Exercice 1

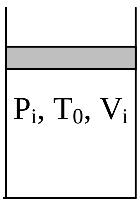
1. a) Un mobile peut-il avoir une accélération non nulle à un instant où sa vitesse est nulle ? donner un exemple illustrant la réponse.
   b) Un mobile peut-il avoir une accélération de direction variable si sa vitesse conserve toujours la même direction ? justifier.
   c) Un mobile peut-il avoir une vitesse dont la direction change si son accélération est constante ? justifier.
2. Le mouvement d'un point matériel M(r, θ ,z) en coordonnées cylindriques, de masse m est donné par :
   $r(t) = b\exp\left(-2t/\tau\right)$, $\theta(t) = \omega \times t$ et $z(t) = 0$.
   a) Calculer les vecteurs vitesse et accélération de ce point, ainsi que leur norme.
   b) Déterminer la résultante des forces qui s'exerce sur ce point matériel.
   c) Déterminer le cosinus de l'angle entre le vecteur position et le vecteur vitesse.
   d) Calculer le travail de F entre t=0 et t=τ.

Exercice n°1 : Déséquilibre mécanique

1. Partant de l'identité thermodynamique, exprimer la variation élémentaire d'entropie d'un gaz parfait en variables (T, P). En déduire la variation d'entropie ΔS pour une transformation finie.

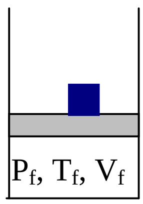
Soit *n* moles de gaz parfait à l'intérieur d'une enceinte diathermane, fermée par un piston de masse m, de section S. La pression atmosphérique extérieure P_0 , température atmosphérique extérieure T_0 .
A t = 0, on pose une masse M sur le piston. On laisse le système évoluer jusqu'à l'équilibre mécanique et thermique.

Etat initial



P_0, T_0

Etat final



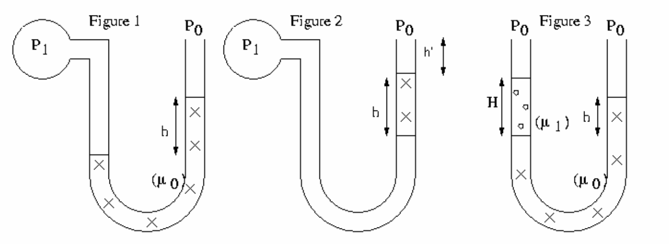
2. Préciser P_i , P_f et T_f en fonction des données de l'exercice.

3. Déterminer le travail W reçu par le gaz au cours de cette transformation.

4. Montrer, à l'aide d'un bilan entropique que cette transformation est irréversible.

Exercice 1 : Mesures dans un tube en U

Un tube en U contient un liquide incompressible de masse volumique μ_0 (très supérieure à celle de l'air). On note g l'accélération de la pesanteur et P_0 la pression de l'air atmosphérique. La branche droite du tube est laissée à l'air libre, la branche gauche est reliée à une enceinte pleine d'air à la pression P_1. On note h la dénivellation entre les deux ménisques (figure 1).



Le volume de l'enceinte est supposé très supérieur au volume d'air dans le tube en U.

1. Établir l'équation de l'hydrostatique à partir de l'équation de la statique des fluides.
2. Déterminer l'expression de P_1 en fonction de h et des autres paramètres. Indiquer comment varie h lorsque la température de l'enceinte augmente.
3. Lorsque l'on met trop peu de liquide dans le tube en U, on peut se retrouver dans la situation de la figure 2. Indiquer comment varient h et h' lorsque la température de l'enceinte augmente. Montrer que lorsque le liquide commence à déborder, tout le liquide va sortir.
4. On considère le dispositif de la figure 3. Les deux branches sont à l'air libre mais on introduit dans celle de gauche un liquide non miscible avec le premier, de masse volumique μ_1. Déterminer l'expression de μ_1 en fonction de h, H et des autres paramètres.

Exercice 1 :

Une source idéale de tension, de f.é.m E, peut alimenter un dipôle électrocinétique AB constitué, en série , d'une bobine d'induction AC (inductance L et de résistance constante r) et d'un résistor CB de résistance constante R (figure 1).

