

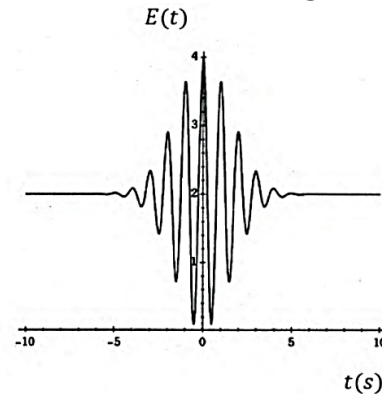
# Préparation aux oraux

## TD9 – Sujets CCINP / CMT / CCS1

### 1 Résolution de problème **CMT 1/2** : Interféromètre de Michelson et largeur d'un filtre

Un interféromètre de Michelson est monté en lame d'air et est éclairé par une source de lumière blanche étendue.

Un filtre est intercalé entre la source et l'interféromètre laissant passer la lumière au voisinage de  $\lambda = 580 \text{ nm}$  une bande de longueur d'onde de largeur  $\Delta\lambda$ .



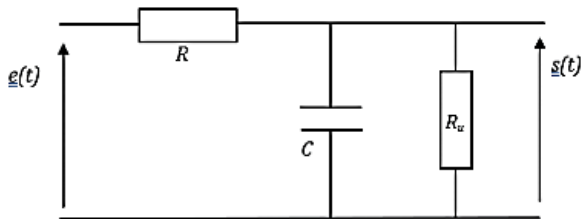
On translate l'un des miroirs à la vitesse constante  $v = 1 \text{ } \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

On enregistre l'éclairement  $E(t)$  obtenu au centre de la figure d'interférences.

On obtient le graphe ci-contre. Commenter et en déduire la valeur de  $\Delta\lambda$ .

### 2 Exercice « académique » **CMT 2/2** : Filtrage

Soit le montage ci-dessous.



2.1. Déterminer la fonction de transfert du filtre  $H(j\omega) = \frac{s(t)}{e(t)}$

En déduire les caractéristiques du filtre.

Le signal d'entrée est tel que :  $e(t) = E_0 + E_m \cos(200\pi t)$  avec  $E_0 = 10 \text{ V}$  et  $E_m = 0,1 \text{ V}$

On applique cette tension à l'entrée du filtre pour alimenter le dispositif de résistance  $R_u = 1000 \text{ } \Omega$ . Ce dispositif doit être alimenté par une tension continue d'au moins  $9 \text{ V}$ .

2.2. En déduire la valeur de  $R$ .

3.3. Comment choisir la valeur de  $C$  afin de satisfaire le « cahier des charges » ?

### 3 Exercice « académique » CMT 1/2 : Gel d'un lac

On étudie la formation d'une couche de glace à la surface d'un lac. La température en surface est  $T_s = -10^\circ\text{C}$  alors que l'eau liquide du lac est à sa température de fusion  $T_f$ . On note  $e(t)$  l'épaisseur de la couche de glace à l'instant  $t$  et on suppose que  $e(t=0) = 0$ .

1 - Exprimer la densité de courant thermique  $j_Q$  dans la couche de glace en régime stationnaire en fonction de  $e$  notamment.

2 - On note de l'épaisseur de glace formée entre  $t$  et  $t + dt$ . Exprimer  $de$  en fonction de  $j_Q$ , de l'enthalpie de fusion de la glace  $\ell$  et de sa masse volumique  $\mu$ . En déduire une équation différentielle vérifiée par  $e(t)$ .

3 - Résoudre cette équation et déterminer l'épaisseur formée au bout d'une journée, d'une semaine et d'un mois. Commenter.

*Données* : caractéristiques de la glace.

- ▷ Conductivité thermique :  $\lambda = 2,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ;
- ▷ Masse volumique :  $\mu = 917 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ;
- ▷ Enthalpie de fusion :  $\ell = 333 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

### 4 Résolution de problème CMT 2/2 : Fonte d'un glaçon

On prend un verre dans lequel on plonge un glaçon. On remplit ensuite le verre d'eau à ras bord.

- 1) Est-ce que le verre d'eau risque de déborder suite à la fonte du glaçon ?
- 2) Que se passe-t-il en remplaçant l'eau par de l'alcool ou du sirop ?



