

CCP : Planche d'oral 2

I – L'exercice Majeur (14 pts)

CCP9 - Cycle de Rankine (2014)

Le cycle de Rankine est le cycle de base des centrales nucléaires. La pompe d'alimentation porte l'eau liquide saturante (état 0) de la basse pression p_0 du condenseur à la pression p_1 du générateur de vapeur (GV) de façon adiabatique réversible (état 1). L'eau liquide comprimée entre ensuite dans le générateur de vapeur, isobare, où elle est chauffée jusqu'à la température T_2 du changement d'état (état 1'), puis totalement vaporisée (état 2). La vapeur saturante sèche produite subit ensuite une détente adiabatique réversible (2-3) dans une turbine. Le fluide pénètre ensuite dans le condenseur isobare pour y être totalement condensé (état 0) à la température T_1 . On appelle T_{cr} la température critique de l'eau. On négligera le travail consommé par la pompe devant les autres termes énergétiques de l'installation. On admet que $h_1 = h_0$. On donne : $t_1 = 30\text{ °C}$; $t_2 = 300\text{ °C}$ et $t_{cr} = 374\text{ °C}$.

La variation d'entropie massique pour un liquide dont la température évolue de T_1 à T_2 est $s_2 - s_1 = c_l \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$.

Données :

- Liquide saturant à $p_1 = 85,9\text{ bar}$ et 300 °C : $s = 3,24\text{ kJ.kg}^{-1}.K^{-1}$; $h = 1345\text{ kJ.kg}^{-1}$
- Liquide saturant à $p_0 = 0,04\text{ bar}$ et 30 °C : $s = 0,44\text{ kJ.kg}^{-1}.K^{-1}$; $h = 126\text{ kJ.kg}^{-1}$
- Vapeur saturante sèche à $85,9\text{ bar}$ et 300 °C : $s = 5,57\text{ kJ.kg}^{-1}.K^{-1}$; $h = 2749\text{ kJ.kg}^{-1}$
- Vapeur saturante sèche à $0,04\text{ bar}$ et 30 °C : $s = 8,46\text{ kJ.kg}^{-1}.K^{-1}$; $h = 2566\text{ kJ.kg}^{-1}$.

1°) Représenter l'allure du cycle décrit par le fluide dans le diagramme (T,s).

2°) Déterminer le titre massique et l'enthalpie massique de la vapeur à la sortie de la turbine.

3°) Calculer l'efficacité du cycle $\eta = -\frac{w_{turbine}}{q_{GV}}$.

4°) Dans quel état se trouve le fluide à la fin de la détente dans la turbine ? Pourquoi est-ce un inconvénient pour les parties mobiles de la machine ?

Rép : 1°)...

2°) $x_v = 0,64$

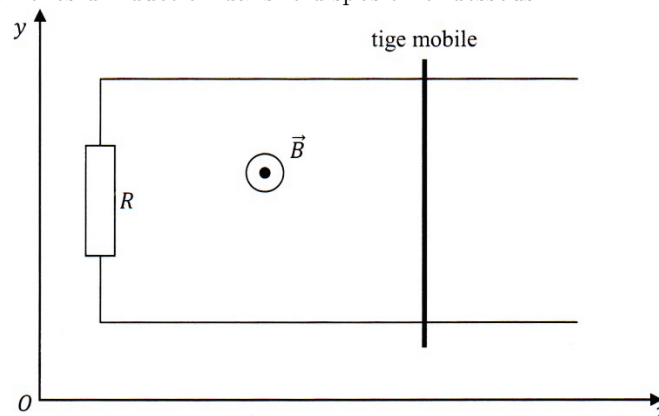
3°) $\eta = 0,40$

4°) Détérioration des pales par corrosion et contact.

CCP10 - Rails de Laplace (2015)

1°) En général, quelles sont les causes du phénomène d'induction ? Énoncez la loi de Faraday.

On étudie maintenant les phénomènes d'induction dans le dispositif ci-dessous.



