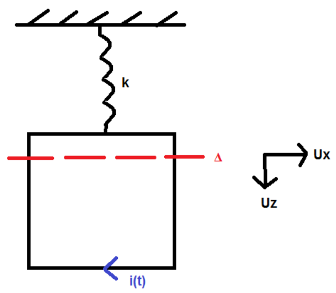
RETOUR ORAUX 2016

La plupart des exercices sont rédigés sans fournir de schéma et sans donner toutes les données nécessaires à la résolution. Apprenez à modéliser un problème et à introduire les grandeurs dont vous avez besoin. Les planches de concours sont néanmoins souvent plus détaillées que ce que j'ai retranscrit ici, mais l'esprit du programme est à l'épuration…

1

Exercice 1

On dispose d'un cadre de côté a, de masse m et de résistance R. Le champs $\vec{B} = B\vec{u}_y$ n'est présent qu'en dessous de l'axe Δ. On suppose qu'à l'instant initial le centre du cadre se situe sur l'axe Δ et que le ressort est allongé d'une longueur z_0.
Etablir l'équation du mouvement et effectuer un bilan de puissance.



Exercice 2

Une vitre de voiture (de conductivité thermique λ_1 = 1 W.m^{-1}.K^{-1}) est recouverte d'une épaisseur e_0 = 3 mm de glace (de conductivité thermique λ_2 = 2 W.m^{-1}.K^{-1}). On allume le chauffage pour dégivrer la vitre. La voiture est maintenue à la température T_i = 30 °C par le radiateur et la température extérieure est T_e = - 5 °C.
On note e_1 = 1 cm l'épaisseur de la vitre et e(t) l'épaisseur de la glace. Les coefficients de conducto-convection à l'intérieur et à l'extérieur de la voiture sont respectivement h_i = 50 W.m^{-2}.K^{-1} (élevé car on utilise la fonction dégivrage du chauffage qui envoie l'air chaud sur le pare-brise) et h_e = 10 W.m^{-2}.K^{-1}.
On donne : l'enthalpie de fusion de la glace L_f = 334 kJ.kg^{-1}, chaleur massique $c_{verre} = 720\ \mathrm{J.kg^{-1}.K^{-1}}$ et $c_{glace} = 2{,}0\ \mathrm{kJ.kg^{-1}.K^{-1}}$, masse volumique $\mu_{verre} = 3\ \mathrm{kg.L^{-1}}$ et $\mu_{glace} = 1\ \mathrm{kg.L^{-1}}$.

1°) Exprimer les résistances entre l'intérieur et l'interface vitre/glace et entre l'extérieur et l'interface vitre/glace.

2°) Vérifier qu'en régime stationnaire la température de l'interface est supérieure à zéro.
En fait dès que la température de l'interface atteint 0°C, la glace commence à fondre. On suppose que la température de l'interface reste égale à 0°C et que l'épaisseur de glace diminue.

3°) Justifier à quelles conditions on peut supposer l'évolution ultérieur comme quasi stationnaire.

4°) Etablir l'équation différentielle de e(t), sous la forme $\frac{de(t)}{dt} = \frac{\alpha}{\beta + e(t)} + \gamma$ où α, β, et γ sont à déterminer.

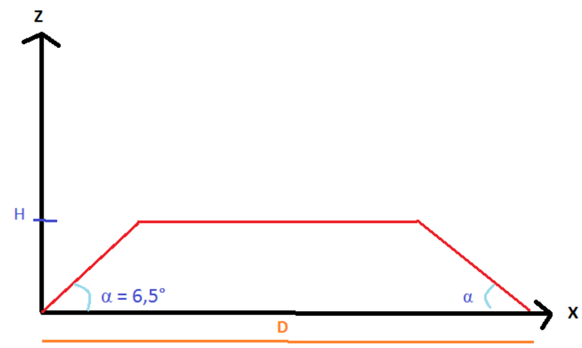
5°) Résoudre l'équation et vérifier la validité de l'approximation.

Mines 2016 -50 min sans préparation- (Selma Malberg) [2 exos relativement classiques mais non triviaux surtout la fin du 2]

2

Un avion monte et descend avec un angle $\alpha = 6{,}5°$. $V_{\text{initial montée}} = V_0 = 280$ km/h.

L'avion est soumis aux forces de portance $\vec{N} = \rho V^2 K_z \vec{u}_{z'}$ et de trainée $\vec{T} = \rho V^2 K_x \vec{u}_{x'}$, normale et tangente à la trajectoire de l'avion.



1°) Modéliser l'atmosphère afin de déterminer les variation $\rho(z)$ de la masse volumique de l'air.

2°) Déterminer les vitesses V_1 en fin de montée ; et V_2 la vitesse en palier.

Application numérique pour H = 10 000 m.

Commentaires

Je n'ai pas traité l'autre question.

ECP I 2015 – 30 min sans préparation - (Selma Malberg) []

3

Hydrazine N_2H_4

I – Préliminaire

Données : $T_{ébu}(N_2H_4) = 114$ °C, ${}_7N$ et ${}_1H$

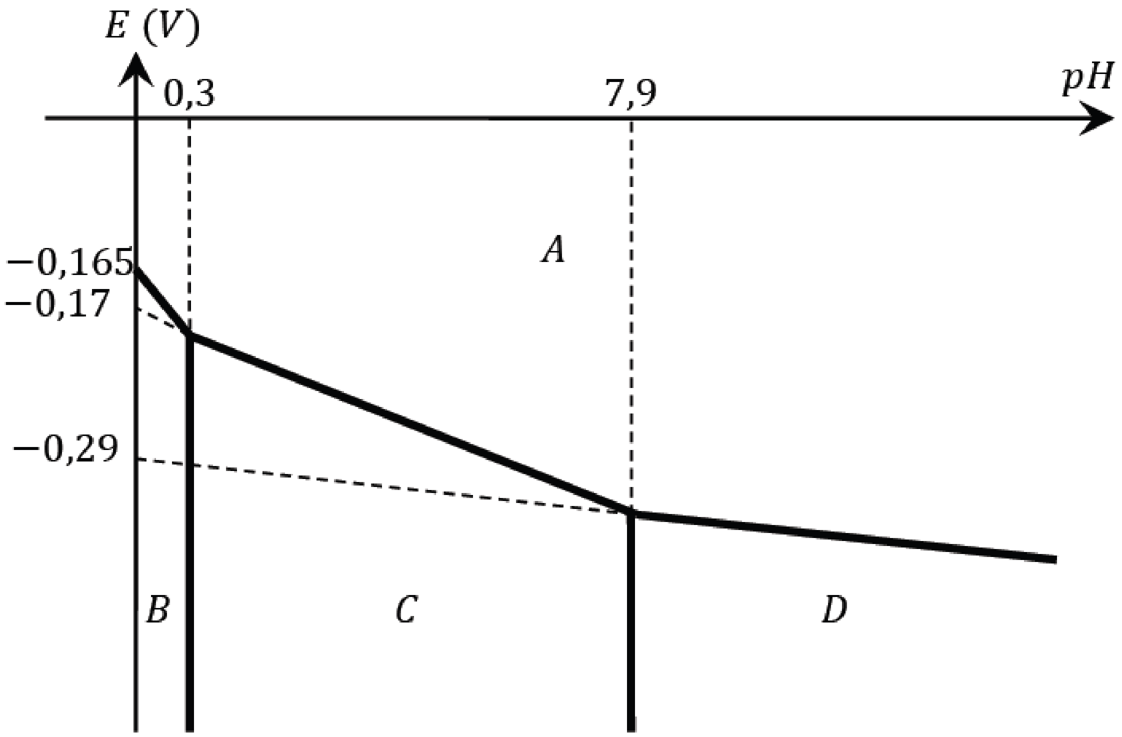
1°) Justifier par un schéma de Lewis que N a un doublet libre dans N_2H_4

Pourquoi sa température d'ébullition est élevée ?

