

**UNIVERSITE MOULAY ISMAIL  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARTS ET METIERS-MEKNES**

Concours d'entrée en Première année de l'ENSA de Meknès  
Filières : Sciences Mathématiques A et B

**Epreuve de Physique**

Durée : 2h 30

Meknès, le 26 Juillet 2012

- L'épreuve contient 6 pages
- Répondre dans la feuille : « Fiche des réponses » à rendre avec la feuille d'examen
- Toute application numérique manquant l'unité ne sera pas comptée

**Physique I (Mécanique) : Les parties I, II et III sont enchainées, la partie IV est indépendante.**

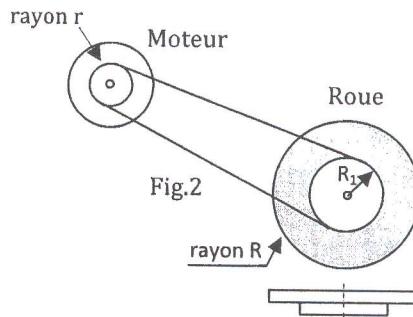
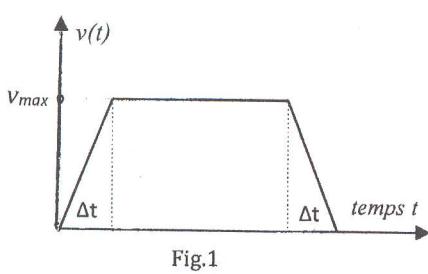
**Problème A :** On considère une motocyclette de masse  $m$  (y compris la masse du motocycliste), qui roule sur un plan horizontal ou incliné avec une vitesse  $v$  (parallèle au chemin de déplacement). La motocyclette se met en mouvement grâce à son moteur qui développe une force de traction  $F$ . On note par  $g(m/s^2)$  l'accélération de la pesanteur. Lors de son mouvement, la motocyclette est tout le temps soumise à deux forces qui s'opposent au mouvement :

- Force  $F_r$  (appelée résistance au roulement), donnée par la formule :  $F_r = f_r mg$ , où  $f_r$  est un coefficient supposé constant;
- Force  $F_a$ , résistance de l'air (appelée force aérodynamique), donnée par l'expression :  $F_a = \frac{1}{2} \rho A C_d v^2$ , où  $\rho$ ,  $A$  et  $C_d$  sont des constantes.  $\rho$  : masse volumique de l'air,  $A$  : surface frontale de (motocyclette) et  $C_d$  : coefficient constant. La vitesse  $v$  est exprimée en m/s et  $F_a$  (N).

Les directions de  $F_r$  et  $F_a$  sont parallèles à la direction du mouvement. Pour les applications numériques, on prendra :  $g=10 \text{ m/s}^2$ ,  $m=200 \text{ kg}$ ,  $\rho=1.25 \text{ Kg/m}^3$ ,  $A=0.6 \text{ m}^2$ ,  $C_d=0.75$  et  $f_r=0.007$ .

**Partie I**

1. Pour une accélération constante  $\gamma$ , sur plan horizontal, exprimer la force de traction  $F$  et la puissance  $P$  de la motocyclette que son moteur doit fournir en fonction de la vitesse  $v$ ,  $\gamma$  et des données. Après application numérique ( $\gamma=1 \text{ m/s}^2$ ), donner cette puissance en fonction de  $v$ .
2. Calculer cette puissance (notée  $P_m$ ) pour une vitesse maximale  $v=100 \text{ km/h}$ .
3. La motocyclette grimpe une pente d'angle  $\alpha$  inconnu avec une vitesse constante, exprimer l'angle maximal de la pente qu'on peut franchir pour une vitesse  $v$  donnée, en supposant que la puissance fournie par le moteur est maintenue constante à sa valeur maximale  $P_m$ . Calculer  $\alpha(^{\circ})$  pour  $v=100 \text{ km/h}$ .
4. Dans cette question, la motocyclette grimpe une pente, qui fait un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale, avec une loi de vitesse, représentée sur la figure 1. Exprimer la force de traction  $F$ , au début de la décélération, en fonction du temps de décélération  $\Delta t$ ,  $v_{max}$  et des données. Calculer  $F$  pour  $\alpha=5^{\circ}$ ,  $\Delta t=13.63 \text{ s}$  et  $v_{max}=80 \text{ km/h}$ .