Une tige de longueur a se déplace sans frottement sur deux rails de Laplace distants de a . La résistance des rails et de la tige est négligeable devant la résistance R . L'axe Oy se trouve dans le plan horizontal et l'axe Ox fait un angle α avec l'horizontale. Le système est placé dans le champ de pesanteur. On applique à la tige une force $\vec{F} = F \vec{u}_x$ de norme constante telle que la tige se déplace suivant la direction x croissante.

2°) Comment peut-on prévoir, sans calcul, le sens du courant induit ?

3°) Déterminer la fem induite ainsi que la force de Laplace exercée sur la tige.

4°) Déterminer les équations mécaniques et électriques pour le système.

5°) En déduire la vitesse de la tige ainsi que le courant circulant dans le circuit sachant qu'à l'instant initial la tige est immobile.

Rép : 1°) $e = -\frac{d\phi}{dt}$

2°)...

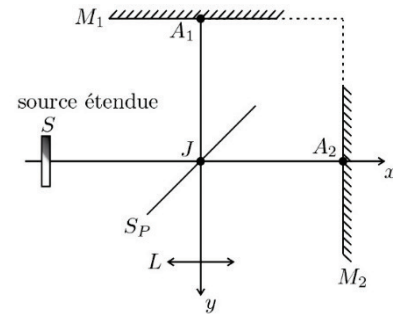
3°) $\vec{f}_{lap} = iaB \vec{u}_x$

4°) $Ri = -Bav$ et $ma_x = F - mgsina + iaB$

5°) $i = -\frac{F - mgsina}{Ba} \left(1 - e^{-\frac{B^2 a^2}{mR} t}\right)$

CCP11 - Michelson et lame de mica (2014)

Un interféromètre de Michelson est constitué par une lame semi réfléchissante, non absorbante, appelée séparatrice S_p dont les facteurs de transmission et de réflexion valent $1/2$, et de deux miroirs plans M_1 et M_2 perpendiculaires l'un à l'autre. Les distances JA_1 et JA_2 sont égales. La lame S_p est inclinée à 45° par rapport aux normales à M_1 et M_2 . La longueur d'onde de la source vaut $\lambda_0 = 546,1nm$ dans le vide, de symétrie de révolution autour de l'axe SJ. L'indice de l'air vaut $1,0$. On fait tourner le miroir M_2 d'un angle $\alpha = 1$ minute d'arc autour d'un axe perpendiculaire JA_1A_2 et passant par A_2 .



1°) Comment s'appelle ce dispositif ? Pour des rayons lumineux en incidence normale par rapport au miroir M_1 , faire apparaître à l'aide du schéma équivalent la position du plan de localisation de la figure d'interférences.

2°) Comment faut-il placer la lentille L pour observer les interférences sur un écran ?

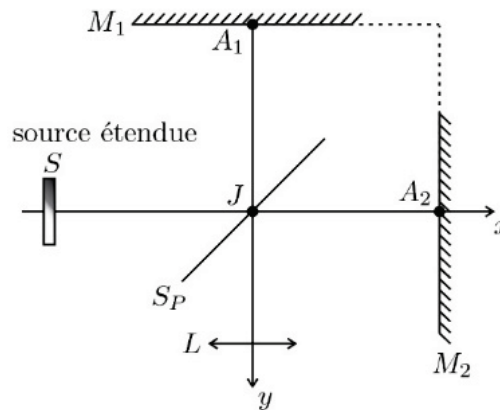
3°) Caractériser le système de franges et calculer numériquement la valeur de l'interfrange sur l'écran, sachant que le grandissement de la lentille est -4 .

4°) On translate le miroir (M_2) d'une distance l dans le sens des $x > 0$. De quelle distance se sont déplacées les franges sur l'écran ?

5°) On éclaire le coin d'air en lumière blanche avec $l=0$. On place sur le bras JA_1 et parallèlement au miroir M_1 , une lame d'épaisseur $e' = 9,5 \mu m$ et d'indice $n = 1,5117$. Indiquer un moyen de déterminer l'indice moyen de la lame connaissant son épaisseur.

