Chapitre 3: Travoil et Energie d'un point matériel

I) Introduction:

On a déjà vu que la quartité de mouvement est conservée pour un système voulé. L'objet de ce cours est de voir dans quels vas l'énergie est conservee

II) Travail et prissance d'une force:

2.1) Travail d'une force: Le trovoil d'une force F durant son déplocement du point A au point B est donné per:

$$W_A^B(\vec{F}) = \int \vec{F} \cdot d\vec{O} + \int [W_A^B(F)] = Joule(j)$$

cas des coordonnées carlésiennes:

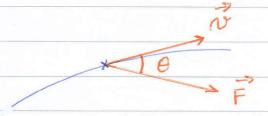
F = Fx2 + Fy] + F3 R don = dxi + dyj + dzk

Cas des Coordonnées polaires:

don - drut + rdo mo

cas où la force F'est constante:

2.2) <u>Puixance d'une force:</u> Soit un mobile de mosse m, animé de la viterse vi et soumis à la force F. La puisance de la force F est donnée par :



* La force est dite motrice si 0 < 17/2

* La force est dite resistente si 0> 11/2

* La puissance de la force est rulle si 0: 17/2

2.3) Relation entre le travail et la puissance

Puisance moyenne: Pm = AW

Puissance instantannée: P = dw

III) Energie cinétique:

3.1) Définition:

On appelle énergie ciné hique d'une particule de masse m, animée de la vitesse n°, la quantité sealaire:

$$E_c = \frac{1}{2} m N^2$$

3.2) Théorème de l'énergie anétique:

La variation de l'énergie cinétique d'une particule entre deux positions A et B, égale ou travail de la résultante des forces appliquées sur cette particule:

ECB-ECA =
$$\Delta E_{CA}^{B} = W_{A}^{B}(\vec{F})$$

F'est la résultante des forces appliquées sur la particule.

IV) Energie potentielle:

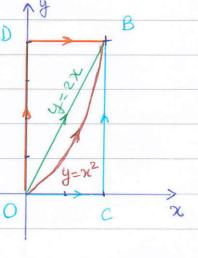
4.1) Exemples:

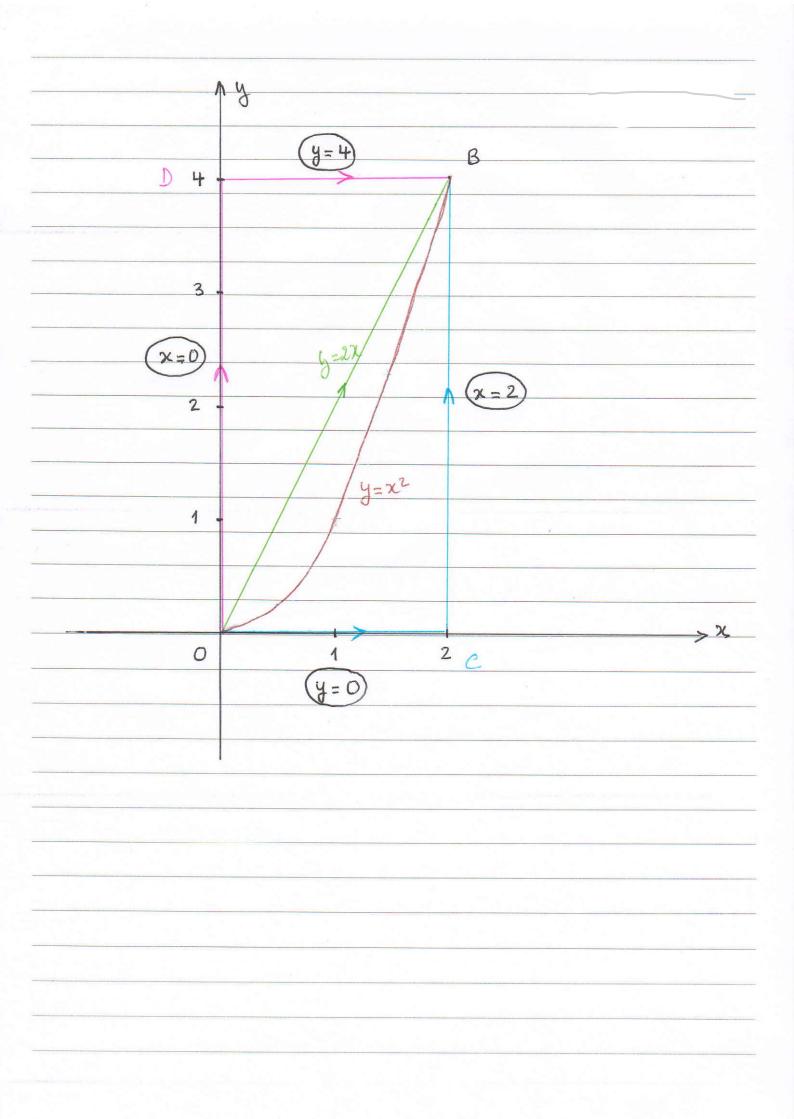
Exemple 1: Colculer le travail de la force $\vec{F_1} = (y^2 x^2)\vec{i}_+ 3xy\vec{j}$ entre les position O(0,0) et B(2,4) dous les cas suivants:

1er cas: $O(0,0) \longrightarrow C(2,0) \longrightarrow B(2,4)$

2 en cas: 0 (0,0) > 0 (0,4) > B (2,4)

Jene cas: suivant la trajectoire: y=2x
yene cas: suivant la trajectoire: y=x²





Réponse:

$$W_{0}^{B}(\vec{F}_{1}^{2}) = \int_{0}^{B} \vec{F}_{1}^{2} \cdot doM = \int_{C_{1}(0)}^{C_{1}(0)} (y^{2}-x^{2}) dx + 3\pi y dy$$

1er cao: $W_{0}^{B}(\vec{F}_{1}^{2}) = W_{0}^{C}(\vec{F}_{1}^{2}) + W_{0}^{B}(\vec{F}_{1}^{2})$

$$\Rightarrow W_{0}^{B}(\vec{F}_{1}^{2}) = \int_{(0,0)}^{(2,0)} (y^{2}-x^{2}) dx + 3\pi y dy + \int_{(2,0)}^{(2,0)} (y^{2}-x^{2}) dx + 3\pi y dy$$

$$= \int_{0}^{2} -x^{2} dx + \int_{0}^{3} 3xzxy dy = -\int_{0}^{2} x^{2} dx + \int_{0}^{6} 6y dy$$

$$= \left(-\frac{x^{3}}{3}\right)_{0}^{2} + \left(\frac{3y^{2}}{3}\right)_{0}^{4} = -\frac{8}{3} + 48$$

$$W_{0}^{B}(\vec{F}_{1}^{2}) = \frac{136}{3} \dot{J}$$

$$= W_{0}^{B}(\vec{F}_{1}^{2}) = \int_{(0,0)}^{(0,0)} (y^{2}-x^{2}) dx + 3\pi y dy + \int_{(0,0)}^{(2,0)} (y^{2}-x^{2}) dx + 3\pi y dy + \int_{(0,0)}^{(2,0)} (y^{2}-x^{2}) dx + 3\pi y dy$$

$$= \int_{0}^{2} \left(16-x^{2}\right) dx = \left(16x - \frac{x^{3}}{3}\right)_{0}^{2} = 32 - \frac{8}{3}$$

$$W_{0}^{B}(\vec{F}_{1}^{2}) = \frac{88}{3} \dot{J}$$

$$W_{0}^{B}(\vec{F}_{1}^{7}) = \int_{0}^{(2\pi)} (y^{2} - x^{2}) dx + 3\pi y dy = \int_{0}^{(2\pi)} (y^{2} - x^{2}) dx + 3\pi 2\pi 2 dx$$

$$= \int_{0}^{2} 3\pi^{2} dx + 12\pi^{2} dx = \int_{0}^{15\pi^{2}} 4\pi = \left(\frac{15}{3}\pi^{3}\right)^{2} = 40j$$

$$W_{0}^{B}(\vec{F}_{1}) = \int_{(0,0)}^{(2,u)} (y^{2}-x^{2}) dx + 3xy dy = \int_{0}^{2} (x^{4}-x^{2}) dx + 3xx^{2}(2xdx)$$

$$= \int_{0}^{2} \left(\chi^{4} - \chi^{2} + 6 \chi^{4} \right) d\chi = \int_{0}^{2} \left(7 \chi^{4} - \chi^{2} \right) d\chi$$

$$= \left(\frac{7}{5} \chi^{5} - \frac{\chi^{3}}{3} \right)_{0}^{2} - \frac{7 \times 32}{5} \frac{8}{3} = \frac{632}{15} j$$

<u>lonclusion</u>: Wo (F) dépend du parcours souivi.