Est-ce que N_2H_4 est miscible dans l'eau ?

2°) Placer les espèces N_2, N_2H_4, $N_2H_5^+$, $N_2H_6^{2+}$sur le diagramme E-pH

Convention : T = 298K, p°=p_{gaz}= 1 bar, [soluté] = 10^{-2} mol/L



Puis trouver $E°(N_2/N_2H_4)$

II –
En présence de catalyseurs, on peut avoir deux réactions différentes. On suppose les réactions instantanées.
Réaction (1) N_2H_4 donne du diazote et du NH_3
Réaction (2) N_2H_4 donne du diazote et du dihydrogène

1°) $n_{initial}$ = 1 mol et $T_{initiale} = T_0$ =300 K. Calculer $\Delta_1H°$ et $\Delta_2H°$. Que peut-on en dire ? Trouver les températures finales, application numérique et commentaires.
2°) $T_1 \approx$ 2900 K et $T_2 \approx$ 900 K. Quels sont les risques de T_1 élevé ?
3°) Quelle réaction est la plus avantageuse pour faire décoller une fusée ? (En pratique c'est (2) et pourtant $T_1 > T_2$, pourquoi ?)

<u>Données :</u>
$\Delta_fH(N_2H_4)$ = 50,63 kJ/mol
$\Delta_fH(NH_3)$ = - 46,2 kJ/mol
$C_p°(N_2) = C_p°(H_2) = 21\ J.K^{-1}.mol^{-1}$, $C_p°(NH_3) = 37\ J.K^{-1}.mol^{-1}$
Masse molaire : $M_H = 1\ g.mol^{-1}$, $M_N = 14\ g.mol^{-1}$

L'examinateur posait beaucoup de questions orales entre les différentes questions :
Définition d'une liaison hydrogène ? quelle est la nature de la liaison hydrogène et des autres liaisons mises en jeu dans N_2H_4 ?
N_2H_4 en milieu basique, réagit-il plus dans l'eau neutre ou l'eau acide ?
Rappeler ce qu'est la détente de Joule-Thompson. Comment s'appelle un appareil réalisant une détente de Joule-Thompson ?

ECP II 2016 -30 min de préparation et 30 min de passage (Selma Malberg) []

4
<u>Exercice 1 :</u> Le câble coaxial avec beaucoup de questions intermédiaires
<u>Exercice 2 :</u> Exercice d'électricité de sup. Un circuit avec deux mailles, un condensateur, une résistance R, une résistance 2R, un générateur et un interrupteur.
Questions classiques : comportement attendu en régime permanent, comportement en 0 lors de la fermeture de l'interrupteur, trouver u(t) et tracé la courbe.

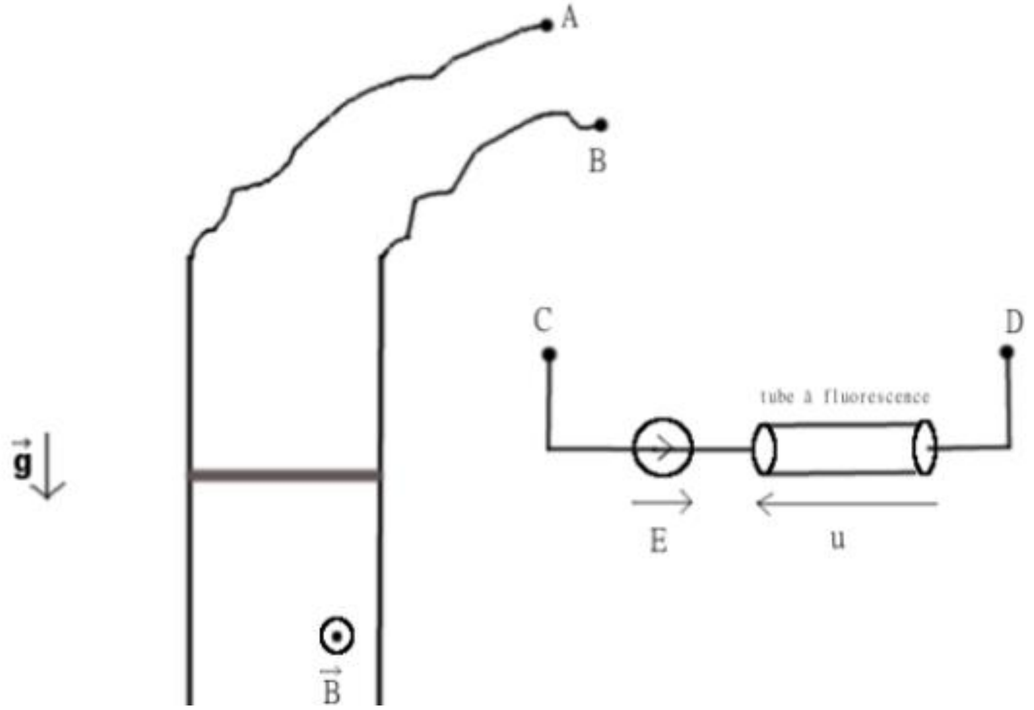
CCP 2016 (Selma Malberg) [exercice 1 cf exo 7 TD ondes électromagnétiques]

5
La mer est un milieu diélectrique de constante ε_r et de conductivité électrique γ.
On envoie une onde électromagnétique en incidence normale sur la mer.
1°) Ecrire les équations de Maxwell dans la mer en déduire l'équation de propagation puis caractériser la forme de l'onde dans la mer.
2°) Trouver les coefficients de réflexion et de transmission en amplitude puis en puissance.

ECP I 2016 (David Ratiney) [Exercice très classique, facile mais calculatoire]

6
On se donne deux parties de circuit : La première est constituée d'une barre de masse m, de résistance négligeable et qui est astreinte à glisser sans frottement sur deux rails verticaux séparé d'une distance a. L'ensemble est placé dans un champ magnétique constant et uniforme horizontal $\vec{B}$. La seconde est constituée d'un générateur de tension E constante et

d'un tube à fluorescence en série. On peut relier ces deux parties de circuit par les quatre bouts A, B, C et D.