Rép : 1°) Localisées sur les miroirs 2°) Conjugaison miroir/écran 3°) $i'=4i=3,75mm$ 4°) Elles se décalent de $-\frac{\gamma l}{\alpha}$ 5°) $x = \frac{(n-1)e'}{\alpha}$

CCP12 - Michelson en lame d'air (2014)



Un interféromètre de Michelson est constitué par une lame semi réfléchissante, non absorbante, appelée séparatrice S_p dont les facteurs de transmission et de réflexion valent $1/2$, et de deux miroirs plans M_1 et M_2 perpendiculaires l'un à l'autre. Les distances JA_1 et JA_2 sont égales. La lame S_p est inclinée à 45° par rapport aux normales à M_1 et M_2 . La longueur d'onde de la source vaut $\lambda_0 = 546,1nm$ dans le vide, de symétrie de révolution autour de l'axe SJ. L'indice de l'air vaut $1,0$. On observe dans le plan focal d'une lentille mince convergente L de distance focale $f = 1,0$ m.

1°) Qu'observe-t-on sur l'écran ?

2°) On déplace M_2 de $e = 1,1$ mm dans la direction des x positifs. Montrer à l'aide d'un schéma que le phénomène d'interférences observé est analogue à celui d'une lame d'air à faces parallèles. Comment s'appelle le dispositif ?

3°) Où sont localisées les interférences ? Comment les observe-t-on expérimentalement ?

4°) Déterminer les rayons des deux premiers anneaux brillants.

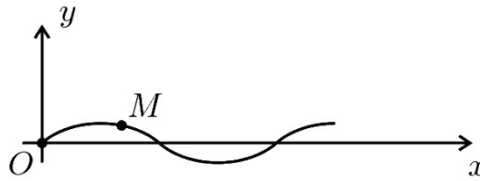
5°) On place sur le bras JA_1 et parallèlement au miroir M_1 , une lame d'épaisseur $e'=9,5 \mu m$ et d'indice $n = 1,5117$. Calculer la variation de l'ordre d'interférences au centre et les rayons des deux premiers anneaux brillants.

Rép : 1°) Teinte plate 2°) Michelson réglé en lame d'air 3°) Interférences localisées à l'infini 4°) $r_1 = 16,8mm$ et $r_2 = 27,9 mm$

5°) Les nouveaux rayons : $r_1 = 19,5mm$ et $r_2 = 29,7 mm$

CCP13 - Corde de Melde (2014)

On considère une corde vibrante de masse linéique μ , de longueur L sans élasticité et sans torsion, se déformant faiblement au voisinage d'un axe Ox . On néglige les effets de la pesanteur.



1°) Établir l'équation de propagation de d'Alembert sachant que le déplacement $y(x,t)$ est un infiniment petit d'ordre un, ainsi que l'angle $\alpha = \frac{\partial y}{\partial x}$ que fait la corde au point d'abscisse x avec l'axe Ox .

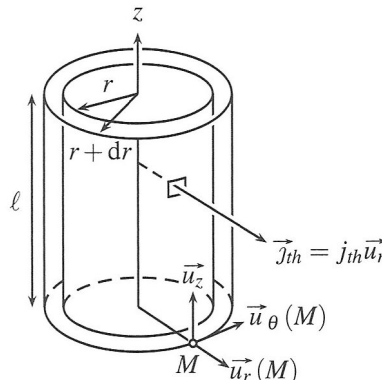
2°) La corde est tendue par le poids d'une masse m maintenue fixée sur la poulie en $x = 0$. Un dispositif impose le mouvement $y(L, t) = b \cos(\omega t)$ avec $b \ll L$. On cherche $y(x,t)$ de la forme $f(x)\cos(\omega t)$. On suppose que $\sin\left(\frac{\omega L}{c}\right) \neq 0$. Définir les nœuds et ventres de vibration.

