deux vecteurs ne peuvent pas être parallèles. Et ils sont de moins en moins parallèles, plus la vitesse ici est grand par rapport à celle-ci, donc plus l'accélération tangentiale est grande.

notes

résumé

90m 11s

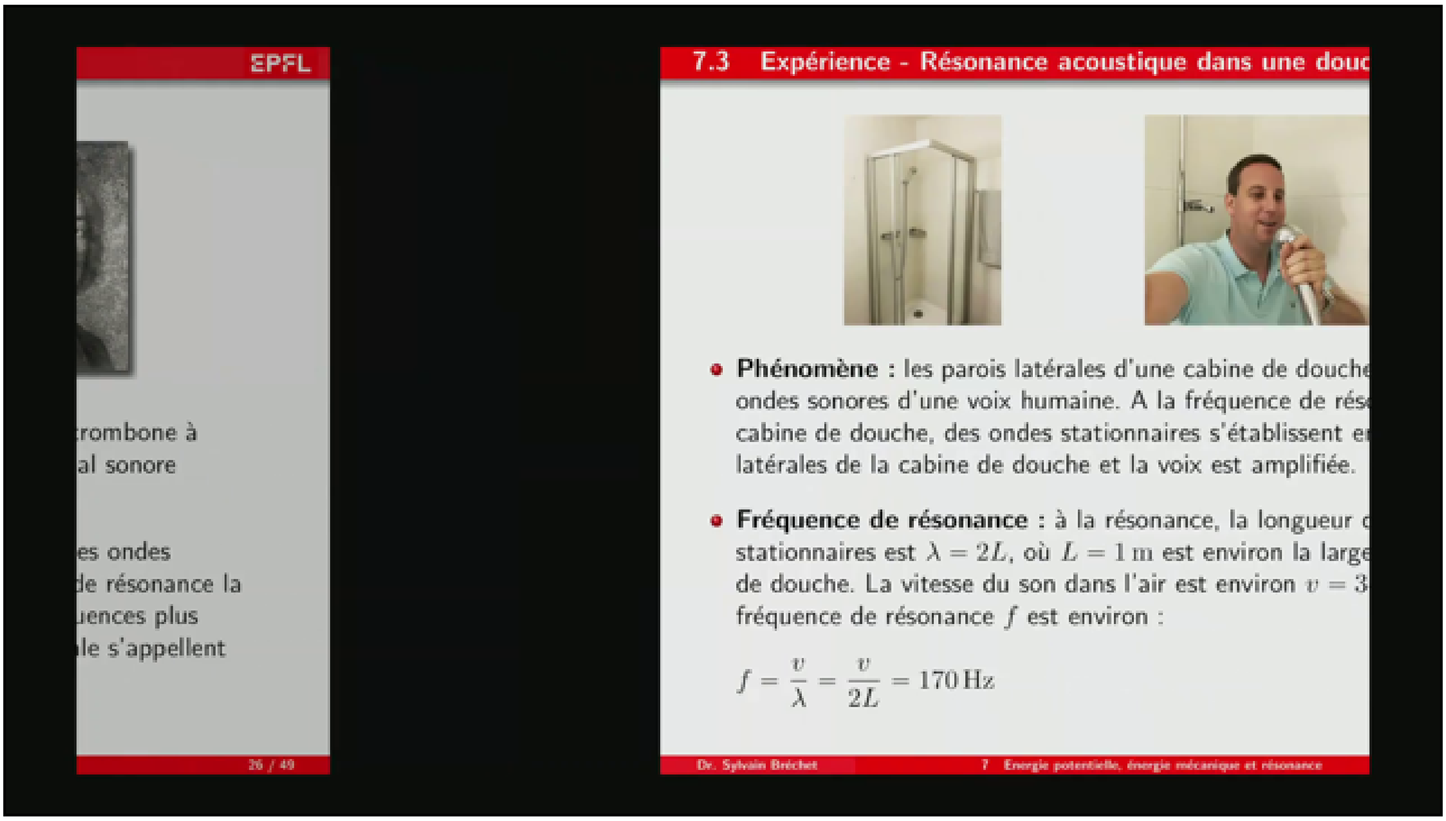


Pardon, oui, parce que l'accélération normale augmente. Donc en effet, dans ce chemin, c'est vrai que la vraie réponse, au départ je l'avais fait plutôt proche de la vitesse, puis je changeais pour le rendre plus visible, c'est la grise et pas l'orange. Merci pour avoir aimé la faute. Mais l'augmentation, oui? Ah, si l'augmentation, oui, ça peut être... C'est aussi que la pierre est étale. Oui, oui, bien sûr. C'est à cause de la pierre étale.