Exemple 2: Reprendre les mêmes questions que dans le cos de l'exemple 1 ave e $\vec{F}_z = \left(\frac{3}{2}y^2 - x^2\right)\vec{i} + 3xy\vec{j}$.

Repowse! B (2,4)

$$W_0^B(\vec{F_2}) = \int_0^{7} \vec{F_2} \cdot doM = \int_0^{7} (\frac{3}{2}y^2 - x^2) dx + 3xy dy$$
 $= \int_0^{7} \frac{3}{2}y^2 dx - x^2 dx + 3xy dy$
 $= \int_0^{7} \frac{3}{2}y^2 dx - x^2 dx + 3xy dy$
 $= \int_0^{7} \frac{3}{2}y^2 dx - x^2 dx + 3xy dy$

$$\frac{d\left(\frac{3}{2}y^{2}\right)}{dy} = 3y \implies d\left(\frac{3}{2}y^{2}\right) - 3y dy$$

$$W_{0}^{B}(\vec{F}_{2}) = \int \left(\frac{3}{2}y^{2}\right) dx + x d\left(\frac{3}{2}y^{2}\right) + d\left(\frac{x^{3}}{3}\right)$$

$$(o_{1}o) \qquad d\left(\frac{3}{2}xy^{2}\right)$$

$$(z_{1}u)$$

$$(2_{1}u) = \int_{(0,0)}^{(2_{1}u)} d\left(\frac{3}{2}xy^{2}\right) = \left(\frac{3}{2}xy^{2} - \frac{x^{3}}{3}\right) = \left(\frac{3}{2}xy^{2} - \frac{x^{3}}{3}\right) = \frac{136}{3}$$



4.2) Forces conservatives et forces non conservatives:

Une force F'est dite conservative si son travail entre deux positions A et B ne dépend pas du chemin suivi par le système en mouvement, mois il dépend uniquement des positions initiale A et finale B du système:

WA(F) = JF. dom = constante

Exemple: La force $\vec{F}_2 = \left(\frac{3}{2}y^2 - x^2\right)\vec{i} + 3xy\vec{j}$

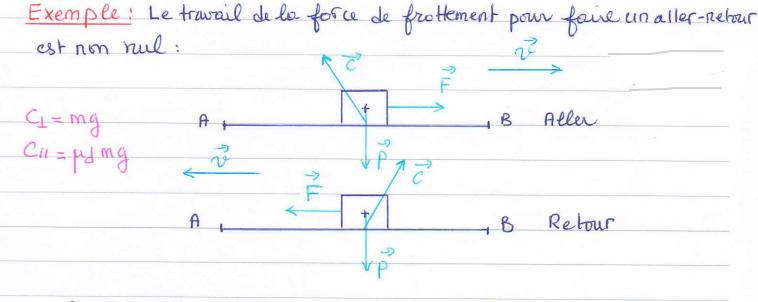
* Une force F est dite non conservative si son travail dépend du chemin suivi.

Exemple: La force Fi = (y² x²) i + 3xy j.

Eclair cirsement: Une force \vec{F} est conservative \Rightarrow quelque soit le parcours suivi, $W_A^B(\vec{F}) = \int_A^B \vec{F} d\vec{O}H = constante$

On peut dire en core que quelque soit le parwurs fermé choisi, le travail de la force F sur ce parwurs fermé est rul:

Dans le Eas d'une force F'non conservative, il existe au moins un parcours fermé pour lequel le travail de la force F'est non rul. non rul.



$$W_A^B(\vec{c}) = \vec{c} \cdot \vec{AB} = C_H(AB) = -\mu d mg(AB)$$

Conclusion: C'est une force non conservative.