3°) Montrer que pour certaines valeurs de ω , il y a résonance et que les pulsations possibles se mettent sous la forme $\omega_n = n\omega_1$. Représenter les noeuds et les ventres de vibration pour $n = 1$ et $n = 2$.

Rép : 1°) $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$ où $c = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ 2°) $y(x, t) = \frac{b}{\sin(kL)} \sin(kx) \cos(\omega t)$ 3°) $\omega_n = \frac{n\pi c}{L}$

CCP14 – Diffusion en symétrie cylindrique (2014)

Un fil électrique de rayon R , de longueur infinie, de conductivité thermique λ , de conductivité électrique γ , de capacité thermique massique c , de masse volumique ρ , est parcouru par un courant électrique constant et uniforme d'intensité I . On note \vec{j}_{elec} le vecteur densité de courant électrique. L'intensité I du courant est le flux de \vec{j}_{elec} . On montre dans le cours d'électromagnétisme que la puissance P délivrée par le champ électrique \vec{E} par unité de volume est : $P = \gamma E^2$.



1°) On va effectuer un bilan d'énergie thermique en coordonnées cylindriques en présence d'une source caractérisée par la puissance électrique volumique P . Démontrer que l'énergie thermique échangée par le système Σ compris entre deux cylindres de rayon r et $r+dr$ peut se mettre sous la forme :

$$\delta Q_e = -2\pi l \frac{\partial(r j_{th})}{\partial r} dr dt$$

En tenant compte de l'énergie thermique créée, et de la loi Fourier : $\vec{j}_{th} = -\lambda \frac{\partial T}{\partial r} \vec{u}_r$, démontrer que l'équation de diffusion peut s'écrire :

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + P$$

2°) Intégrer cette équation dans le cas où la température en surface du fil vaut la température extérieure T_0 en régime stationnaire. Tracer $T(r)$

3°) L'intégrer dans le cas où le flux thermique latéral à l'interface entre le fil et l'air extérieur est modélisé par la loi de Newton : $\varphi = hS(T(R) - T_0)$. Tracer $T(r)$.

Rép : 1°) On fera bien attention au fait que S dépend de r 2°) $T(r) = \frac{P}{4\lambda}(R^2 - r^2) + T_0$ 3°) $T(r) = \frac{P}{4\lambda}(R^2 - r^2) + T_0 + \frac{PR}{2h}$

CCP-15) Lame quart d'onde (2015)

On considère une onde électromagnétique se déplaçant suivant l'axe (Oz) de la forme :

$$\vec{E} = E_{0x} \cos(\omega t - kz) \vec{u}_x + E_{0y} \sin(\omega t - kz) \vec{u}_y \text{ avec } E_{0x} > 0 \text{ et } E_{0y} > 0.$$

1°) Montrer que cette onde est une onde polarisée elliptiquement et préciser son sens de rotation.

2°) On place un polariseur dont l'axe \vec{u} fait un angle α avec l'axe (Ox). Calculer l'intensité de l'onde après avoir traversé le polariseur. En déduire une méthode pour trouver les axes de l'onde incidente.

3°) On enlève le polariseur et on met une lame quart d'onde d'épaisseur e dont les axes neutres sont confondus avec les axes de l'onde incidente. On confond l'axe (Ox) avec l'axe d'indice n_o et l'axe (Oy) avec l'axe d'indice n_e tel que $n_o > n_e > 0$. Préciser l'appellation axe lent et axe rapide. Quel est l'axe lent et l'axe rapide pour cette lame quart d'onde. Donner une relation entre n_o , n_e , λ et e . En déduire la forme de l'onde après la quart d'onde.