notes

résumé

91m 13s

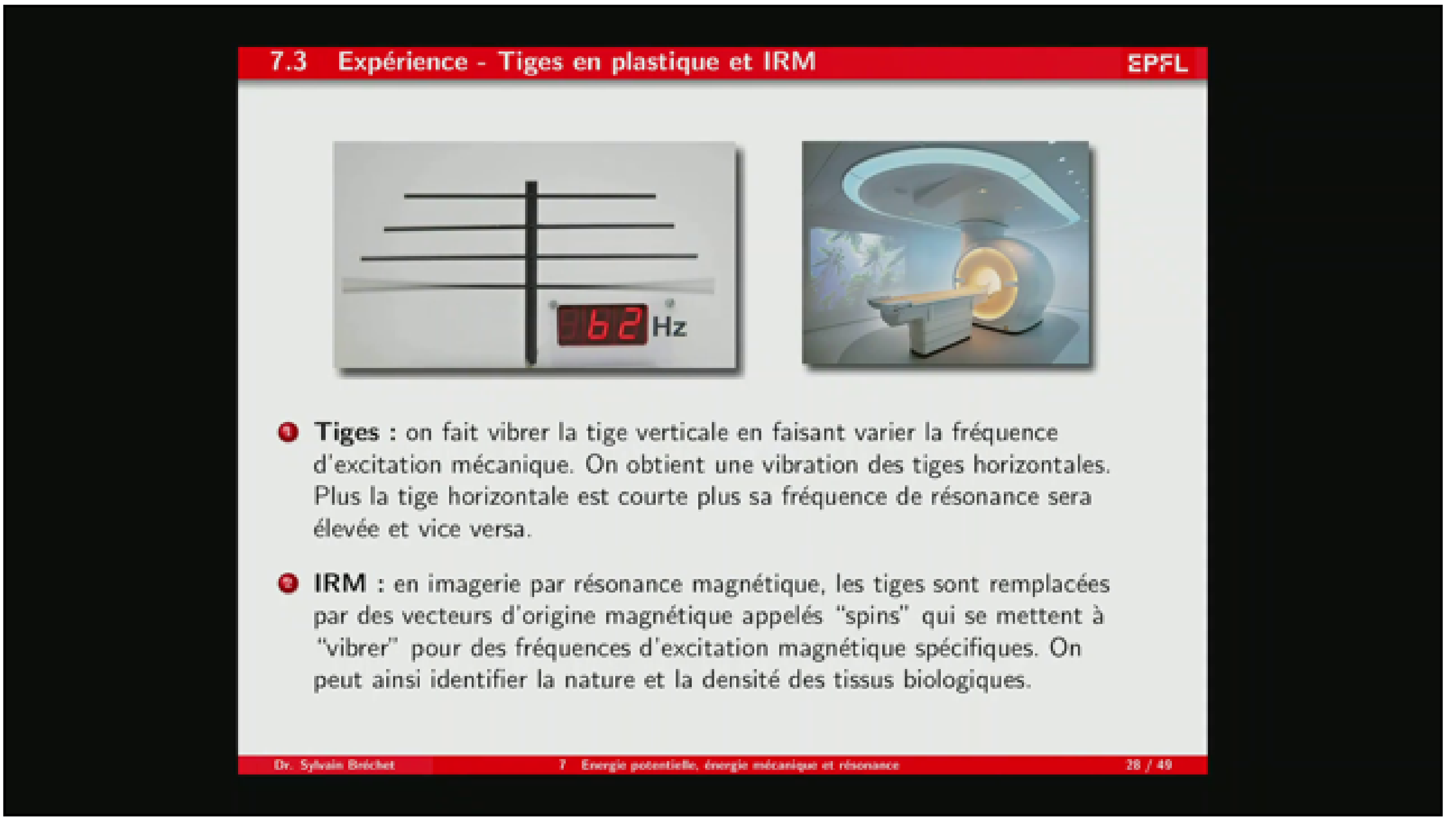


Disons, si ici j'accélère de plus en plus, sous son an que j'ai la force suffisamment, je peux arriver à un moment dans lequel la ficelle se casse et donc elle part. C'est assez la question. C'était un petit peu pour pouvoir sortir de la ficelle. La pierre, c'est dans la ficelle, donc l'accélération tangentiale soit plus grande, mais il faut que... Non, pas nécessairement, il faut que... Il faut, si on veut, oui, il faut donc qu'il y ait une force qui fait... Oui, il faut que la somme, disons, l'accélération totale pointe vers l'extérieur.

notes

résumé

91m 51s

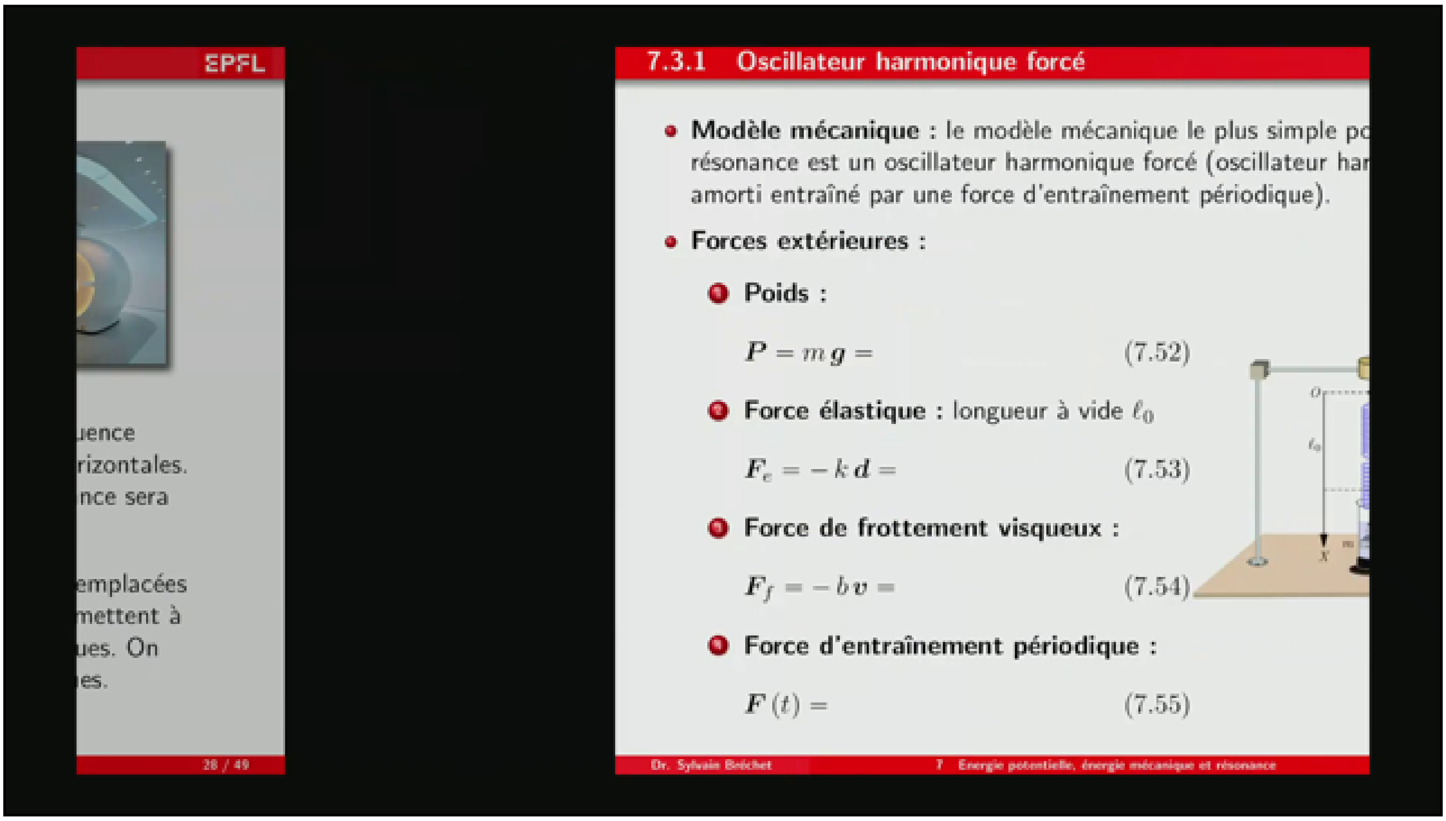


S'il y a toujours une composante, on fera un orbite de plus en plus large, mais ça sera toujours un orbite parce qu'il y a un composante centripète. Donc il faut que... Il y a une force qui fait que c'est plus centripète, donc c'est plutôt divergente. Donc, là ça marche plus, pour raison. Je fais ça. Ok, on y est, donc ça c'était notre cas maintenant. Voilà. C'est le raisin là. Je voulais faire encore une. Pardon, je dois juste sortir parce que là je vais... planter. Plante. Ah, parce que mes femoilles, mes mottes, tout historique, je crois pas. Voilà. Désolé. Je repars. Ok, donc maintenant, autre question. Donc c'est un peu application de la force de l'orange qu'on a vu avec le synchrotron. Donc on a une masse M de chage Q, vitesse B, qui bouge dans un champ magnétique uniforme B, pas simplicité, on le fait perpandiculier à la vitesse. Donc, cette chage est soumise à la force de l'orange. Pour faire simple, il n'y a pas de champ érétrique, donc il n'y a que la composante magnétique de la force de l'orange. Donc je vous demande de calculer quel est le rayon de la circonférence,