Le tube fonctionne de telle sorte qu'en l'absence de courant il est équivalent à un interrupteur ouvert. Si la tension u dépasse E_a alors le tube s'allume et se comporte comme une résistance R. Si la tension diminue en dessous de E_e alors le tube s'éteint et le courant cesse de passer. On suppose que $0 < E < E_e < E_a$

1°) Comment doit-on brancher les deux parties du circuit pour que le tube puisse s'allumer ?

2°) Le tube s'allume au bout d'un temps t_a, en déduire l'expression de E_a.

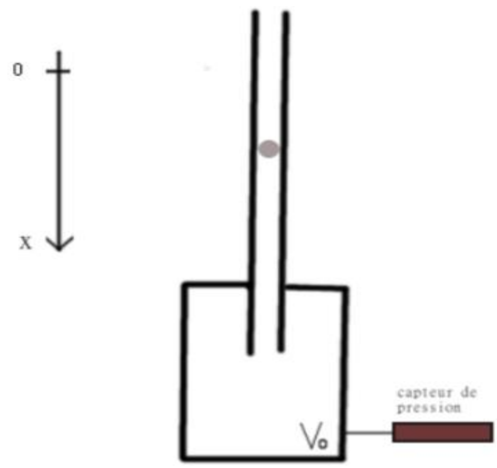
3°) A quelle condition le tube se ré-éteindra après s'être allumer ?

ECP I 2016 (Hugo Rouillard) [Induction original]

7

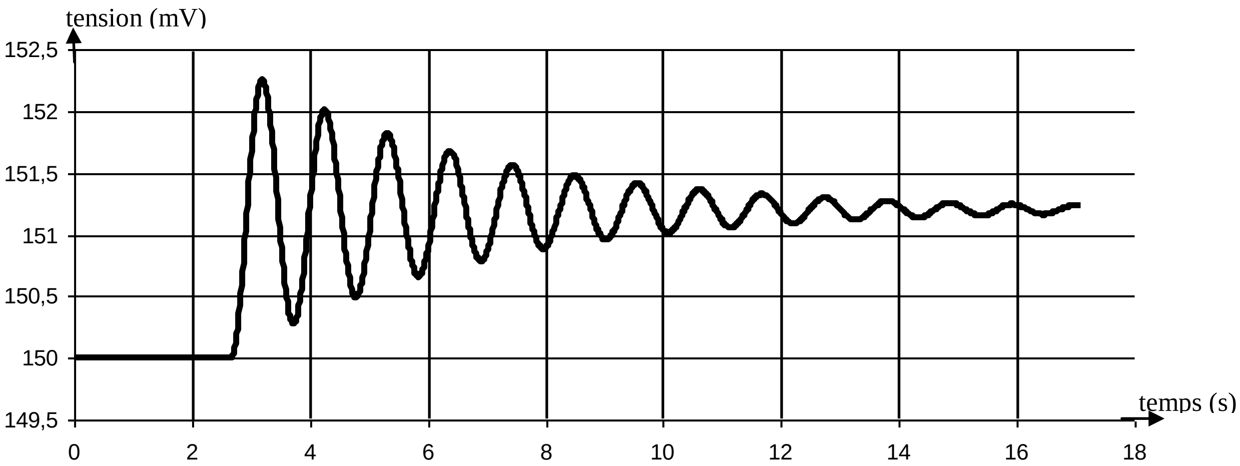
Données :

- masse de la bille : $m = 16$ g
- Volume du récipient : $V_0 = 10$ L
- Pression atmosphérique : $P_0 = 10^5$ Pa
- Section du tube : $s = 2\ 10^{-4}\ m^2$
- Diffusivité thermique du verre : $D = 5\ 10^{-7}\ m^2.s^{-1}$



Un récipient en verre de volume total V_0 contient un gaz supposé parfait de coefficient $\gamma = \dfrac{C_P}{C_V}$. Une bille de diamètre exactement égal à celui du tube qui sort du récipient peut se déplacer verticalement. Un capteur de pression relève la pression dans le récipient au cours du temps.

On lâche la bille sans vitesse initiale et le capteur relève la courbe ci-dessous :



1°) Expliquer la forme de la courbe. L'état final de la pression dépend-il du caractère isotherme ou adiabatique d'évolution du gaz ? Trouver le coefficient d'étalonnage entre la tension délivrée par le capteur et la pression mesurée. Vérifier que l'état final du système est cohérent avec les données.

2°) Modéliser la diffusion thermique à travers le verre du récipient, en déduire un ordre de grandeur du temps de diffusion de la chaleur à travers les parois du récipient.
Justifier à l'aide de ce résultat et de la courbe expérimentale que l'on peut modéliser l'évolution du gaz comme isentropique.

3°) En utilisant les résultats de la question précédente et une approximation que vous justifierez, montrer que la grandeur $P-P_0$ peut être considérée linéaire en x. On donnera le coefficient de probabilité en fonction de γ, s, V_0, et P_0.

4°) Trouver une équation différentielle sur x et donc sur P. Comparer sa solution avec les résultats expérimentaux.

5°) Déduire des résultats expérimentaux la valeur de γ.

ECP II 2016 (Hugo Rouillard) [Aussi eu par Anatole Guerin]

8

Question de cours :

Pour la question de cours, il m'a exactement passé un petit bout de feuille du programme officiel :

Notions et contenus	Capacités exigibles
5. Mouvements dans un champ de force centrale conservatif	
Point matériel soumis à un seul champ de force centrale.	Déduire de la loi du moment cinétique la conservation du moment cinétique. Connaître les conséquences de la conservation du moment cinétique : mouvement plan, loi des aires.
Énergie potentielle effective. État lié et état de diffusion.	Exprimer la conservation de l'énergie mécanique et construire une énergie potentielle effective. Décrire qualitativement le mouvement radial à l'aide de l'énergie potentielle effective. Relier le caractère borné à la valeur de l'énergie mécanique.

Exercice :

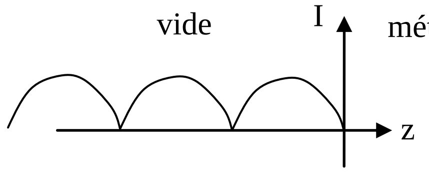
Soit une OPPM en incidence normale sur un conducteur parfait.

Déterminer :

- L'onde réfléchie
- La résultante de l'onde incidente et de l'onde réfléchie

- Les valeurs moyennes des densités volumiques d'énergie électrique et magnétiques ainsi que celle du vecteur de Poynting.

Un détecteur relève l'intensité de l'onde en fonction de la distance au métal, on obtient la courbe ci-dessous. A laquelle des trois grandeurs dont-on a calculer la valeur moyenne est sensible le détecteur ?



Mines 2016 – 25 min de préparation et 55 min de passage (Hugo Rouillard) [exo classique]

9

Exercice 1 :

Soit un cadre carré de côté 2a, de résistance totale R, tourne à la vitesse ω autour d'un axe vertical (Oz) passant par son centre. Un champ magnétique horizontal et uniforme $\vec{B} = B\vec{e}_x$ occupe tout l'espace balayé par le cadre.