4°) Donner une méthode pour trouver les axes de l'onde polarisée elliptiquement, le sens de polarisation et l'excentricité de l'ellipse défini par :

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{(\text{grand axe})^2 - (\text{petit axe})^2}}{(\text{grand axe})^2}$$

Rép : 1°) Elliptique gauche

$$2^\circ) I = \frac{1}{2}(E_{0x} \cos \alpha)^2 + \frac{1}{2}(E_{0y} \sin \alpha)^2$$

$$3^\circ) \delta = (n_o - n_e)e = \frac{\lambda}{4}$$

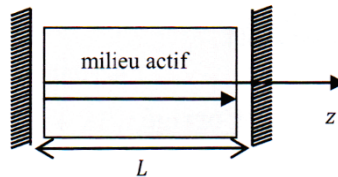
$$4^\circ) \varepsilon = \sqrt{\frac{I_{\max}^2 - I_{\min}^2}{I_{\max}^2}}$$

CCP-16) Laser (2015)

1°) Donner la signification de l'acronyme Laser.

2°) Quelle est la puissance d'un laser utilisé en travaux pratiques ? Pourquoi les lasers sont-ils considérés dangereux pour l'œil comparé à la lumière blanche provenant d'une ampoule à incandescence de 100W ?

Le schéma de principe du laser est le suivant :



3°) Lorsque le photon passe par les miroirs très peu transparent, il y a une probabilité T de sortir de la cavité qui correspond au facteur de transmission. On définit $R=1-T$ et $t_{ar} = \frac{2L}{c}$. Que représentent ces deux grandeurs ? Quelle est la probabilité pour que le photon sorte de la cavité dans l'intervalle $[t_{ar}, 2t_{ar}]$?

4°) On montre par récurrence que la probabilité pour que le photon sorte de la cavité dans l'intervalle $[n t_{ar}, (n+1)t_{ar}]$ est TR^{n-1} . Montrer que le temps de vie moyen du photon t_{vie} s'écrit $t_{vie} = \frac{2L}{cT}$.

5°) Calculer t_{vie} et la puissance incidente P_{inc} de l'onde représentée sur le schéma par une flèche dans la cavité du miroir vers le miroir peu transparent pour un laser He-Ne de puissance 10mW, $T=0,05$ et $L=0,25m$.

Rép : 1°)...

$$2^\circ) \text{ De } 0,1mW \text{ à } 1mW, \left(\frac{P}{S}\right)_{Laser} \gg \left(\frac{P}{S}\right)_{ampoule}$$

$$3^\circ) P_1 = RT = T(1-T)$$

$$4^\circ) \dots t_{vie} = \frac{t_{ar}}{T}$$

$$5^\circ) t_{vie} = 3,3 \cdot 10^{-8}s, P_{inc} = P$$

II – L'exercice « court » (6 pts)

CCP109 - Fentes d'Young (2016)

On étudie un dispositif des fentes d'Young qui est éclairé en incidence normale par une source ponctuelle monochromatique. Les fentes sont distantes de a et ont une largeur b .

1°) Faire un schéma du dispositif expérimental. Définir et calculer l'interfrange. Déterminer l'intensité observée sur un écran placé à grande distance finie des fentes si l'on néglige la largeur des fentes b .

2°) Expérimentalement, quelle est l'allure de l'intensité observée sur l'écran ?

3°) La source utilisée est un laser He-Ne de longueur d'onde $\lambda = 632,8nm$. On observe sur un écran placé à 2m derrière les fentes. La largeur de la tâche centrale vaut 36mm et l'interfrange vaut $50 \mu m$. Déterminer a et b .

Rép : 1°) $i = \frac{\lambda D}{a}$

2°)...

$$3^\circ) b = \frac{2\lambda D}{\Delta l} = 70,3 \mu m \text{ et } a = \frac{\lambda D}{i} = 25mm$$

CCP110 - Equilibre d’un fluide dans un RNG (2014)

Un cylindre de rayon R est rempli d’eau sur une hauteur h . L’eau est en équilibre avec la pression atmosphère à la pression p_0 . On met en rotation le cylindre autour de son axe jusqu’à ce qu’il atteigne la vitesse angulaire ω . On constate que l’eau se met à tourner et finit par être en équilibre par rapport au cylindre. On rappelle le gradient en coordonnées cylindriques :

$$\vec{\text{grad}} f = \frac{\partial f}{\partial r} \vec{u}_r + \frac{1}{r} \frac{\partial f}{\partial \theta} \vec{u}_\theta + \frac{\partial f}{\partial z} \vec{u}_z$$

- 1°) Déterminer la pression en tout point de l’eau.
- 2°) Montrer que l’équation de la surface libre est une parabole du type :

$$z = \frac{\omega^2 r^2}{2g} + B$$

- 3°) Calculer la constante B.