4.3) Energie potentielle:

Dous le cas d'une force emservative, on peut exprimer son travail en fonction de la variation d'une grandeur physique appelée énergie potentielle:

$$W_A(F_{conservative}) = Constante = E_{PA} - E_{PB} = -(E_{PB} - E_{PA}) = -\Delta E_{PA}^B$$

$$= W_A(F_{conservative}) = -\Delta E_{PA}^B$$

Définition:

L'énergie potentielle est un énergie d'état ou de position. On dit qu'un corps ou système possède de l'énergie potentielle lorsqu'il peut fournir du travail Exemples :

i) Energie potentielle gravitationnelle

ii) Energie potentielle élastique

iii) Energie potentielle électrique

Remarque:

La force conservative est dite ous force dérivant d'un potentiel

Dans le cos d'un déplacement élémentaire:

* Dous le cos d'un mouvement rechilique suivant l'ance x'0x:

$$dE_p = -Fdx \Rightarrow F = -\frac{dE_p}{dx}$$

* Dans le cas d'un monvement recti li que puivant la direction radiale;

En prah'que!

$$Ep = \int F dx \Leftrightarrow F = \frac{dEp}{dx}$$
 $Ep = \int F dr \Leftrightarrow F = \frac{dEp}{dr}$

Energie potentielle gravitationnelle; La force d'interaction gravitationnelle est donnée par;
$\overrightarrow{F} = m \frac{Gm_T}{r^2} \frac{\overrightarrow{u}_r - m_1 Gm_T}{r^2} \frac{\overrightarrow{R}_T^2}{r^2} \frac{\overrightarrow{J}}{r^2} - m_g \frac{\overrightarrow{R}_T^2}{r^2} \frac{\overrightarrow{J}}{r^2}$
L'énergie potentielle granitationnelle correspondante à cette force est donnée por
$E_{p}(r) = \int_{F} F \cdot d\theta M - \int_{R_{7}} mg R_{7}^{2} dr - mg R_{7}^{2} \int_{r_{2}} dr$
Rappel: J-dr = 1 + cote
$Ep(r) = -mg \frac{R_r^2}{r} + cote$
En supposant que l'énergie potentielle gravitationnelle est nulle à l'infini:
$= E_p(r \rightarrow \infty) = 0 \Rightarrow 0 = 0 + \omega t = 0$
Ainsi, mobbient: $Ep(r) = mg R_T^2$
Energie potentielle gravitationnelle au voisinage de la surface de la Terre: h « R7 où: R7 est le royon moyen de la Terre et h est la houteur pour rapport à la surface de la Terre,
$Ep(r) = mg \frac{R_T^2}{r} + este = mg \frac{R_T^2}{r} + este = our = R_T + h$ $(R_T + h)$
$\Rightarrow \text{Ep(h)} = - \text{mg} \frac{R_T^2}{R_T} \frac{1}{\left(1 + \frac{h}{R_T}\right)} + \text{este} = - \text{mg} R_T \left(1 + \frac{h}{R_T}\right)^{-1} + \text{este}$

 $h << R_T \Rightarrow \frac{h}{R_T} << 1$ (1+ E)h ~ 1+ n2 wec E <<1 $\left(1+\frac{\ell_1}{R_T}\right)^{-1} \simeq 1-\frac{\ell_1}{R_T}$ Ep(h) = mg RT (1+h)-1+ cote = mg RT (1-h)+ cote => Ep(h) = mgoh + (-mgoRT+cote) Coté (nouvelle imstante) En supposant que Ep (h=0)=0 => 0=0 + coté => coté=0 Ep(h) = mg.h Energie potentielle élastique: La force élastique est une force de rappel. Elle est donnée par: T = KOM L'énergie potentielle élostique correspondante à cette force est donnée par: Ep=- ST. doM = - S- KOM. doM = K (d(om2) => Ep = 1 K (OM)2 En supposant que la constante d'intégration est rulle. Remarque: OH = 18 est l'étirement ou la compression du ressort ou de l'élastique.