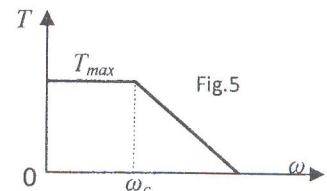
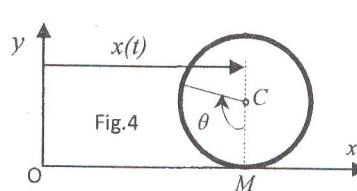
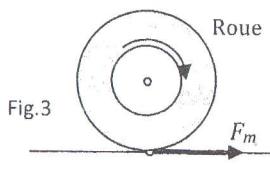


**Partie II :** Dans l'objectif de déterminer les relations entre les grandeurs relatives au moteur de la motocyclette à celles relatives à la roue, nous considérons le montage d'essai de la figure 2 : le moteur entraîne l'une des deux roues (cette roue est appelée par la suite roue motrice) à travers une courroie inextensible (assimilée à un brin) et sans glissement (dans ce montage, les axes de rotation sont supposés fixes). La roue motrice est assimilée à un plateau composé de deux cylindres homogènes coaxiaux en

aluminium de rayons respectifs  $R$  et  $R_1$ , ayant même hauteur  $h$ , la masse volumique de l'aluminium est  $\rho_a = 2690 \text{ kg/m}^3$ . On donne :

- Le moment d'inertie du moteur : négligée
- Rayon de l'arbre moteur où passe la courroie :  $r = 5,75 \text{ cm}$
- Grand rayon de la roue motrice,  $R = 21 \text{ cm}$ , hauteur  $h$  ( $h = 0.2 \text{ cm}$ )
- Rayon au niveau de la roue (motrice), où passe la courroie,  $R_1 = 11,5 \text{ cm}$

5. Exprimer le moment d'inertie de la roue motrice,  $I_r$ , en fonction de  $\rho_a$ ,  $h$ ,  $R$  et  $R_1$ . Calculer  $I_r$  en  $(\text{kg.m}^2)$ . *Rappel : le moment d'inertie d'un cylindre de rayon  $R$  par rapport à son axe est  $I = mR^2/2$ .*
6. Exprimer la vitesse angulaire  $\omega_R$  de la roue motrice en fonction de la vitesse angulaire  $\omega_m$  du moteur et les rayons  $r$  et  $R_1$ . Justifier votre réponse. En déduire une relation similaire entre les accélérations angulaires  $\dot{\omega}_m$  et  $\dot{\omega}_R$ . On pose par la suite :  $G = \omega_R / \omega_m$ .
7. Le couple  $T_e$  développé par le moteur est transmis à la roue motrice à travers la courroie, on désigne sa valeur par  $T_R$  appliquée sur la roue. On admet la relation entre ces deux couples :  $T_e = G \cdot T_R$ . Soit  $F_m$  la composante tangentielle qui matérialise l'action appliquée par le sol sur la roue motrice (fig.3). Par application du principe de la dynamique, exprimer  $F_m$  en fonction de  $R$ ,  $G$ ,  $I_r$ ,  $\dot{\omega}_R$  et  $T_e$ . Dans la suite, on admet que l'effort  $F_m$  exprimé dans cette question soit l'effort de traction que le moteur développe pour avancer.