notes

résumé

92m 35s

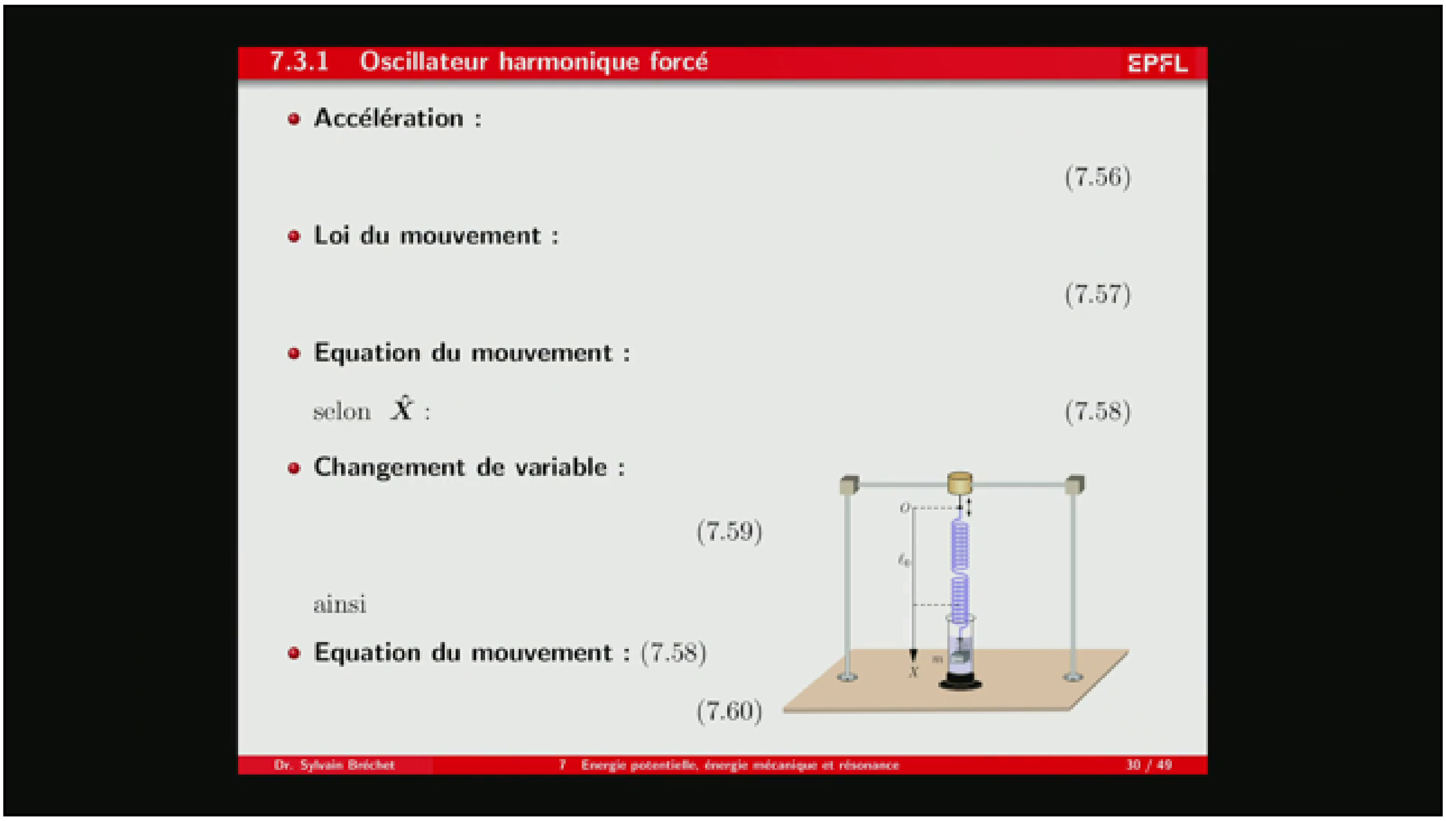


selon que ce champ magnétique est vraiment uniforme dans l'espace, ce n'est pas juste localisé comme je vous ai montré dans le synchrotron, mais que par exemple ici, on a toute une région dans laquelle le champ magnétique est uniforme et j'ai cette petite charge qui tourne ici. Quel est le rayon que cette particule va faire? On s'achante donc que l'électron ou la particule, le proton, il a une masse Q, vitesse B, masse M. C'est un petit calcul, c'est juste pour appliquer ce qu'on a vu comme formule pendant hier et aujourd'hui. Donc, un jour, non, c'est correct, c'est pas jour, la réponse.

notes

résumé

94m 51s

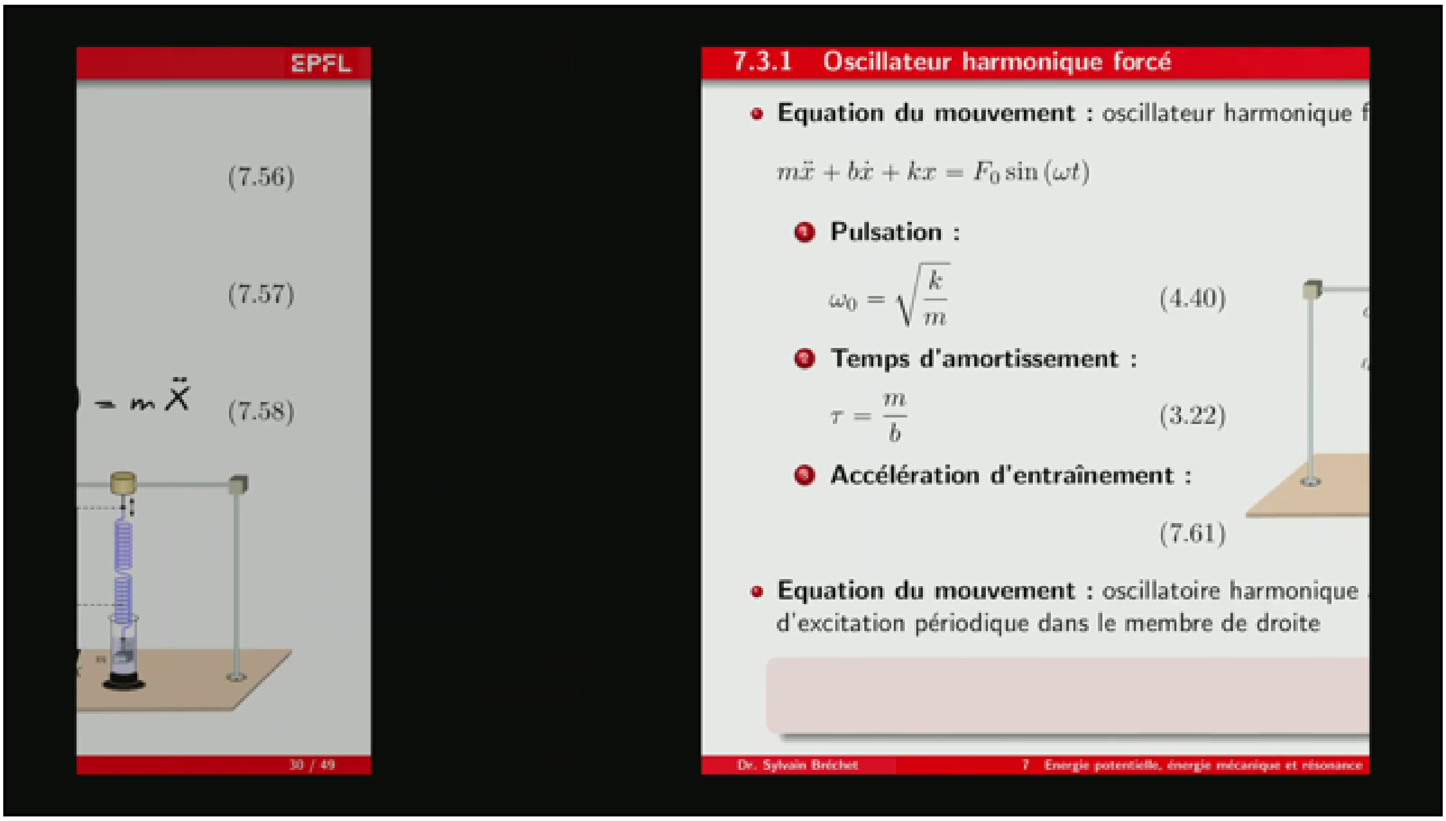


50-50, orange-gris. Ça bouge encore un peu, vous voulez la réponse ? Donc la réponse est la suivante. La 3. Donc, il y a la raison et la suivante.