Dans le cos où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors	5.1) Définiti	
L'énergie mécanique totale ET d'un système est définie comme étant la somme de son énergie einétique. Et et de son énergie potentielle. potentielle Ep, ET = EC + EP 5.2) Théorème de l'énergie mécanique totale: D'après le théorème de l'énergie cinétique: AEC = WA(FC) + WA(FNC) AVEC: Fest la résultante des forces conservatives agissant sur lesystème. Fixe est la résultante des forces non conservatives agissant sur lesystème. Pour les forces conservatives, on peut exprimer lour travail enfonction de leur énergie potentielle correspondante; WA(FC) = AEPA En remplaçant l'expression 2 dans l'expression on abhient: AEC = AEPA + WA(FNC) = AEBA + AEBA = WA(FNC) AETA = ETA = ETA = WA(FNC) Dans le cos où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lois		on s
potentielle Ep, ET = Ec + Ep 5.2) Théorème de l'énergie méranique totale: D'après le théorème de l'énergie cinétique: AE AE AE AE Pour la résultante des forces enser votives agissant sus letystème Fine est la résultante des forces non conservatives agissant sus les ystème Pour les forces conservatives on peut exprimer lour travail enfonction de leur énergie potentielle correspondante; Wa (Fic) = AE	L'energie r	nécanique totale Et d'un système est définie comme
ET = Ec+ Ep 5.2) Théorème de l'énergie mécanique totale: D'après le théorème de l'énergie ciné houe: $AE_{c}^{B} = W_{A}^{B}(\vec{F}_{c}) + W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC}) (1)$ Avec: \vec{F}_{c} est la résultante des forces anser voitives agissant sur le système. Fine est la résultante des forces am conservatives agissant sur le système. Pour les forces conservatives, on peut exprimer laux travail enfonction de leux énergie pa kontielle corres pondante; $W_{A}^{B}(\vec{F}_{c}) = AE_{A}^{B} (2)$ En remplaçant l'expression (2) dans l'expression (3), on abhent: $AE_{A}^{B} = AE_{A}^{B} + W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC}) \Rightarrow AE_{A}^{B} + AE_{A}^{B} = W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC})$ Dans le cas où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors.	étant la s	somme de son énergie cinétique Ec et de son énergie
ET = Ec+ Ep 5.2) Théorème de l'énergie mécanique totale: D'après le théo rême de l'énergie ciné houe: $AE_{A}^{B} = W_{A}^{B}(\vec{F}_{C}) + W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC}) $ Avec: \vec{F}_{C} est la résultante des forces anser votives agissant sus le système. Fine est la résultante des forces non conservatives agissant sus le système. Pour les forces conservatives, on peut exprimer lour travail en fonction de leur énergie po tentielle correspondante; $W_{A}^{B}(\vec{F}_{C}) = AE_{A}^{B} $ En remplaçant l'expression (2) dans l'expression (3), on abhient: $AE_{A}^{B} = AE_{A}^{B} + W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC}) \Rightarrow AE_{A}^{B} + AE_{A}^{B} = W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC})$ Dans le cas où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors.		
5.2) Théorème de l'énergie mécanique totole: D'après le théorème de l'énergie ciné haul: AECA = WA(Fe) + WA(FNC) ① Avec: É est la résultante des forces conservatives agissant sur le système Fre est la résultante des forces non conservatives agissant sur le système Pour les forces conservatives, on peut exprimer laur travail en fonction de leur énergie potentielle correspondante; WA(Fe) = AEA En remplaçant l'expression ② dans l'empression ④, on obtent: AECA = MEPA + WA(FNC) => AECA + AEBA = WA(FNC) AETA = ETA ETA = WA(FNC) Dans le cos où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors		