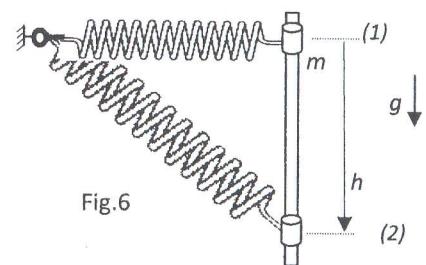


### Partie III : On considère ici que la roue roule sans glisser sur un plan horizontal (*absence de glissement*).

8. Pour un angle  $\theta$  réalisé par la roue lors de son roulement, exprimer la distance  $x$  parcourue par son centre C (fig.4).
9. Exprimer la relation entre la vitesse linéaire  $v$  du point C (égale à celle de la roue elle-même et égale aussi à la vitesse de la motocyclette) et la vitesse angulaire de la roue  $\omega_R$ . En déduire une relation similaire entre les accélérations linéaire  $y$  de C et angulaire  $\dot{\omega}_R$ .
10. En appliquant la loi de la dynamique au centre de gravité de la motocyclette et en négligeant  $F_r$  et  $I_r$  (aussi bien pour les questions 11 et 12), exprimer  $T_e$  sous la forme :  $T_e = Av + Bv^2$ , où  $A$  et  $B$  sont des constantes à identifier en fonction des données.
11. En admettant que le couple  $T_e$  soit donné en fonction de la vitesse angulaire  $\omega$  du moteur :  $T_e (\text{Nm}) = 153 - 1.16 \omega_m (\text{rd/s})$ ,  $T_{\max} = 34 \text{ Nm}$ , calculer la valeur de  $\omega_c$  (figure 5).
12. Après A.N., Donner l'équation différentielle du mouvement de la motocyclette dans le cas  $\omega_c \leq \omega \leq \omega_{\max}$ .  
A votre avis, quel sera l'intérêt de cette équation différentielle.

### Partie IV : On considère un système composé d'un petit cylindre assimilé à un point matériel de masse $m=10 \text{ kg}$ et d'un ressort de raideur $k=500 \text{ N/m}$ et de longueur initiale $l_0 = 100 \text{ mm}$ , sa longueur dans la position horizontale (1) est $l=200 \text{ mm}$ . La masse $m$ glisse sans frottement le long d'une tige verticale, tel qu'il est illustré sur la figure 6. La masse est lâchée du repos à partir de la position (1), elle atteint la position (2), située à la distance $h$ avec une vitesse $v_2$ (2). On choisit la position (1) comme référence pour l'énergie potentielle due à la pesanteur. On note $E_p$ : énergie potentielle, $E_c$ : énergie cinétique et $E_m$ : énergie mécanique, relatives au système.

13. Calculer  $E_{p1}$  et  $E_{m1}$  du système (masse-ressort) dans la position (1).
14. Exprimer  $E_{p2}$ ,  $E_{c2}$  en fonction de  $m$ ,  $g$ ,  $l$ ,  $l_0$ ,  $h$ ,  $k$  et  $v_2$ , du système dans la position (2).
15. Exprimer la vitesse  $v_2$  de la masse lors de son passage vers le bas devant la position h, en fonction de  $m$ ,  $g$ ,  $h$ ,  $l$ ,  $l_0$  et  $k$ .  
Calculer  $v_2$  pour  $h=150 \text{ mm}$ .



## Physique II (Electricité) :

### Problème.

Sur la figure (Fig.1) est schématisé un circuit électrique comportant un générateur de tension continue de force électromotrice  $E = 10 \text{ V}$ , un condensateur de capacité  $C$ , une bobine d'inductance  $L$  et de résistance négligeable, trois conducteurs ohmiques de résistances  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$ , et quatre interrupteurs  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  et  $K_4$ .

On utilise une centrale d'acquisition qui permet de visualiser les tensions  $u_C$  et  $u_L$  et le courant  $i_L$ .

Toutes les expériences sont indépendantes, et les valeurs de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $L$  et  $C$  peuvent changer d'une expérience à l'autre.

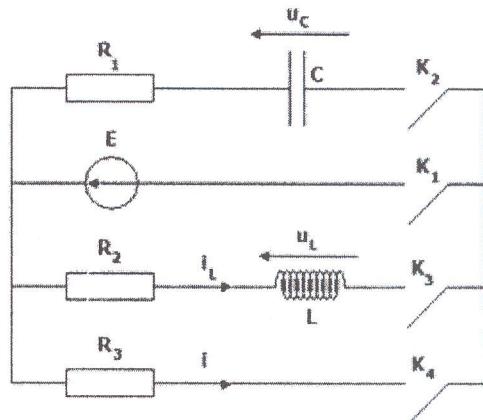


Fig.1

### Expérience A.

Dans cette expérience, les interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$  sont fermés,  $K_3$  et  $K_4$  sont ouverts.