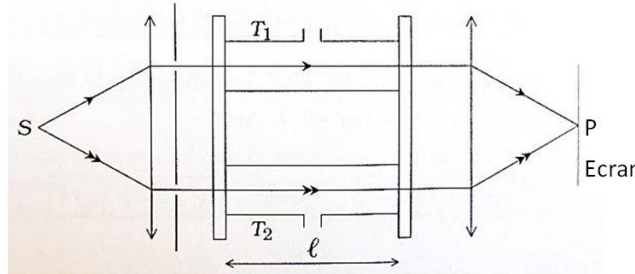
## 5 Exercice « académique » CMT 1/2 : Interféromètre de Rayleigh – Indice absolu de l'air

Généralement, on fait l'approximation  $n_{\text{air}} \approx n_{\text{vide}} = 1$ . Le but de cette expérience est de déterminer précisément l'indice  $n_0$  de l'air dans les conditions normales de température et de pression.

L'interféromètre de Rayleigh (dérivé du dispositif d'Young) est représenté sur la figure ci-dessous.

Lorsque les tubes  $T_1$  et  $T_2$  sont remplis d'air dans les conditions normales, le montage est symétrique, et on observe une frange brillante au centre P de l'écran. La source S émet la radiation  $\lambda = 0,577 \mu\text{m}$ . La longueur commune des deux tubes est  $\ell = 20 \text{ cm}$ .

$T_2$  étant toujours rempli d'air dans les conditions normales, on fait progressivement le vide dans le tube  $T_1$ .



- 1) Dans quel sens défilent les franges en P lors du pompage du tube  $T_1$  ?
- 2) Pendant le pompage, 101 franges brillantes défilent en P et lorsque la pression dans  $T_1$  est quasi nulle, on observe une frange sombre en P. En déduire la valeur de  $(n_0 - 1)$  avec  $n_0$  l'indice de l'air dans les conditions normales.
- 3) Estimer la précision de la mesure de  $(n_0 - 1)$  sachant que la largeur spectrale de la source est de 1 nm et la longueur des tubes est connue à 1 mm près.

## 6 Résolution de problème CMT 2/2 : Masse attachée à un fil

Un point matériel M de masse m, attaché à un fil, peut glisser sans frottement sur un support plan horizontal.

On note (Oz) l'axe vertical ascendant.

Le fil passe par un trou du support, noté O, et est tiré vers le bas à la vitesse  $\vec{v} = -v_0 \vec{u}_z$  avec  $v_0$  une constante positive. La masse est lancée initialement avec une vitesse angulaire  $\omega_0$  et la longueur horizontale du fil est à cet instant, égale à  $L_0$ .

▷ Déterminer l'expression temporelle de la vitesse angulaire  $\omega$  du point M autour de l'axe (Oz) en fonction des données du problème.

## 7 Exercice « académique » CCINP : Décomposition de l'éthanal

On place  $n_0$  moles d'éthanal  $\text{CH}_3\text{CHO}$  seul dans une enceinte fermée, indéformable, de volume  $V$  à la température  $T$ . À l'instant initial, la pression dans l'enceinte est  $p_0$ . Il se décompose en  $\text{CH}_4$  et  $\text{CO}$ . Tous les composés sont gazeux.

- 1 - Nommer les espèces et écrire l'équation de réaction.
- 2 - Construire le tableau d'avancement à l'instant  $t$  en fonction de l'avancement  $\xi(t)$ .
- 3 - Montrer que l'on peut suivre l'avancement par la mesure d'une seule grandeur physique.

On constate expérimentalement que la fonction  $F(t) = -\frac{p(t) - p_0}{p(t) - 2p_0}$  est proportionnelle à  $t$ .

- 4 - Montrer qu'une réaction d'ordre 2 est compatible avec ces résultats.
- 5 - Calculer le temps de demi-réaction.
- 6 - Même question pour un volume  $2V$ .

## 8 Exercice « académique » CCINP MP 2018 : Rails de Laplace avec ressort

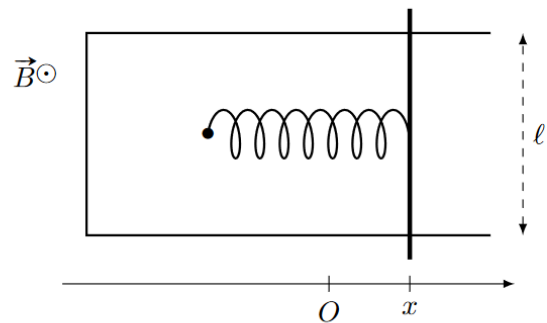
On considère un système de rails de Laplace avec un ressort fixé en un point et relié à la barre. L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme  $\vec{B} = B_0 \vec{u}_z$ . L'origine du repère est située à la position d'équilibre de la barre. Celle-ci est de masse  $m$  et glisse sans frottement sur les rails. À  $t = 0$ , on la place à la position  $x = x_0$  sans vitesse initiale.