notes

résumé

97m 35s

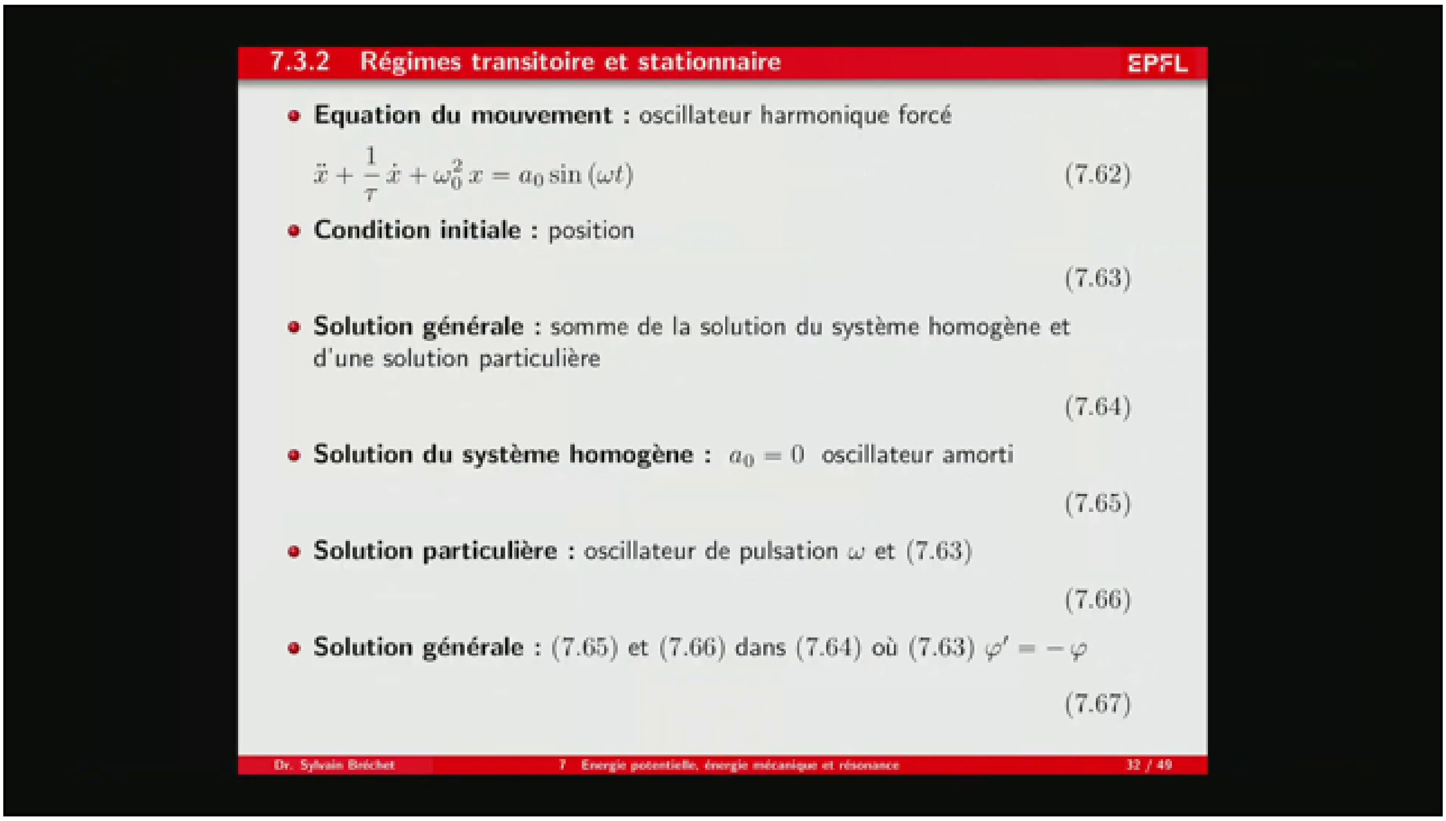


Donc, ça c'est égal à M. Donc, et puis on a que A, vu que c'est un moment circulaire uniforme, ça sera égal à M. C'est là, ça va b4 sur R. D'accord ? Donc je peux simplifier B ici, B là et donc R, ça me vient Mb diviser Qb. Vous êtes d'accord ? Des valeurs absolues ? Je ne comprends pas, pardon. Dans le sens, le valeur absolue ? Je n'ai juste indiqué la norme ici, pardon, je n'ai juste pas mis la, si on veut être correct, si c'est un moment correct, ça serait avec la norme, bien entendu. C'était ça la question. Je n'ai juste pas mis, donc c'est toujours un peu lourde. Disons qu'en général, on a la notation que la norme d'un vecteur B comme ça, que c'est l'expression correcte, souvent on fait l'approximation de l'écrit comme ça, parce que comme ça on se vit, norme et vecteur, si d'accord, en principe il faut l'écrire comme ça. Ok. Donc maintenant j'ai une question, est-ce que vous trouvez ça pratique, intéressant ou pas ? Donc on continue comme ça, vous êtes d'accord ? Donc je vais préparer.