1°) Calculer la force électromotrice induite.

2°) Définir un moment magnétique associé au cadre et en déduire le moment des forces de Laplace.

3°) Calculer la puissance dissipée par effet Joule et la puissance mécanique du moteur qui fait tourner le cadre. Interpréter par un bilan énergétique.

Exercice 2 :

Soit une ailette de refroidissement de longueur L = 20 cm et de section a×b=2mm×10cm. Elle est constituée d'un métal de conductivité thermique $\lambda = 100\ W.m^{-1}.K^{-1}$. La puissance par unité de surface échangée entre l'ailette est l'air ambiant est $h(T-T_a)$ où T est la température locale de l'ailette et T_a celle de l'air ambiant.
L'une des extrémités de l'ailette est maintenue à $T_m = 50°C$.

1°) Donner la dimension de h.

2°) Etablir une équation différentielle sur T.

3°) Résoudre et simplifier la solution compte tenu des valeurs numériques.

4°) Combien faut-il d'ailettes pour évacuer 0,9 kW ?

CCP 2016 – 25 min de préparation et 55 min de passage (Hugo Rouillard) [exo très classique !]

10

Soit un fil métallique souple de longueur L est posé sur une table. Ses deux extrémités sont fixés en deux points A et B distant de d < L. Il est parcouru par un courant constant I et plongé dans un champ magnétique vertical uniforme.
Quelle forme prend le fil ?
Même question dans l'espace avec un champ magnétique parallèle à (AB), on pourra négliger le poids du fil.

ENS cachan 2016 (Pierrick Chatillon) []

11

Question de cours :

Equation locale de Poynting.

Evaluer un ordre de grandeur des champs électriques associés à un laser de laboratoire de puissance 1 mW et au le soleil sachant que l'irradiation solaire de la terre est de l'ordre de 173 pettaWatt.

<u>Exercice :</u>
Soit une barre conductrice qui glisse sans frotter sur deux rails distants de a. Le circuit ainsi constitué est fermé sur une bobine d'inductance L.
On lance la barre avec une vitesse $v_{0.}$ Déterminer l'évolution ultérieur du système. Faire un bilan énergétique.
Que cela change-t-il si l'on tient compte de la résistance du circuit.

Mines 2016 (Pierrick) [classique]

12
Phénomène de diffusion dans différents domaines de la physique :

I Diffusion thermique :

Etablir l'équation de diffusion de la chaleur. Définir la difusivité thermique d'un matériau. Donner son ordre de grandeur et son unité. Quel est le temps de diffusion du noyau à la surface de la terre ?

II En électromagnétisme

Qu'est ce que l'ARQS ? En justifiant les approximations effectuées établir l'équation de propagation du champs électrique dans un milieu conducteur de conductivité γ. Définir une profondeur de pénétration du champs électrique dans le métal.

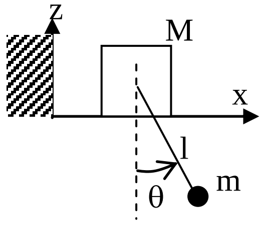
III Diffusion de particule (mouvement Brownien)

On s'interresse à des particules de masse m se déplaçant de manière aléatoire dans un fluide thermostaté à la température T (on simplifiera le mouvement comme étant unidirectionnel suivant l'axe (Ox)). Les particule sont soumises à une force de frottement visqueuse $f = -m\alpha\dot{x}$ et à une force aléatoire $F(t)$ traduisant les chocs avec les molécules de fluides. On suppose donc que $\langle F(t)\rangle = 0$ et $\langle xF(t)\rangle = 0$, que la moyenne se fasse dans le temps ou sur un grand nombre de particules.
Rappeler la définition de u la vitesse quadratique moyenne des particules et donner son expression en fonction de m et T.
A partir de la relation fondamentale de la dynamique sur une particule établir une équation différentielle sur $x\dot{x}$. En faisant la moyenne sur un grand nombre de particules en déduire :
$\overline{x\dot{x}} = A\exp(-\frac{t}{\tau}) + \frac{k_B T}{\alpha}$ où A est une constante d'intégration et τ une grandeur à définir.
Sachant que $\alpha \approx 10^8$ SI, trouver la loi $\overline{x^2}(t)$ et définir un coefficient de diffusivité des particules dans le fluide.

ECP II 2016 (Emmanuel Michta) [I et II facile III dur]

13

Un palet de masse M est astreint de se déplacer horizontalement suivant l'axe (Ox). Au centre du palet est fixer un pendule de longueur l et de masse m qui peut osciller autour de (Oy).
Initialement le palet est contre le butoir qui occupe l'espace z < 0 et le pendule fait un angle θ_0 avec l'axe vertical. Etudier le mouvement du chariot.



Mines 2016 (Emmanuel Michta) [l'épreuve comportait un second exo de thermo pas intéressant – sic - !]

14

Exercice 1 :

Un gaz parfait suit le cycle suivant :

$A \to B$: compression isentropique de P_1 à P_2

$B \to C$: échauffement isobare de T_B à T_C

$C \to D$: détente isentropique de P_2 à P_1

$D \to A$: refroidissement isobare de T_D à T_A

On pose $\alpha = \dfrac{P_2}{P_1}$ et $\gamma = \dfrac{C_P}{C_V}$

1°) Représenter le cycle dans le diagramme de Clapeyron. Le cycle est-il moteur ou récepteur ? Justifier.

2°) Donner l'expression des échanges thermiques au cours du cycle et leur signe.

3°) Calculer le rendement du cycle d'abord en fonction des température puis de α et γ.

Exercice 2 :

Soit deux OPPM polarisées rectilignement dans la même direction. En un point de l'espace le déphasage de l'une par rapport à l'autre vaut θ.

Calculer en ce point la moyenne temporelle des vecteurs de Poynting associés à chacune des ondes, puis celui de la résultante des deux ondes. Commenter.

CCP 2016 (Adélaïde Aubriot) []

15

Exercice sur la comète ISON avec un texte donnant des information sur sa désintégration à l'approche du soleil.

1°) Citer les différentes trajectoires possibles d'un objet en interaction gravitationnelle avec le soleil. Caractériser son énergie mécanique dans chaque cas.

2°) Quelle est la forme du vecteur vitesse au périhélie de sa trajectoire ? Donner un ordre de grandeur de sa valeur.

3°) En modélisant la comète comme deux boules collées par leur interaction gravitationnelle, montrer qu'elle se désintègre à l'approche du soleil.

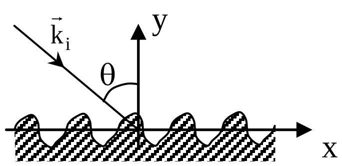
ECP I –sans préparation- 2016 (Adélaïde Aubriot) [Exercice sur ''la limite de Roche'' fait à l'exercice n°5 du TD changement de référentiel]

16

Etait donné un texte sur la réflexion et la diffraction.