D'après le théo rême de l'énergia cinétique: $AE_{A}^{B} = W_{A}^{B}(\vec{F}_{c}) + W_{B}^{B}(\vec{F}_{NC}) $ Avec: \vec{F}_{c}^{c} est la résultante des forces conservatives agissant son les système Fixe est la résultante des forces non conservatives agissant son les système Pour les forces conservatives, on peut exprimer lour travail en fonction de leur énergie patentielle correspondante; $W_{A}^{B}(\vec{F}_{c}^{c}) = AE_{A}^{B} \qquad (\vec{F}_{NC}) = AE_{A}^{B} + AE_{A}^{B} - W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC})$ En remplaçant l'expression (2) dans l'expression (3), on abbient: $AE_{A}^{B} = AE_{A}^{B} + W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC}) \Rightarrow AE_{A}^{B} + AE_{A}^{B} - W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC})$ $AE_{A}^{B} = E_{B}^{B} = E_{B}^{B} = W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC})$ Dans le cas où le système n'est pournis qu'à des forces conservatives, a lors		
D'après le théorème de l'énergie ciné trave! AEC : É est la résultante des forces conservatives agissant sur le système Fre est la résultante des forces non conservatives agissant sur le système Pour les forces conservatives, on peut exprimer laur travail enfonction de leur énergie potentielle correspondante; Wa (Fc) = AEP 2 En remplaçant l'expression (2) dans l'empressim (2), on obtient: AEC = AEP + WB (Fre) => AEC + AEP = WB (FRC)	5.2) Théore	eme de l'énergie mécanique totole:
AFC = WB (Fc) + WB (FNC) (1) Avec: Feet la résultante des forces conservatives agissant sur le système Fre est la résultante des forces non conservatives agissant sur le système Pour les forces conservatives, on peut exprimer lour travail en fonction de leur énergie potentielle correspondante; WB (Fc) = AFB AFC AFC AFC AFC AFC AFC AFC		
Avec: Feet la résultante des forces conservatives agissant sur le système Fre est la résultante des forces non conservatives a gissant sur le système Pour les forces conservatives, on peut exprimer lour travail enfonction de leur énergie potentielle corres pondante; Ware (Fe) = AEPA (2) En remplaçant l'expression (2) dans l'expression (3), on a brient: AEPA + WB (Fre) => AEBA + AEPA - WB (Fre) AETA - AEPA + WB (Fre) => AEBA + AEPA - WB (Fre) AETA - ETB - ETB - ETA - WB (Fre) Dans le cas où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors		
Avec: Feet la résultante des forces conservatives agissant sur le système Fre est la résultante des forces non conservatives a gissant sur le système Pour les forces conservatives, on peut exprimer lour travail enfonction de leur énergie potentielle corres pondante; Ware (Fe) = AEPA (2) En remplaçant l'expression (2) dans l'expression (3), on a brient: AEPA + WB (Fre) => AEBA + AEPA - WB (Fre) AETA - AEPA + WB (Fre) => AEBA + AEPA - WB (Fre) AETA - ETB - ETB - ETA - WB (Fre) Dans le cas où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors	A Print Print Print Inc.	AECA = WA (FC) + WA (FNC) (1)
Pair les forces conservatives, on peut exprimer lour travail en fonction de leur énergie potentielle correspondante; What is pression (2) dans l'empression (3), on obtient: AER = AER + WHERO) = AER + AER = WHERO) AET = TB = ETB = ETB = WHERO) Dans le cas où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors	س)	
Pair les forces conservatives, on peut exprimer lour travail en fonction de leur énergie potentielle correspondante; What (Fc) = AEP 2 En remplaçant l'expression (2) dans l'empression (3), on obtient: AEP = AEP + What (FNC) = AEP + AEP = What (FNC) AET = ET = What (FNC) Dans le cos où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors	Avec: Fest	la résultante des forces conservatives agissant sur le system
Pour les forces conservatives, on peut exprimer lour travail en fonction de leur énergie potentielle correspondante; $W_{A}^{B}(\vec{F}_{c}^{2}) = \Delta E_{P_{A}}^{B} \qquad (2)$ En remplaçant l'expression (2) dans l'expression (3), on obtient; $\Delta E_{P_{A}}^{B} = \Delta E_{P_{A}}^{B} + W_{P_{A}}^{B}(\vec{F}_{NC}) \Rightarrow \Delta E_{P_{A}}^{B} + \Delta E_{P_{A}}^{B} = W_{P_{A}}^{B}(\vec{F}_{NC})$ $\Rightarrow \Delta E_{T_{A}}^{B} = E_{T_{B}}^{B} = E_{T_{A}}^{B} = W_{P_{A}}^{B}(\vec{F}_{NC})$ Dans le cos où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors	Fine est	la résultante des forces non conservatives a gissant su le système.