notes

résumé

99m 23s

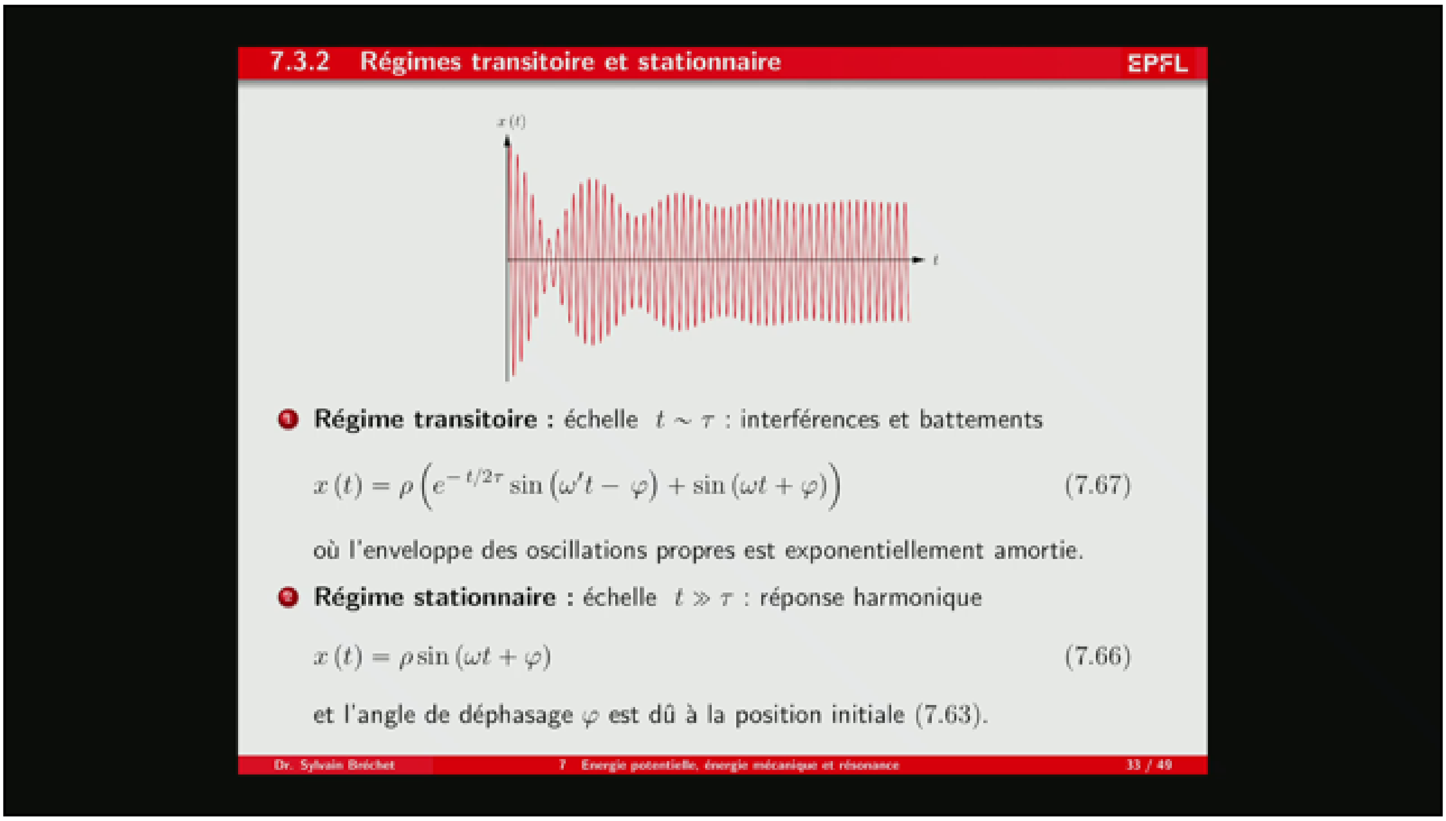


Ok, si vous voulez, si vous avez encore 5 minutes, j'ai encore une ou deux questions de liquidation, c'est même passé que je n'ai pas fait, si vous voulez je vous le propose. Parce que ça ne marchait pas trop bien, donc cette semaine ça marchait mieux, très bien. On a amélioré tout. Donc c'est le même section, donc ça ne devrait rien changer, en principe vous devrez trouver tout de suite maintenant, voyons si tout marche, parce que non. Voilà, donc ça je pense que c'est la première, je vous la propose vite, en principe vous devrez être capables de répondre là. Donc on a une balle qui monte, on a deux balles, la verte et la rouge, qui ont 7 vitesses initiales là, qui montent vers les hauts, on est dans le vide, laquelle est correcte ou pas. Donc là vous êtes identique. Donc là vous avez répondu, non pas tous les mondes,