1°) Qu'est-ce que la réflexion spéculaire ? La réflexion diffuse ? A qu'elle condition une lumière est-elle diffractée et qu'elle sont les propriété de l'onde diffractée.

On considère une onde électromagnétique plane progressive, polarisée rectilignement : $\vec{E}_i = E_0 \exp i(\vec{k}_i \cdot \vec{r} - \omega t)\vec{u}_z$. Elle tombe sur la surface d'un métal parfaitement conducteur. Cette surface est définie par son équation cartésienne y = f(x), f étant une fonction inconnue de période a. On cherche l'onde réfléchie sous la forme $\vec{E}_r = E_{r0}(x, y, z) \exp i(-\omega t)\vec{u}_z$.



2°) Pourquoi $E_{r0}(x,y,z)$ ne dépend-il pas de z ? Trouver une équation sur $E_{r0}(x,y,z)$.

Etudier une solution de la forme $E_r(x, y, z) = A \exp i(\alpha x + \beta y)$ en déduire une relation entre α, β et $k = \frac{\omega}{c}$.

3°) Utiliser la périodicité de la forme de la surface pour trouver les valeurs de α permises.

4°) Interpréter le résultat obtenu en le rapprochant d'un phénomène optique connu.

ECP II 2016 -30 min de préparation- (Adélaïde Aubriot) [Exo 4 du TD onde électromagnétique]

17

Les anomalie gravitationnelles donnent des informations sur l'univers. Soit une météorite de masse volumique ρ_1 de rayon R encastrée dans le sol (de masse volumique $\rho_2 < \rho_1$), à une distance d > R de la surface.

1°) Rappeller l'analogie gravitation/électrostatique.

2°) On note $\vec{g}_0$ l'anomalie gravitationnelle due à la présence de la météorite. On a en un point M de la surcface du sol $\vec{g}_0(M) = \vec{g}(M) - \vec{g}_{sans}(M)$, où $\vec{g}(M)$ est le champ gravitationnel et $\vec{g}_{sans}(M)$ celui en l'absence de météorite. Calculer $\vec{g}_0$ en tout point de la surface de la planette (on pourra supposé que dans la zone autour de la météorite, la planète peut être considérée comme plate).

3°) Un tableau donne la valeur de $\|\vec{g}_0\|(x, y)$ en tout point du sol. Comment fait-on pour la mesurer ? Déduire des valeur fournies R et d.

4°) Si la surface de la terre est un lac au dessus de la météorite. Donner la forme de la surface du lac z(x,y).

ECP I 2016 (Anatole Guerin) []

18

<u>Question de cours :</u>

Décrire la propagation d'une onde électromagnétique dans un milieu conducteur de conductivité γ en régime lentement variable.

Connaissez-vous des application dans la vie courante ? Quels sont les ordres de grandeur de γ pour les métaux ?

<u>Exercice :</u>

Une bille est lachée en haut d'une rampe à une hauteur h. Au bout de la rampe est placer un cercle dans laquelle la bille peut glisser. Quelle est la hauteur minimale h pour que la bille fasse un looping ?

Qu'est-ce qui change en présence de frottement ?

Mines 2016 -20 min de préparation- (Augustin Thiebot) []

19

Soit un four calorifugé de volume V. Au centre du four se trouve une petite sphère de rayon a maintenue à la température T_S. Initialement l'air du four est à la température T_0.
On cherche à déterminer la forme de T(M,t) en chaque point du four extérieur à la source en fonction du temps.

Première modélisation : Supposer que la température de l'air est à chaque instant uniforme.

Deuxième modélisation : supposer le volume du four infini.

- Trouver la forme du régime stationnaire
- Pour trouver le régime transitoire, chercher une solution qui a la forme du régime stationnaire avec des constantes variables dans le temps.
- Réduire la forme de la solution à une seule fonction temporelle dont on donnera la signification physique, puis la forme en fonction de la solution de la première modélisation.

Troisième modélisation : Cas du volume V fini

- Reprendre la forme de la seconde modélisation et trouver une expression intégrale implicite de la fonction temporelle inconnue.
- En déduire une équation différentielle sur la fonction inconnue la résoudre et en déduire : $T(r,t) = T_s - \left(1+\frac{a}{r}\right)(T_s - T_0)\exp\left(-\frac{4\pi D a}{V - \frac{4}{3}\pi a^3}t\right)$

Bonus : Soit une tige infinie calorifugée, on impose en x = 0 T = T_S. Initialement $T(x\neq 0, t=0) = T_0$. Peut-il y avoir un régime stationnaire ? Quelle est la longueur caractéristique sur laquelle la température n'est plus T_0 ?

ULM 2016 (Ezra Rozier) [progressivement dur, les différentes modélisation sont données au fur et à mesure par l'examinateur]

20

Exercice 1 :

Un anneau de rayon R et section s petite est constitué d'un métal de conductivité thermique λ. Il est totalement isolé thermiquement. Initialement la température n'est pas uniforme $T(\theta)$ avec $\theta \in [-\pi, \pi]$. La température moyenne est T_m.

Quelle est le temps caractéristique d'uniformisation de la température ?

Trouver $T(\theta,t)$ et retrouver le temps carcactéristique.

Données : $\mu = 7{,}8\,10^3\ \text{kg.m}^{-3}$, $c = 750\ \text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $\lambda = 18\,10^{-2}\ \text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $R = 16\ \text{cm}$, $s = 20\ \text{mm}^2$

Exercice 2 :

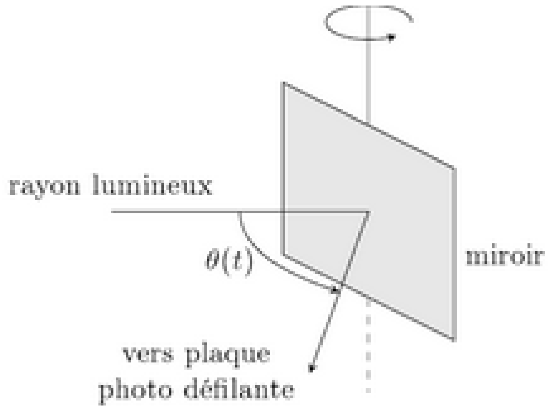
Soit un terrain de rugby orienté nord sud à la latitude de λ =45 °. Un jour tire entre les poteaux avec une vitesse initiale de v_0 faisant un angle α = 45° avec l'horizontale.

Donner les coordonnées du point d'impact du ballon quand il touche pour la première fois le sol.