de leur énergie potentielle correspondante; $W_{A}^{B}(\vec{F}_{c}^{2}) = -\Delta E_{P_{A}}^{B} \qquad (2)$ En remplaçant l'expression (2) dans l'empression (1), on obtient; $\Delta E_{A}^{B} = -\Delta E_{P_{A}} + W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC}) \Rightarrow \Delta E_{A}^{B} + \Delta E_{P_{A}}^{B} = W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC})$ $\Delta E_{T_{A}}^{B} = E_{T_{B}} = E_{T_{A}} = W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC})$ Dans le cos où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors		
Dans le cos où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors	Pour les forces	s conservatives, on peut exprimer lour travail en fonction
En remplaçant l'expression (2) dans l'expression (3), on obtient: $ \Delta E_{A}^{B} = \Delta E_{A}^{B} + W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC}) \Rightarrow \Delta E_{A}^{B} + \Delta E_{A}^{B} = W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC}) $ $ \Delta E_{T_{A}}^{B} = E_{T_{B}} = E_{T_{A}} = W_{A}^{B}(\vec{F}_{NC}) $ Dans le cas où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors		
En remplaçant l'expression (2) dans l'empression (1), on obtient: AFE A = AEPA + WB (FNC) => AECA + AEPA = WB (FNC) AETA = ETB = ETA = WB (FNC) Dans le cos où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors	,	
En remplaçant l'expression (2) dans l'empression (1), on obtient: AFE A = AFP + WB (FNC) => AFC + AFP = WB (FNC) AETA = ETB = ETA = WB (FNC) Dans le cos où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors		$W_0^{B}(\vec{F}_0^2) = \Delta E_D$ (2)
AE _A = AE _B + W _A ^B (FNc) = AE _A + AE _B = W _A ^B (FNc) AE _{T_A} AE _{T_A} AE _{T_A} Dans le cos où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors		A
ΔΕ _A = ΔΕ _A + W _A (FNc) = ΔΕ _A + ΔΕ _A = W _A (FNc) ΔΕ _{T_A} ⇒ ΔΕ _{T_A} = Ε _{T_B} = Ε _{T_A} = W _A (FNc) Dans le cos où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors	En remplace	
Dans le cas où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors	-	2nt l'expression (2) dans l'expression (1) on obtient:
Dans le cas où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors	1 2	2nt l'expression (2) dans l'empression (1), on obtient:
Dans le cas où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors		
Dans le cas où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors	1Ee	A = - AEPA + WA (FNC) => AECA + AEPA = WA (FNC)
Dans le cos où le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, alors	1Ee	A = - AEPA + WA (FNC) => AECA + AEPA = WA (FNC)
	∆Ee,	A = - AEPA + WA (FNC) => AECA + AEPA = WA (FNC)
	4Ee	A = - AEPA + WA (FNC) => AECA + AEPA = WA (FNC)
2001 energie meanique course voe, AET=0	AEe A	$A = A E_{PA}^{B} + W_{A}^{B}(\overline{F}_{NC}) \Rightarrow A E_{A}^{B} + A E_{PA}^{B} = W_{A}^{B}(\overline{F}_{NC})$ $A = A E_{PA}^{B} + W_{A}^{B}(\overline{F}_{NC}) \Rightarrow A E_{A}^{B} + A E_{PA}^{B} = W_{A}^{B}(\overline{F}_{NC})$ $A = A E_{PA}^{B} + W_{A}^{B}(\overline{F}_{NC}) \Rightarrow A E_{A}^{B} + A E_{PA}^{B} = W_{A}^{B}(\overline{F}_{NC})$ $A = A E_{PA}^{B} + W_{A}^{B}(\overline{F}_{NC}) \Rightarrow A E_{A}^{B} + A E_{PA}^{B} = W_{A}^{B}(\overline{F}_{NC})$ $A = A E_{PA}^{B} + W_{A}^{B}(\overline{F}_{NC}) \Rightarrow A E_{A}^{B} + A E_{PA}^{B} = W_{A}^{B}(\overline{F}_{NC})$ $A = A E_{PA}^{B} + W_{A}^{B}(\overline{F}_{NC}) \Rightarrow A E_{A}^{B} + A E_{PA}^{B} = W_{A}^{B}(\overline{F}_{NC})$
	ΔEe AEe Dans le cos σῦ	A = AEPA + WB(FNC) => AEB + AEPA = WB(FNC) AETA = ETB = ETB = WB(FNC) Le système n'est soumis qu'à des forces conservatives, a lors