- 1) Décrire qualitativement le mouvement.
- 2) Exprimer  $\dot{x}$  en fonction du courant  $i$ . On introduira la résistance du circuit  $R$ .
- 3) Établir l'équation du mouvement sous la forme

$$\ddot{x} + \frac{\dot{x}}{\tau} + \omega_0^2 x = 0$$

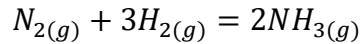
en précisant les valeurs des constantes.

- 4) Quelle est la condition sur  $\tau$  et  $\omega_0$  pour qu'il y ait un régime pseudo-périodique? Résoudre l'équation dans ce cas.
- 5) Effectuer un bilan d'énergie sur le système.



## 9 Exercice « académique » CCINP 1/2 Plane 2022 : Synthèse de l'ammoniac

On considère la réaction suivante :



On se sert de fer comme catalyseur.

- 1.a) Justifier que le fer est finement découpé et déposé sur une plaque d'alumine et de silice.
- 1.b) Le fer cristallise selon une maille cubique centrée (atomes aux sommets de la maille et un atome au centre de la maille). Déterminer la compacité de la structure.
- 2.a) L'enthalpie standard de réaction vaut  $-92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Que pouvez-vous en conclure ?
- 2.b) L'entropie standard de réaction vaut  $-200 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Justifier le signe de cette grandeur.
- 2.c) Calculer la constante d'équilibre de cette réaction à  $450^\circ\text{C}$ .
- 3.a) On réalise la réaction à  $450^\circ\text{C}$  sous 300 bar, les réactifs ayant été introduits en proportions stoechiométriques. Déterminer le rendement de la réaction.
- 3.b) On augmente la pression à température fixée, comment varie le rendement ?
- 3.c) On augmente la température à pression fixée, comment varie le rendement ?
- 3.d) Justifier les choix de l'industriel.

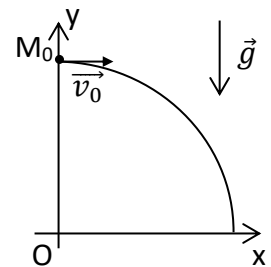
## 10 Exercice « académique » CCINP 2/2 Plane 2022 : Rupture de contact

Une bille assimilée à un point matériel  $M$  de masse  $m$ , glisse sans frottement sur un cylindre de rayon  $R$ .

La bille est lâchée depuis le point  $M_0$  avec une vitesse  $\vec{v}_0$  représentée sur le schéma. Elle glisse sur le cylindre puis en décolle en un point  $M_1$ .

On note  $\theta = \widehat{M_0OM}$ .

1. Par une approche énergétique, déterminer une relation entre  $\theta$ ,  $\dot{\theta}$ ,  $v_0 = \|\vec{v}_0\|$ ,  $g$  et  $R$ .
2. Déterminer l'expression de la réaction du support sur la bille.
3. Calculer la réaction à l'instant  $t = 0$ . En déduire que si  $v_0 > V$  (on déterminera l'expression de  $V$ ), la bille quitte la sphère dès le sommet. Calculer  $V$  pour  $R = 90 \text{ cm}$ .
4. On se place dans le cas où  $v_0 < V$ . Déterminer l'angle  $\theta_1$  pour lequel  $M$  quitte la sphère. Déterminer la distance parcourue sur la sphère par le point  $M$  lorsque  $v_0 = \frac{V}{2}$ .



### 11 **CCS1** Galot 2023 : Cavité électromagnétique

On considère un champ  $\vec{E} = E_0 \sin\left(\frac{\pi z}{a}\right) \cos(kx - \omega t) \vec{u}_y$  se propageant dans un milieu tel que pour  $0 < z < a$ , le milieu est un milieu vide de charge et de courant. Ce milieu est délimité par des conducteurs parfaits en  $z < 0$  et  $z > a$ .



- 1) Déterminer la relation de dispersion. A quelle condition l'onde peut-elle se propager ?
- 2) Exprimer la vitesse de phase et la vitesse de groupe.
- 3) Calculer le vecteur de Poynting moyen.
- 4) *Déterminer la densité d'énergie électromagnétique moyenne.*
- 5) *Déterminer la vitesse de l'énergie électromagnétique.*