Mines 2016 -15 min de préparation pour l'exo 1, exo 2 sans péparation- (Louise Loech) []

21

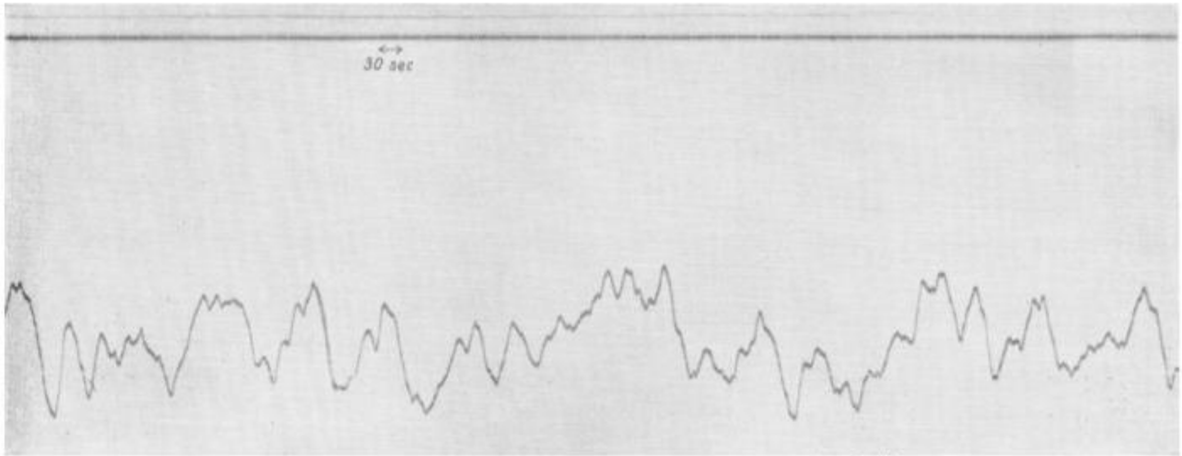
L'expérience de Kappler (1931) a permis de mesurer la constante de Boltzman à partir des fluctuations de position d'un petit pendule de torsion placé dans une enceinte thermostaté de température T. Le pendule est constitué d'un petit miroir suspendu au bout d'un fil de quartz. Ce miroir peut tourner autour du l'axe du fil et sa position est repérée par l'angle de torsion α du fil, angle entre la normale $\vec{n}$ du miroir et $\vec{n}_0$ la direction de la normale quand le fil n'est pas tordu. Le fil exerce sur le miroir un couple de rappel $-C\alpha$ où C est une constante caractérisant le fil. Du fait des chocs des molécules de gaz contenues dans l'enceinte avec le miroir, l'angle α fluctue autour de 0. Pour mesurer les variation de α, on envoie un faisceau laser sur le miroir. On appelle θ l'angle entre le faisceau incident et le faisceau réfléchi. Le rayon réfléchi arrive sur un film photographique situé à une grande distance L du miroir. Le film mesure en fonction du temps, la distance d du point d'impact du laser avec sa position lorsque $\alpha = 0$.



On données : T = 283 K, C = 9,43 10^{-16} kg.m^2.s^{-2}, L = 86,3 cm

Trouver la relation entre d et α.

Le relevé de l'expérience est donné ci-dessous :



Registrieraufnahme der Brownschen Bewegung (natürliche Größe).
Direktionskraft 2,66·10^{-9} abs. Einh. Trägheitsmoment 6,1·10^{-6} abs. Einh. Abstand Spiegel-Kamera: 86,5 cm.
Zeitmarke: 30 sec $dx = 2$ mm. b) 4·10^{-3} mm Hg. Temperatur 10° C

Fig. 4b

En déduire la valeur quadratique de α $\left(\sqrt{\langle \alpha^2 \rangle}\right)$ puis une valeur approchée de k_B.

Comment peut-on faire pour déterminer expérimentalement C ?

ECP I 2016 (Louise Loech) [Exercice de Physique Statistique]

22

<u>Fluorure d'hydrogène</u>

I $CaF_{2(s)} + H_2SO_{4(l)} = CaSO_{4(s)} + 2\,HF_{(g)}$ à 25°C

On donne : $\Delta_r H^0(25°C) = 57$ kJ.mol^{-1} et $\Delta_r S^0(25°C) = 228$ J.K .mol^{-1}

1°) Définir calculer et commenter la variance.

2°) Calculer l'enthalpie libre standard et commenter.

3°) Calculer la pression de HF à 25°C

4°) Faut-il mieux travailler à hautes ou basses températures ? à hautes ou basses pression ?

II Le fluorure d'hydrogène est un polymère de $(HF)_n$ qui devient HF à la suite d'une élévation de température. La densité du mélange gazeux est définie par $d = \frac{\rho}{\rho_{air}}$ où les deux masses volumiques sont évaluées dans les mêmes conditions de température et de pression.

1°) Montrer que : $d = \frac{M}{M_{air}}$ où M est la masse molaire du mélange et $M_{air} = 29$ g.mol^{-1}.

2°) A l'équilibre : $(HF)_n \;=\; n\,HF$ de constante K_D. Exprimer d en fonction de n et α la constante de dissociation.

3°) On donne les valeurs de la densité en fonction de la température. En déduire n et K_D.

ECP II 2016 (Louise Loech) []

23

Exercice 1 :

Soit une OOPM de fréquence f = 10 kHz se propageant vers les x croissants et polarisée suivant (Oz) dans un plasma constitué d'ions et d'électrons de masse respective M et M à la même densité particulaire n. On néglige les interactions entre particules et le mouvement des ions.

1°) En effectuant les approximations que vous jugerez appropriées et en les justifiants à postériori, déterminer l'amplitude de la vitesse des électrons.

2°) Déterminer la densité volumique de courant électrique puis l'équation de propagation et enfin celle de dispersion.

3°) Définir un fréquence f_D caractéristique du plasma et discuter de la forme de l'onde en fonction de la valeur de f comparée à f_D.

Exercice 2 :

Soit deux dipôles D_1 et D_2 en séries, ils forment un quadripôle où la tension d'entrée est aux bornes de D_1 et D_2 et la tension de sortie aux bornes de D_2.
D_1 et D_2 sont constitué en tout d'une résistance R, d'un condensateur C et d'une bobine parfaite L. On fait les expériences suivantes :

- Si $e = E_0$ tension continue alors le courant traversant D_1 et D_2 est constant égale à I_0.
- En régime sinusoïdal on relève le diagramme de bôde et on obtient un passe bande dont on mesure la fréquence de résonance f_0 et la bande passante Δf .

Décrire le circuit et donner les valeurs de R, L et C.

CCP 2016 (William Blaufuks) []

24

Exercice I

Soit un satellite de masse m en orbite circulaire autour de la lune à une altitude h_0 et à une vitesse v_0.

1°) Que peut-on dire de la stabilité radiale du satellite ?

2°) Le satellite est maintenant soumis à une force de frottement faible de norme $\beta\frac{mv^2}{h}$ opposé à la vitesse.

- Comment varie l'énergie mécanique ?
- Calculer la variation d'altitude au bout d'un tour.

Données : $\beta = 10^{-8}$ SI , $g_{lune} = 1{,}63\ \text{m.s}^{-2}$, $R_{lune} = 1736\ \text{km}$, et $h_0 = 171\ \text{km}$

Exercice II

Soit un gaz parfait effectuant un cycle en contact avec deux sources de chaleur, une chaude à 450 K l'autre froide à 300 K. Le cycle est constitué :

$A \rightarrow B$ compression isotherme de V_1 à V_2

$B \rightarrow C$ isochore

$C \rightarrow D$ détente isotherme de V_2 à V_1

$D \rightarrow A$ isochore

On donne $\alpha = \frac{V_2}{V_1} = 2$ calculer le rendement du cycle.