1. Donner l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C$  en fonction de  $R_1$ ,  $C$  et  $E$ .
2. La résistance  $R_1 = 20 \Omega$ , et la constante du temps du circuit vaut  $0,4 \text{ ms}$ . Déduire la valeur de la capacité  $C$ .
3. Une fois le condensateur totalement chargé, quelle sera la valeur de la tension  $u_C$  à ses bornes ?
4. Si l'on remplace  $R_1$  par deux conducteurs ohmiques montés en parallèle de résistances  $R = 10 \Omega$  chacun. Quelle sera la valeur de la constante du temps du nouveau circuit ?

### Expérience B.

Dans cette expérience, les interrupteurs  $K_1$  et  $K_3$  sont fermés,  $K_2$  et  $K_4$  sont ouverts.

Le courant  $i_L$  est reporté sur la figure (Fig.2).

5. Quelle est la valeur numérique de la constante du temps du dipôle  $RL$  ?
6. En déterminant la valeur finale du courant  $i_L$ , donner la valeur de la résistance  $R_2$ .
7. Déduire la valeur de l'inductance  $L$ .
8. On remplace la bobine par deux bobines montées en série d'inductances  $L_1 = 0.6 \text{ H}$  et  $L_2$ . Déterminer la valeur de  $L_2$  pour que le circuit ait une constante de temps double.

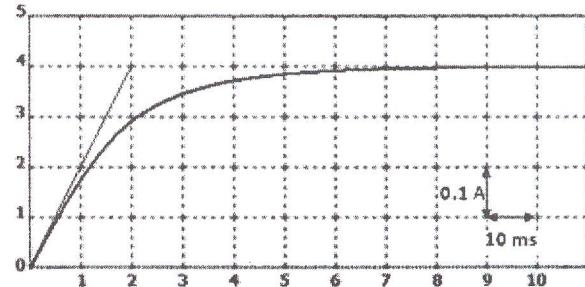


Fig.2

### Expérience C.

Les résistances  $R_1$  et  $R_2$  sont court-circuitées (on peut considérer  $R_1 = R_2 = 0 \Omega$ ), les interrupteurs  $K_2$  et  $K_3$  sont fermés,  $K_1$  et  $K_4$  sont ouverts.

On mesure la fréquence propre d'oscillation à l'aide d'un oscilloscope et on trouve  $f_0 = 356 \text{ Hz}$ . Quand on branche un autre condensateur de capacité  $C' = 10 \mu\text{F}$ , on trouve  $f_0 = 270,7 \text{ Hz}$ .

9. Calculer la valeur de la capacité  $C$  et la valeur de l'inductance  $L$ .

### Expérience D.

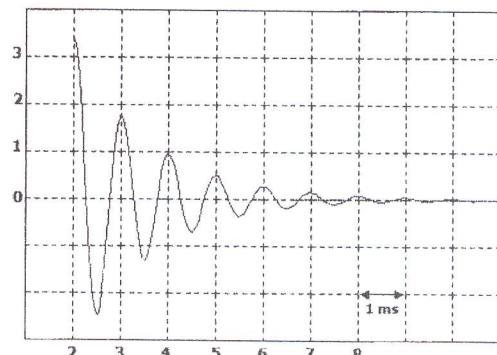
Les résistances  $R_1$  et  $R_2$  sont court-circuitées (on peut considérer  $R_1 = R_2 = 0 \Omega$ ), et on remplace la bobine par une autre d'inductance  $L'$  et de résistance  $r$ .

Initialement, le condensateur est complètement chargé, et est supposé de capacité  $C = 50 \mu F$ .

A l'instant  $t=0$ , les interrupteurs  $K_2$  et  $K_3$  sont fermés,  $K_1$  et  $K_4$  sont ouverts.