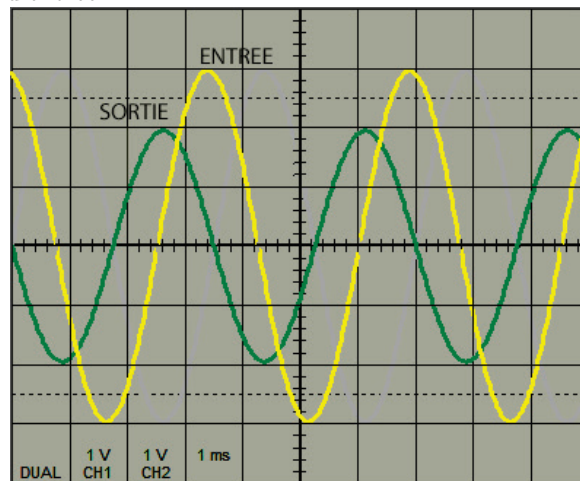
Rép : 1°) $p = \frac{\rho \omega^2 r^2}{2} - \rho g z + A$ 2°) $p_{\text{surface}} = p_0 \dots$ 3°) Conservation du volume : $B = h - \frac{\omega^2 R^2}{g}$

CCP111 - Filtre et oscillogramme (2015)

On considère un filtre dont la fonction de transfert est la suivante :

$$H(j\omega) = \frac{H_0}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + jQ \frac{\omega}{\omega_0}}$$

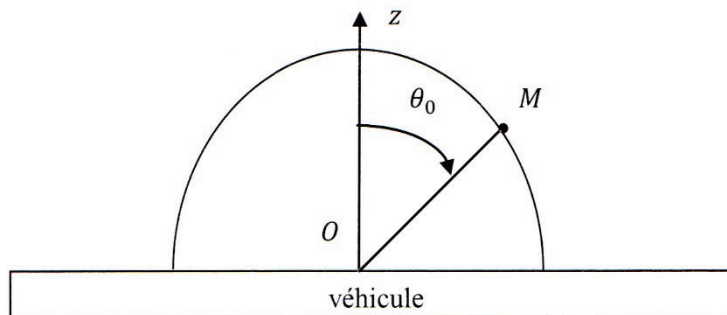
- 1°) Quelle est la nature du filtre suivant les valeurs de Q ? Tracer son diagramme de Bode en gain puis en phase.
- 2°) A l’aide de l’oscillogramme ci-dessous, déterminer les valeurs de H_0, ω_0 et Q . En régime continu, le filtre donne une tension de sortie égale à la tension d’entrée.



Rép : 1°) Filtre passe-bas mais qui peut devenir passe-bande si Q élevé 2°) $H_0 = 1, Q = \frac{2}{3}$ et $\omega_0 = 1,96.10^3 \text{ rad s}^{-1}$

CCP112 - Bille sur véhicule en translation (2015)

On pose un objet ponctuel M, sans vitesse initiale, sur un support circulaire lié à un véhicule en translation avec une accélération $\vec{\gamma}_0 = \gamma_0 \vec{u}_x$. Le mobile est repéré initialement par l’angle θ_0 . On se place dans le champ de pesanteur uniforme et on suppose le référentiel terrestre galiléen, et qu’il y a absence de frottements.



- 1°) Montrer qu’il existe un angle $\theta_0 = \theta_E$ où M est en équilibre relatif si $\theta_0 < \theta_E$.
- 2°) Retrouver la valeur de θ_E par un raisonnement énergétique.
- 3°) Discuter de la stabilité de la position d’équilibre.