Mines 2016 (William Blaufuks) []

25

Une enceinte est composée d'un bâti de masse m_1 et d'un pied de masse m_2, telle que la distance pied bâti soit égale à $d(t) = d_0 + \cos(2\pi ft)$

1°) On pose l'enceinte sur le sol. A quelle condition l'enceinte ne décolle –t-elle jamais du sol ?

2°) On pose l'enceinte sur un support de masse M relié au sol par un ressort (l_0,k) en parallèle avec un amortisseur de constante h (la force que l'amortisseur exerce sur le support est $-hv_{support}$).

Trouver l'équation du mouvement. De quel filtre s'agit-il ? Condition de résonance ?

Cela facilite-il la condition du 1°) ?

ECP 2016 (William Blaufuks) []

26

On modélise un matériau comme N (>>1) atomes reliés à leur position d'équilibre par un ressort. L'oscillateur harmonique quantique peut avoir une infinité de niveaux d'énergie discrets de valeur : $\varepsilon_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\varepsilon_0$

1°) Quelle est la probabilité pour un atome d'être dans le niveau d'énergie ε_n ?

2°) Calculer l'énergie moyenne du matériau.

3°) En déduire l'expression de $C_P(T)$. Commenter l'allure de la courbe.

ECP 2016 (Yoann Jayer) [Physique statistique fait en TD]

27

On considère un cylindre infini de section S, constitué d'une infinité de cavités similaires rempli d'air séparées par des pistons de masse m. Initialement la pression est uniforme dans le cylindre et les pistons sont distant de a. Les pistons et la paroi latérale sont calorifugés.

Etudier le mouvement des pistons pour de faibles oscillations.

X 2016 (Yoann Jayer) [Pensez à l'exo du TD d'optique géométrique avec la succession de lentilles]

28

Question de cours :

Quelle est la définition d'une résistance thermique ? Quelles sont les conditions d'application ? Comment la calcule-t-on ? Donner des exemples dans différentes géométries.

Exemples d'application.

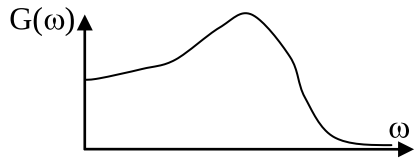
Exercice :
On considère un plasma constitué d'électrons (m_e, -e) et de protons (m_P, +e) de densité particulaire égale n_0 à l'équilibre. On déplace les électrons d'une distance $\varepsilon(x,t)$ (avec $\frac{\partial \varepsilon}{\partial x} << 1$).

Calculer la charge locale $\rho(x,t)$ en fonction de $\varepsilon(x,t)$. En déduire le champ électrique créé. Puis étudier le mouvement d'un électron et en déduire un temps caractéristique.

Mines 2016 -20 min de préparation- (Yoann Jayer) []

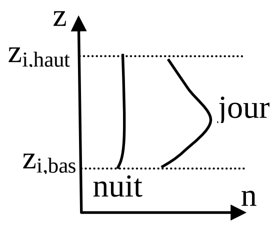
29

Exercice 1 :



Etude d'un filtre pour système audio type Hi-Fi. On donne la courbe du gain en amplitude $G(\omega)$:
On demande de déterminer les paramètres du filtre (calcul à faire sur la fonction mathématique fournie) pour que le spectre audible soit dans la bande passante mais avec une distorsion minimale des différentes fréquences.
Puis on demande la réponse à un signal créneau ou triangle de fréquence proche de f_0 ou très grande devant f_0.

Exercice 2 :



Pour obtenir la précision d'un GPS il faut tenir compte des effets relativistes dans le calcul des positions des satellites. Un long document (''beaucoup de bla-bla'' sic) explique que l'ionosphère entraîne également un retard. Un graphique donne la densité d'électrons en fonction de l'altitude.
On demande d'évaluer l'ordre de grandeur du retard induit par l'ionosphère.

Mines 2016 – 30 min de préparation pour l'exo 1, le 2 sans préparation (Erwan Quintin) [Exo proche du cours mais la difficulté provient du fait qu'il n'y a pas de questions intermédiaires et qu'il faut justifier toutes les approximations]

30

Exercice 1 :
Un condensateur cylindrique chargé est soumis à un champ magnétique parallèle à son axe. On éteint le champ magnétique, qu'arrive-t-il au cylindre ?

Exercice 2 :
Soit un solide astreint de tourner dans un plan vertical autour d'un point O. On note a = OG où G est le centre de gravité du solide. On défini l'angle $\theta = \left(\overrightarrow{OG}; \vec{e}_z\right)$.
On suppose que le solide à une énergie potentielle qui s'écrit : $E_P = mga|\sin\theta|$
Etudier le mouvement autour d'une position d'équilibre stable.

X 2016 (Erwan Quintin) []

31

On considère une enceinte de volume Ω contenant N particules identiques de masse m à l'équilibre à la température T.

On introduit le Viriel : $V = \sum_i \vec{r}_i \cdot \vec{F}_i$ qui est la somme sur toutes les particules du produit scalaire de la position de la particule avec la force totale qui s'exerce sur elle.

1°) Montrer que $2\overline{E}_c + \overline{V} = 0$ où E_C est l'énergie cinétique totale du gaz et $\overline{X}$ la moyenne temporelle de X.

2°) On a $\vec{F}_i = \vec{F}_{i,int} + \vec{F}_{i,ext}$ avec $\vec{F}_{i,int} = \sum_{j \neq i} \vec{F}_{j \to i}$ la force d'interaction de la particule i avec les autres particules et $\vec{F}_{i,ext}$ la force d'interaction de la particule i avec les parois de l'enceinte. Montrer que $V_{ext} = -3P\Omega$.

3°) En déduire l'équation d'état du gaz sous la forme : $nRT = P\Omega - \dfrac{V_{int}}{3}$.

4°) Dans le cas d'un gaz de Van der Vaals on supposera que $\vec{F}_{j \to i} = -\dfrac{K\vec{r}_{ji}}{r_{ji}^8}$ si $r_{ji} > a$ et 0 sinon, avec $\vec{r}_{ji} = \vec{r}_i - \vec{r}_j$ et K une constante. Montrer que $nRT = \left(P + \dfrac{N^2\alpha}{\Omega^2}\right)\Omega$ où α dépend des constantes du problème.

ENS 2016 (Erwan Quintin) [Dur et hors programme]

32

Exercice 1 :

On a un rail de Laplace incliné d'un angle alpha de manière à ce que le poids de la barre travaille. Questions: déterminer la loi de vitesse et faire un bilan de puissance

Exercice 2 :

Soit un solide à la température Ts, dans de l'air à la température T. On prend une surface S sur le solide, et on fixe une ailette de refroidissement cylindrique pleine de section S. Comparer la puissance thermique dissipée à travers la section S avec/sans ailette.