L'évolution de la tension  $u_C$  est reportée sur la figure (Fig.3).

10. En supposant que la pseudo-période est à peu près égale à la période propre d'oscillation du circuit LC, calculer la valeur de l'inductance  $L'$ .



Exercice.

Fig.3

Répondre par Vrai ou Faux

1.	La constante de temps d'un dipôle RL est inversement proportionnelle à la valeur de la résistance.
2.	La constante du temps d'un circuit RL est égale à la durée nécessaire pour que le courant y circulant se stabilise.
3.	La période propre d'oscillation d'un circuit LC augmente lorsque la valeur de la capacité C augmente.
4.	On peut considérer que la résistance interne d'une bobine L n'a aucun effet sur la période d'oscillation d'un circuit LC.
5.	La capacité équivalente de deux condensateurs en série est toujours inférieure à la valeur de la capacité la plus faible.
6.	Dans un circuit LC parfait la tension aux bornes du condensateur tend vers zéro en régime permanent.
7.	L'intensité du courant dans un circuit RC en début de charge est non nulle même si le condensateur est initialement déchargé.
8.	La résistance équivalente de deux conducteurs ohmiques en série est toujours supérieure à la valeur de la résistance la plus grande.
9.	On ne peut pas utiliser un oscilloscope pour mesurer l'intensité du courant dans un circuit RC.
10.	L'impédance d'un condensateur en régime continu est très faible.
11.	La valeur efficace d'une tension sinusoïdale peut être négative.
12.	Quand la fréquence du courant diminue, l'impédance d'une bobine augmente.
13.	Si le courant traversant une bobine est constant, alors forcément la tension à ses bornes est nulle.
14.	La tension aux bornes d'un condensateur est en avance de phase par rapport au courant le traversant.
15.	La capacité équivalente de deux condensateurs en parallèle est toujours de valeur supérieure à la valeur de la capacité la plus grande.
16.	Quand la fréquence du courant diminue, l'impédance du condensateur augmente.
17.	En régime continu, un condensateur est équivalent à un court-circuit.
18.	Quand un condensateur est totalement chargé, le courant qui le traverse est nul.
19.	La tension aux bornes du condensateur, dans un circuit RC, est toujours apériodique.
20.	La tension aux bornes du condensateur, dans un circuit RLC en régime libre, est toujours pseudopériodique.

Cette feuille ne doit porter aucun signe indicatif ni signature  
Filières SM A et B

FICHE DES REPONSES (Physique I) : Questions 1 à 15			Note
1.	Force de traction : $F =$		
	Puissance : $P =$	$P(v) =$	
2.	$P_m =$		
3.	$\alpha =$	A.N. $\alpha =$	
4.	$F =$	A.N. $F =$	
5.	Moment d'inertie $I_r =$	A.N. $I_r =$	
6.	$\omega_R =$	Justification :	$\dot{\omega}_R =$
7.	$F_m =$		
8.	Relation $(x, \theta)$ :		
9.	Relation $(v, \omega_R)$ :	Relation $(y, \dot{\omega}_R)$ :	
10.	Couple : $T_e =$		
	A=	B=	
11.	Vitesse angulaire : $\omega_c =$		
12.	Equation différentielle :		
13.	Energies (1) : $E_{p1} =$	$E_{m1} =$	
14.	Energies (2) : $E_{p2} =$		
	$E_{c2} =$		
15.	Vitesse : $v_2 =$	A.N. $v_2 =$	

**(Physique II)**

Cette feuille est un document à rendre et ne doit porter aucun signe indicatif ou signature du candidat

<b>Problème</b>		Chaque question est notée sur 2 points	
		Réponse	Note
1.	L'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c$ en fonction de $R_1$ , $C$ et $E$ .		
2.	La valeur de la capacité $C$ .	$C =$	
3.	La tension $u_c$ aux bornes du condensateur.	$u_c =$	
4.	La valeur de la constante du temps du nouveau circuit.	$\tau =$	
5.	La valeur numérique de la constante du temps du dipôle $RL$ .	$\tau =$	
6.	La valeur de la résistance $R_2$ .	$R_2 =$	
7.	La valeur de l'inductance $L$ .	$L =$	
8.	La valeur de $L_2$ .	$L_2 =$	
9.	La capacité $C$ et la valeur de l'inductance $L$ .	$C =$ et $L =$	
10.	La valeur de l'inductance $L'$ .	$L' =$	