notes

résumé

101m 44s

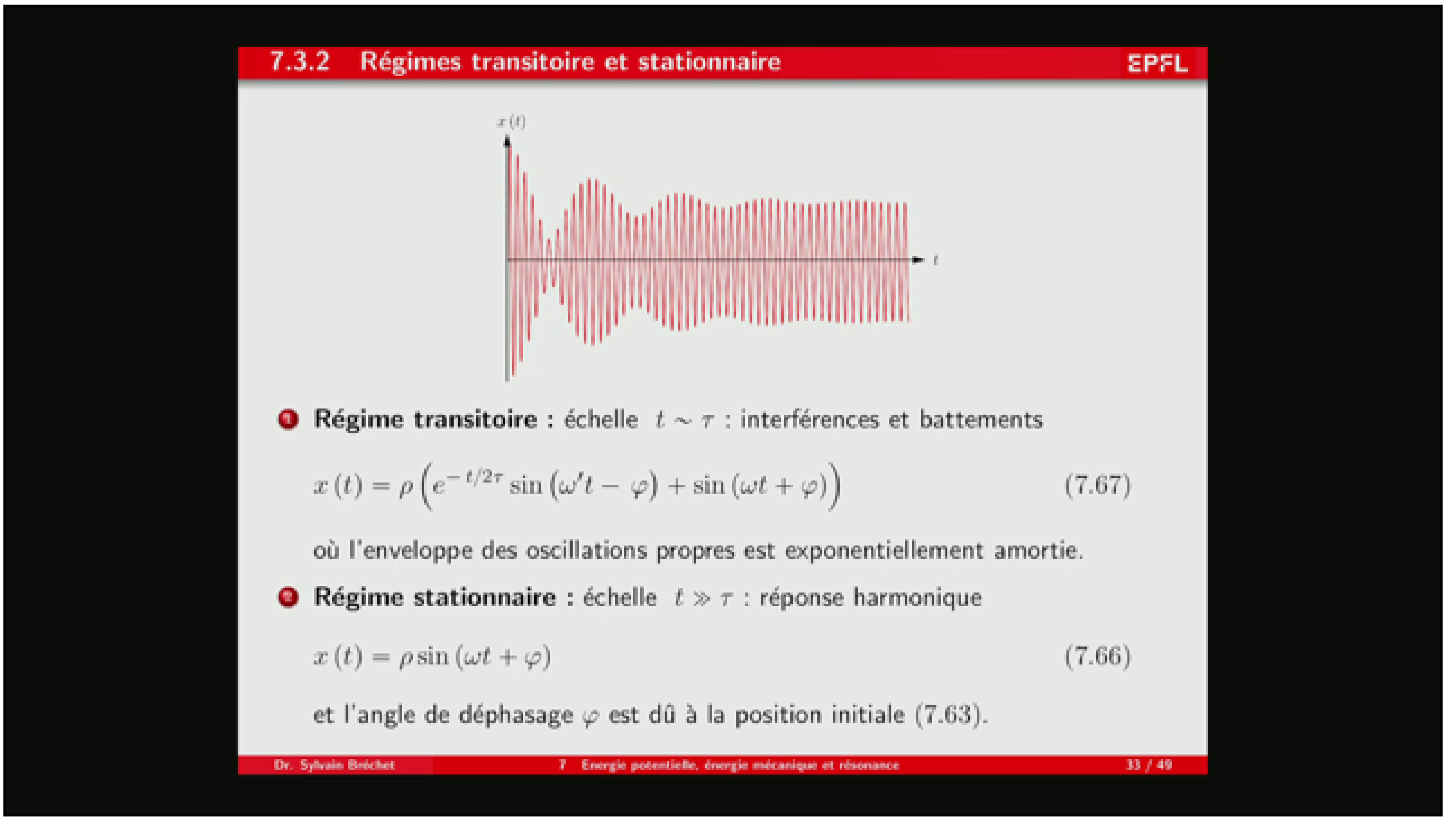


c'est-à-dire juste la moitié de vous qui a répondu à peu près, je vous laisse encore 30 secondes. Donc je vais un peu plus vite parce qu'on l'a fait la semaine passée, en principe c'est donc la réponse correcte, je vois que vous êtes en train de converger là, c'est identique, parce que ce que c'est intéressant c'est juste la composante verticale. Le mouvement peut être toujours décomposé dans la direction verticale et dans la direction horizontale, lui il a juste une vitesse verticale, pas de composante horizontale, cette vitesse là elle a une composante X comme ça, mais la composante Z elle est exactement identique à la verte, donc les deux dans la direction verticale font exactement le même mouvement. Est-ce que c'est clair ? Très bien. Maintenant on fait ça. On a deux balles, qu'on relance avec cette vitesse dans cette direction là, les masses elles sont différentes, donc la verte elle est plus léger, la rouge elle est quatre fois la bas verte comme masse, et on se pose la question laquelle elle tombe plus loin. Donc je la lance comme ça, qui va plus loin et on est dans le vide. Donc là aussi on avait vu la semaine passée, j'attends encore 30 secondes, je vois que tout le monde est relativement convaincu de la réponse. Donc je vous donne la réponse, la réponse correcte est identique, parce que si vous reprenez la formule que je vous ai donnée la semaine passée, la longueur de la trajectoire elle ne dépend pas de la masse. D'accord ? Dans le vide. Je suis dans le vide. Puis maintenant justement, on a, est-ce que je suis le meilleur arrière ? Quelle balle, c'est la même hein, quelle zone, je me suis trompé ? Ah ça c'est dans l'air pardon. Donc quelle balle, monte vous pouvez, ah pardon j'ai bloqué le pooling. Quelle balle monte plus en haut dans l'air

notes

résumé

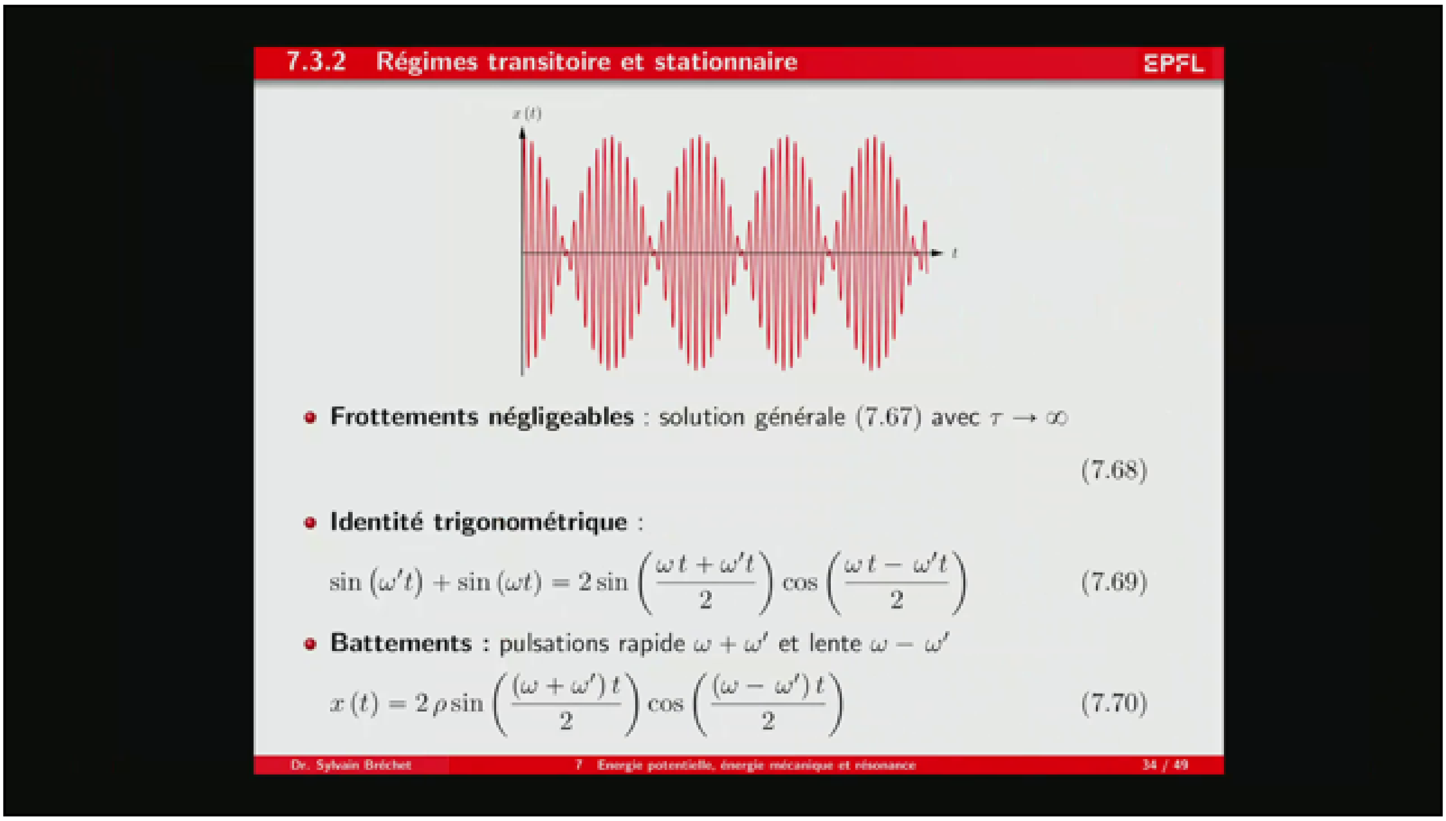
102m 46s



cette fois ? Donc c'est comme la première question, en réalité parce que les conditions initiales sont exactement les mêmes, donc on a deux balles, même masse à nouveau, celle-ci elle ne va que dans le haut, on la lance comme ça, l'autre par contre on la lance avec un certain angle, puis bon il y a ses contraintes géométriques donc sur la longueur, sur les projections de vitesse, mais on a intéressé juste de voir laquelle elle monte plus en haut et cette fois on a la friction de l'air. Ok là on a un peu partagé, je vois entre l'identique et la verte, est-ce que vous voulez encore 10 secondes ?