Rép : 1°) $\tan \theta_E = \frac{\gamma_0}{g}$ 2°) ... 3°) Instable

CCP113 – Effet Döppler (2015)

On considère un radar qui envoie une onde électromagnétique de fréquence 10,0 GHz sur une voiture qui s'approche à vitesse constante V_0 . Cette dernière réfléchit le signal sur le radar. Le signal reçu par le radar est traité de la manière suivante : il est multiplié par le signal émis ; le produit des deux signaux est filtré par un filtre passe-bas. On observe en sortie du filtre un signal sinusoïdal de fréquence $f' = 1333\text{Hz}$.

- Déterminer la vitesse de la voiture.

Rép : $V_0 = c \frac{2f'}{f_{\text{émis}}} = 20 \text{ ms}^{-1}$

CCP114 – Système afocal (2015)

On place sur l'axe optique deux lentilles minces convergentes L_1 et L_2 dont les centres optiques sont tels que $\overline{O_1O_2} = 55\text{cm}$. La distance focale de L_1 est $f'_1 = 50\text{cm}$.

1°) Le système est afocal. Déterminer la distance focale image de la lentille L_2 .

2°) On éclaire le dispositif par un faisceau lumineux de surface S qui arrive en incidence normale. Déterminer la surface S' du faisceau lumineux émergent.

Rép : 1°) $f'_2 = 5\text{cm}$ 2°) $\frac{S'}{S} = \left(\frac{f'_2}{f'_1}\right)^2 = 0,01$

CCP115 – Siphon (2015)

On dispose d'un récipient rempli d'eau jusqu'à une hauteur h et un tuyau qui part du fond du récipient ($z=0$), qui monte à h_0 et qui redescend en dehors du récipient jusqu'à H en dessous du fond. La surface du tuyau est s et celle du récipient S .

Données : $h = 0,5\text{m}$; $h_0 = 1\text{m}$; $\mu_0 = 10^3 \text{ kgm}^{-3}$; $P_0 = 1\text{bar}$.

1°) Faire un schéma du système.

2°) Calculer le débit volumique D .

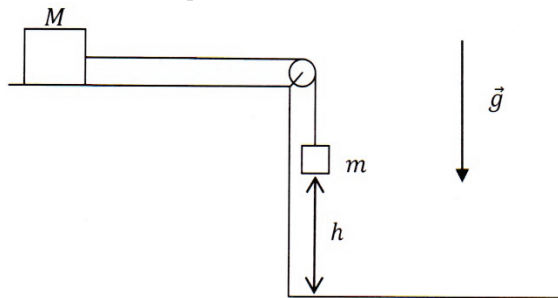
3°) Etablir l'équation liant la hauteur h et sa dérivée par rapport au temps.

4°) Quel est le temps de vidange du réservoir ?

Rép : 1°) ... 2°) $D = s\sqrt{2g(h+H)}$ 3°) $\frac{dh}{dt} = -\frac{s}{S}\sqrt{2g(h+H)}$ 4°) $T = \frac{2S}{s\sqrt{2g}}(\sqrt{H+h} - \sqrt{H})$

CCP116 – Masses et poulie (2015)

On considère le système formé par les deux masses M et m qui sont reliées par un fil inextensible et sans masse. Le fil passe par une poulie qui est sans masse et qui ne provoque pas de frottement. Le système est lâché sans vitesse initiale. Le contact entre la masse M et le sol est défini par le coefficient de frottement de glissement f .



1°) Déterminer la vitesse de la masse M lorsque la masse m s'écrase au sol.

2°) Calculer le coefficient de frottement de glissement f sachant que la chute de la masse m d'une hauteur h provoque un déplacement total de M d'une distance d .

Rép : 1°) $v = \sqrt{\frac{2gh(m-fM)}{m+M}}$ 2°) $f = \frac{mh}{Ma+ma-mh}$