**Exercice (bonne réponse : +1, mauvaise réponse : -0.5)**

Question	Réponse (Vrai/Faux)	Note
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Question	Réponse (Vrai/Faux)	Note
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

Question	Réponse (Vrai/Faux)	Note
11.		
12.		
13.		
14.		
15.		

Question	Réponse (Vrai/Faux)	Note
16.		
17.		
18.		
19.		
20.		

Note

Cette feuille ne doit porter aucun signe indicatif ni signature  
Filières SM A et B

FICHE DES REPONSES (Physique I) : Questions 1 à 15			Note
1.	Force de traction : $F =$		
	Puissance : $P =$	$P(v) =$	
2.	$P_m =$		
3.	$\alpha =$	A.N. $\alpha =$	
4.	$F =$	A.N. $F =$	
5.	Moment d'inertie $I_r =$	A.N. $I_r =$	
6.	$\omega_R =$	Justification :	$\dot{\omega}_R =$
7.	$F_m =$		
8.	Relation ( $x, \theta$ ) :		
9.	Relation ( $v, \omega_R$ ) :	Relation ( $\gamma, \dot{\omega}_R$ ) :	
10.	Couple : $T_e =$		
	A =	B =	
11.	Vitesse angulaire : $\omega_c =$		
12.	Equation différentielle :		
13.	Energies (1) : $E_{p1} = 2,5 \text{ J}$	$E_{m1} = 2,5 \text{ J}$	
14.	Energies (2) : $E_{p2} = -mgh$ $E_{c2} = \frac{1}{2} m V_2^2$		
15.	Vitesse : $v_2 = \sqrt{2gh + \frac{k}{m} (\ell - l_0)^2}$	A.N. $v_2 = 9,031 \text{ m/s}$	

(Physique II)

Cette feuille est un document à rendre et ne doit porter aucun signe indicatif ou signature du candidat

Problème		Chaque question est notée sur 2 points	
	Réponse	Note	
1.	L'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c$ en fonction de $R_1$ , $C$ et $E$ .	$R_1 C \frac{dU_c}{dt} + U_c = E$	
2.	La valeur de la capacité $C$ .	$C = 2 \times 10^{-6} F = 20 \mu F$	
3.	La tension $u_c$ aux bornes du condensateur.	$u_c =$	
4.	La valeur de la constante du temps du nouveau circuit.	$\tau = 100 \text{ ms}$	
5.	La valeur numérique de la constante du temps du dipôle $RL$ .	$\tau = 20 \text{ ms}$	
6.	La valeur de la résistance $R_2$ .	$R_2 = 25 \Omega$	
7.	La valeur de l'inductance $L$ .	$L = 0,5 H$	
8.	La valeur de $L_2$ .	$L_2 =$	
9.	La capacité $C$ et la valeur de l'inductance $L$ .	$C =$ et $L =$	
10.	La valeur de l'inductance $L'$ .	$L' =$	

Exercice (bonne réponse : +1, mauvaise réponse : -0.5)

Question	Réponse (Vrai/Faux)	Note
1.	Vrai	
2.	Faux x	
3.	Vrai	
4.	Vrai	
5.	Vrai	

Question	Réponse (Vrai/Faux)	Note
6.	Faux	
7.	Vrai	
8.	Vrai	
9.	Vrai	
10.	Faux	

Question	Réponse (Vrai/Faux)	Note
11.	Faux	
12.	Faux	
13.	Faux	
14.	Faux	
15.	Faux	

Question	Réponse (Vrai/Faux)	Note
16.	Vrai	
17.	Vrai	
18.	Vrai	
19.	Vrai	
20.	Faux x	

Note