notes

résumé

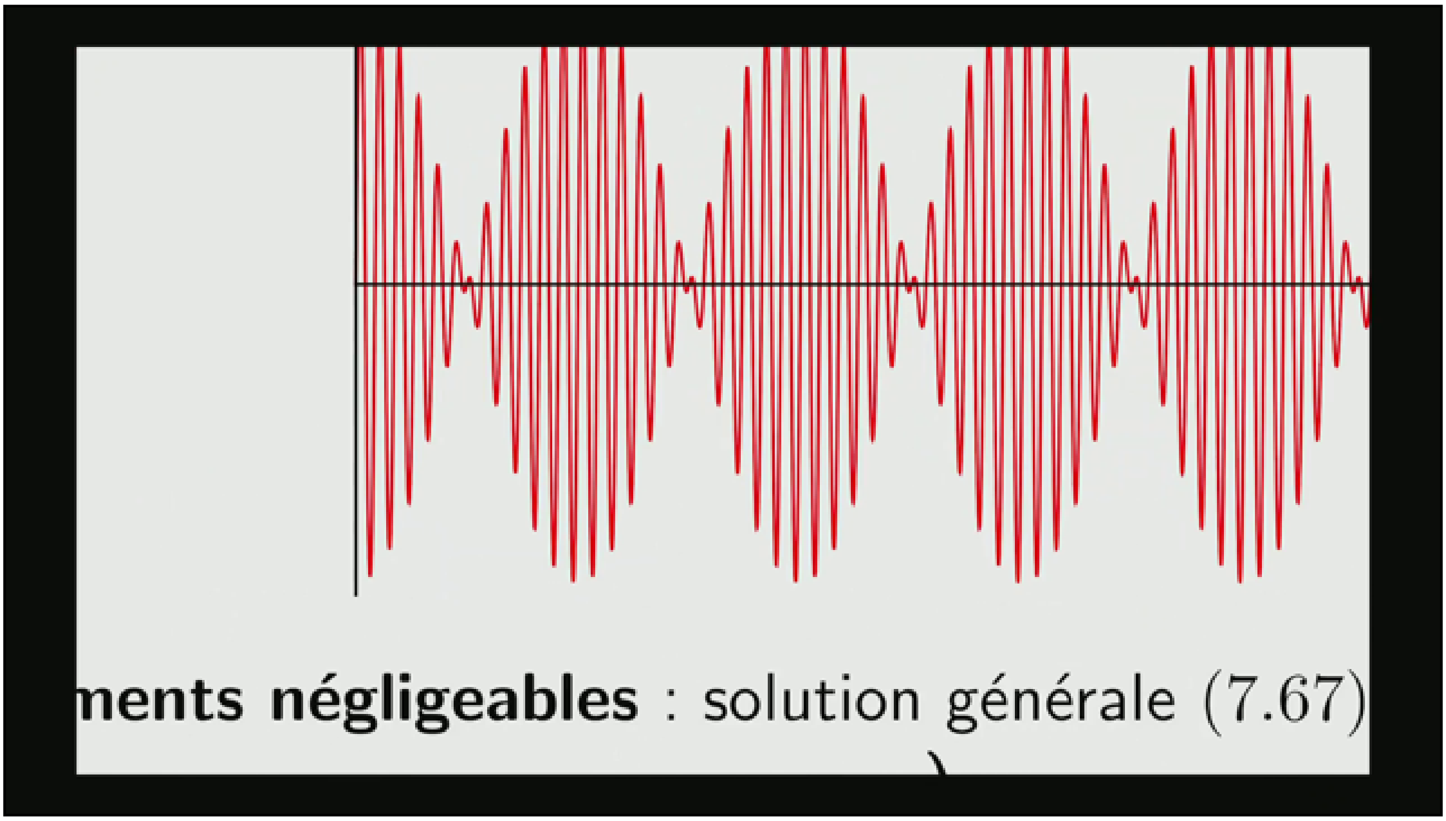


Je vous donne la réponse et la bonne réponse identique parce que les deux ont la même

notes

résumé

106m 37s



composante z de la vitesse donc les deux mouvements en direction z ils ont exactement la même description en dépendant du fait qu'il y a la friction ou pas friction de l'air parce que la friction dans les deux cas ça sera b fois b même moins b le coefficient de friction fois b en direction z et b c'est identique dans les deux cas vous avez compris pour quelle raison sont identiques c'est juste je l'ai écrit ici peut-être rapidoce parce que si si on regarde moi je suis en train je suis juste intéressé de voir qu'est ce qui se passe sur la direction z dans les deux cas et donc on a que

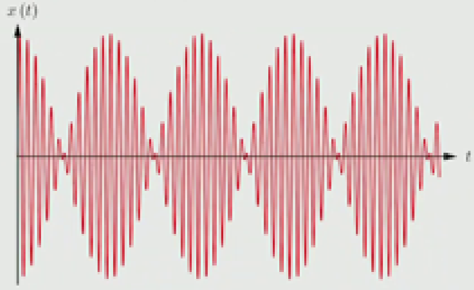
notes

résumé

107m 5s

7.3.2 Régimes transitoire et stationnaire

EPFL



- **Frottements négligeables** : solution générale (7.67) avec $\tau \to \infty$

$$x(t) = \rho\left(\sin(\omega' t) + \sin(\omega t)\right) \quad \text{où} \quad \varphi = 0 \qquad (7.68)$$

- **Identité trigonométrique** :

$$\sin(\omega' t) + \sin(\omega t) = 2\sin\left(\frac{\omega t + \omega' t}{2}\right)\cos\left(\frac{\omega t - \omega' t}{2}\right) \qquad (7.69)$$

- **Battements :** pulsations rapide $\omega + \omega'$ et lente $\omega - \omega'$

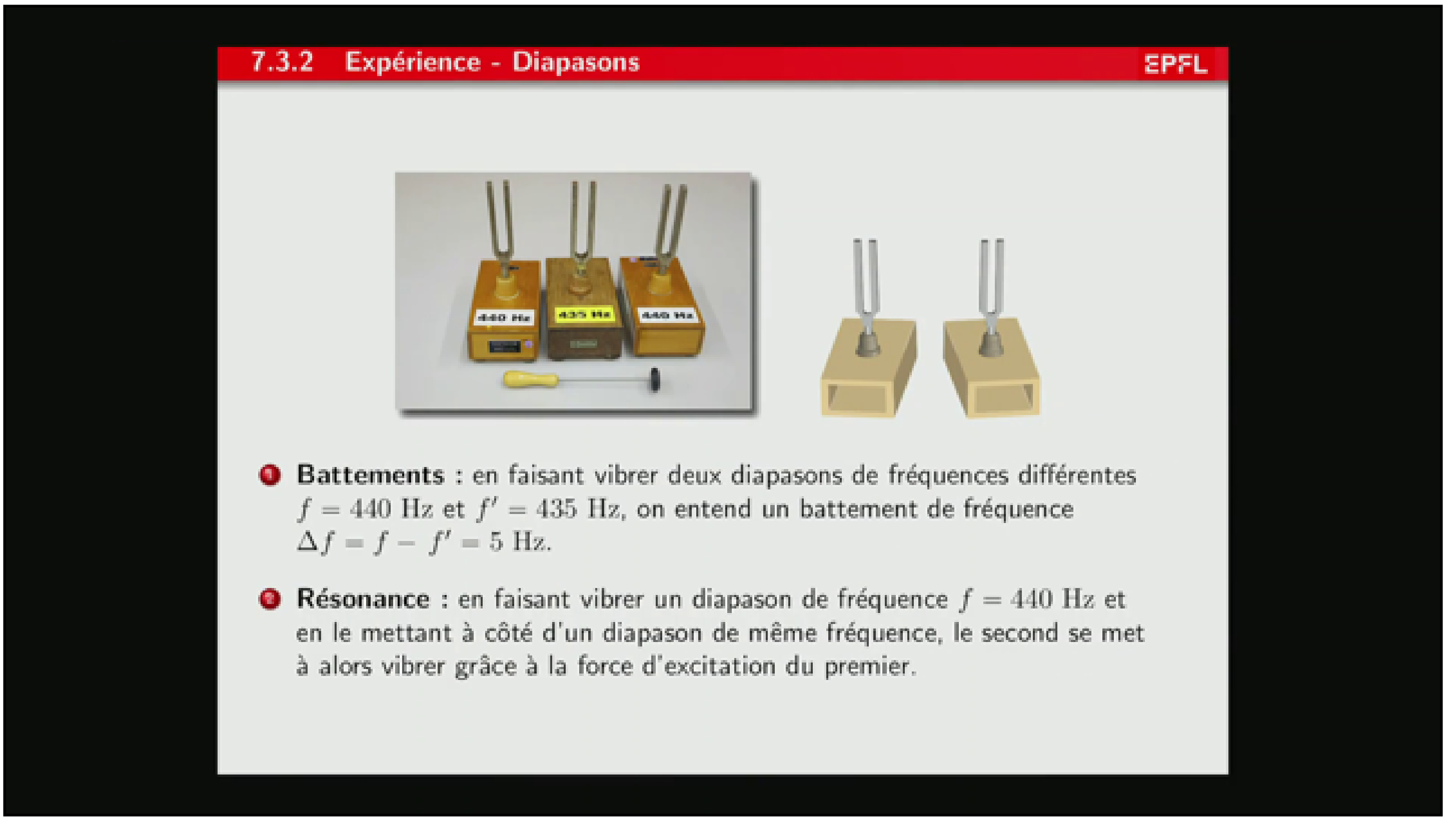
$$x(t) = 2\rho\sin\left(\frac{(\omega + \omega')\,t}{2}\right)\cos\left(\frac{(\omega - \omega')\,t}{2}\right) \qquad (7.70)$$