Mines 2016 (Mathias Rabault) [Classique]

33

Exercice 1 :

Calculer le champ dipolaire à partir du potentiel dipolaire (formule fournie). Soient deux fils infinis parallèles chargés d'une charge linéique lambda. Déterminer le champ électrostatique en tout point de l'espace et comparer au champ dipolaire.

Exercice 2 :

Un cycle est fourni dans le diagramme de Clapeyron. On demandait le travail fourni et son signe, en fonction de pressions et de volumes caractéristiques du cycle.

CCP 2016 (Mathias Rabault) [cf exo 1 planche 14 et exo 2 planche 25]

33

<u>Question de cours :</u>

- Donner les solutions de l'équation de D'Alembert à une dimension (f(x-ct) ?)
- Qu'est-ce qu'une OPPM ? Quelles est sa structure lorsqu'il n'y a ni charge ni de courant" ?
-"Quelles sont les différentes catégories des ondes elm, donner une application pour chaque catégorie"
- Énoncer la Loi de Malus.

<u>Exercice :</u>

Un point matériel A, de masse m, est lâché sans vitesse initiale sur une glissière correspondant à un quart de cercle de centre O et de rayon R (O est à distance 2R du sol).

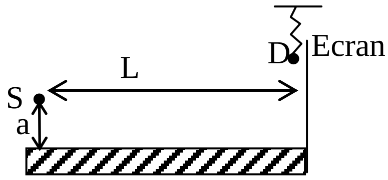
1°) Trouver l'abscisse de la masse quand elle touche le sol.

2°) Trouver un ordre de grandeur du temps de chute.

3°) Montrer que le temps de chute s'écrit en fonction de R, de g, et d'une intégrale sur l'angle repérant la position dans la glissière que l'on ne demande pas de calculer.

Mines 2016 (Youval Vanlaer) []

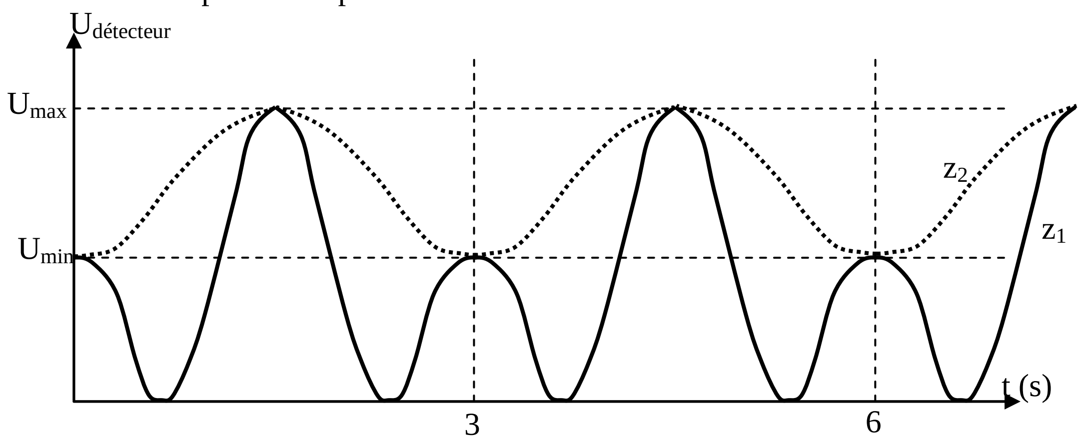
34



Une source monochromatique de longueur d'inde $\lambda = 638\,\text{nm}$ est placée au dessus d'un miroir à une distance a = 1 mm. On fixe un écran perpendiculairement au miroir à une distance L = 1 m de la source.

1°) Montrer que ce dispositif est équivalent aux trous d'Young et décrire ce que l'on observe sur l'écran.

2°) On accroche un photodétecteur de masse m) 10 g à un ressort de k, il oscille devant l'écran. On défini un axe (Oz) vertical ascendant, O correspondant à la position d'équilibre du détecteur qui correspond aussi à un maximum d'intensité. On effectue deux expériences en lâchant sans vitesse initiale le détecteur en z_1 puis z_2. On relève la tension en fonction du temps relevée par le détecteur.



Calculer z_1, z_2 et a.

ECP I – sans préparation - 2016 (Alienor Delhay) []

35

On étudie la stabilité d'une voûte de masse M uniformément répartie sur un demi cylindre de rayon R. On repère les coordonnés d'un point de la voûte par (R,θ,z). La partie de la voûte comprise entre 0 et θ exerce sur le reste de la voûte une force $\vec{R}(\theta) = R_r(\theta)\vec{e}_r + R_\theta(\theta)\vec{e}_\theta$. On note : $F_A = -R_r(0)$.

1°) Déterminer $R(0)$ et $R(\pi)$ à l'équilibre en fonction de M, g et F_A.

2°) Déterminer $\vec{R}(\theta)$ et le mettre sous la forme $\vec{R}(\theta) = Y(\theta)\vec{e}_x + Z(\theta)\vec{e}_z$. Que représente F_A ?

A disposition un programme python pour tracer $Z(\theta)$

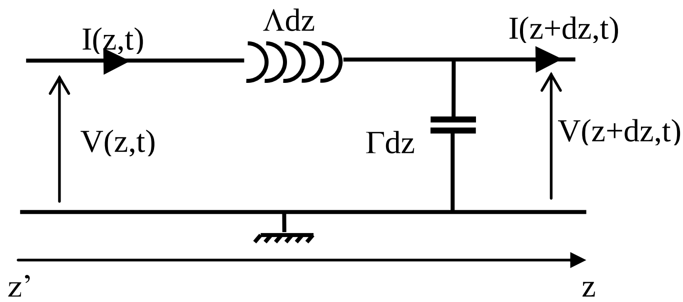
3°) On place un contrefort sur les sommiers (C'est-à-dire un bloc de pierre au contact des pierres de la voûte en contact avec le sol). Faut-il le placer à l'intérieur ou à l'extérieur de la voûte ?

ECP II 2016 – 30 min de préparation 30 min de passage (Aliénor Delhay) [manque la fin…]

36

Exercice I :

Soit une ligne électrique constituée d'une succession de circuit comme celui ci-contre :



1°) Trouver une relation entre i(z,t), i(z+dz,t) et V(z+dz,t), puis entre V(z,t), V(z+dz,t) et i(z,t).

2°) En déduire une équation différentielle sur i ou V et donner la forme des solutions.

3°) On impose $V(0,t) = V_0\cos(\omega t)$. Donner V(x,t) dans le cas d'une ligne infinie puis dans le cas ou elle se ferme sur une résistance R en z = L.

Exercice II :

Soit une goutte d'eau sphérique.

1°) Calculer l'angle de déviation subit pour un rayon incident qui pénètre dans la goutte et en ressort après une réflexion.

2°) Montrer qu'il y a un extremum de déviation.

3°) Quel phénomène cela représente-t-il ?

Petites Mines 2016 (Alienor Delhay) []