dans les deux cas la vitesse la composante de la vitesse si l'on z qui se s'averte ou rouge elle sera

notes

résumé

108m 0s

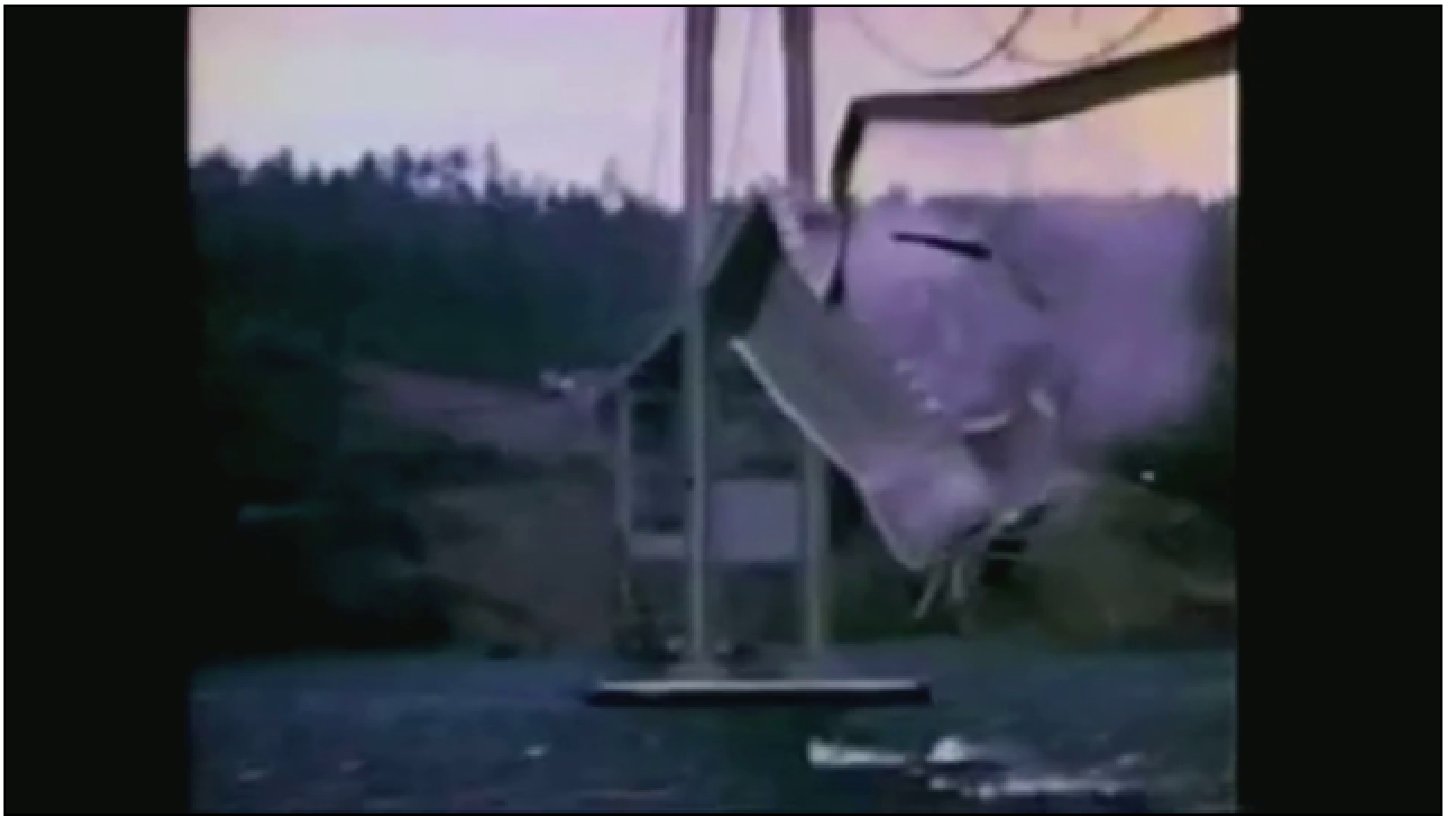


toujours b0 b0 parce que le b0 rouge projecté sur z vous voyez sont exactement identiques donc celui ci et en plus sur la particule il y a aussi la même force de friction donc la force total qui agit sur les deux balles elle est mg vers le bas parce que les deux balles ils ont la même masse et puis il y aura aussi moins b ou b c'est le coefficient de friction fois la vitesse ok mais b c'est la vitesse si l'on z dans ce cas là parce que je suis juste en train de mesurer si l'on z et les deux donc ils ont exactement la même composante donc la force qui agit sur les deux particules et la vitesse initiale c'est la même donc les deux sont décrits de la même façon d'accord je vais trouver la même équation horaire alors on a 30 secondes pour la dernière question comme avant mais cette fois on est dans l'air donc laquelle est-on plus loin

notes

résumé

108m 8s



vous pouvez utiliser les formules que je vous ai donné la semaine passée ou aussi utiliser un peu là l'expérience quotidienne entre les mains bon je vous donne quand même la réponse d'accord je vous laisse pas une semaine sans la savoir donc bien entendu c'est c'est la rouge parce que la plus lourde si vous regardez les les équations que je vous ai donné la semaine passée vous allez regarder quand il ya la parabole avec friction de l'air que la longueur maximale à la limite du temps fini qu'on trouve donc la portée on a une formule qui est b0x donc la composante si l'on x la vitesse fois tau j'avais défini où tau c'est m sur b donc c'est la masse divisé le coefficient de friction donc plus la masse lourde donc plus elle est grande plus cette gt elle est grande ça correspond au fait que si je lance avec la même vitesse une balle de ping pong ou un caillou comme ça c'est vrai que le caillou il va plus loin que dans la balle de ping pong pour que la balle de ping pong elle est plus sensible à la friction avec l'air en principe non si je le lance même avec la même vitesse la balle de ping pong je lance une plume avec une certaine vitesse elle va avoir une friction énorme donc elle va tomber tout de suite si je lance une bille avec la même vitesse elle va

notes

résumé

109m 27s