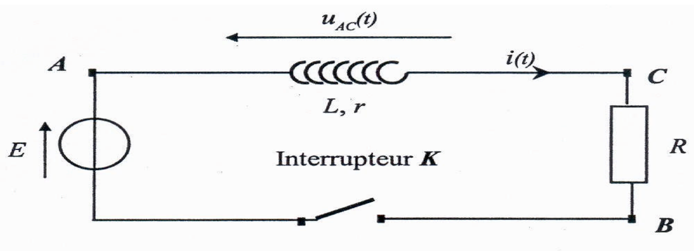


Figure 1

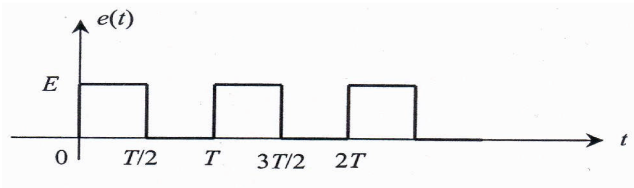


Figure 2

Au temps $t = 0$, pris comme instant initial, l'interrupteur K est abaissé et le circuit est fermé.
Soit $u_{AC}(t)$, la tension aux bornes de la bobine et $i(t)$, l'intensité dans le circuit. On pose $\tau = \dfrac{L}{R+r}$.

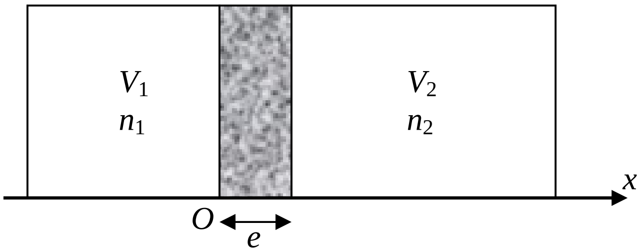
1) a) Quelle est la constante de temps d'un circuit RL série ? Donner sa signification physique et son unité.
   b)Quelle est la grandeur physique qui est une fonction continue du temps pour une bobine. Justifier.
2) Ecrire, pour $t \geq 0$,l'équation différentielle linéaire du 1^{er} ordre dont $i(t)$ est solution.
1) a) Déterminer l'expression de $i(t)$. b) En déduire l'expression de la tension $u_{AC}(t)$.
2) A présent le générateur délivre une tension « créneau » $e(t)$, de période T (avec $\tau << \dfrac{T}{2}$), vérifiant :

$$e(t) = E \quad \text{si} \quad 0 \leq t < \frac{T}{2} \ ; \ e(t) = 0 \ \text{si} \quad \frac{T}{2} \leq t < T.$$ On posera sur cet intervalle $t' = t - \dfrac{T}{2}$.

   a) Etablir $i(t')$ pour $\dfrac{T}{2} \leq t < T$.
   b) Calculer sur l'intervalle $\dfrac{T}{2} \leq t < T$, l'énergie W_J dissipée par effet Joule dans les 2 résistances .
3) Question de TP :
   a) Expliquer le branchement de l'oscilloscope pour visualiser $e(t)$ et l'allure de $i(t)$.
   b) Reproduire l'oscillogramme observé entre $t = 0$ et $t = \dfrac{T}{2}$.

Exercice 2 : Diffusion à travers une membrane

1. Rappeler la loi de Fick en précisant l'unité associée à chaque grandeur dans le système international. Établir l'équation de diffusion (à une dimension) en régime permanent.



On considère le système ci-contre constitué de deux volumes V_1 et V_2 contenant des concentrations en molécules n_1 et n_2 (au départ $n_1 > n_2$) et séparés par une membrane poreuse. On note D le coefficient de diffusion des molécules. La membrane poreuse a une largeur e et une surface S en contact avec les volumes et comporte *par unité de surface N* pores cylindriques de rayon r. Dans chaque pore s'établit un flux macroscopique de molécules suivant l'axe Ox tendant à égaliser les concentrations. À t on note $n_1(t)$ et $n_2(t)$ les concentrations dans V_1 et V_2 et $\Delta n(t) = n_1(t) - n_2(t)$.

2. On fait l'hypothèse que la densité moléculaire n à l'intérieur d'un pore est une fonction affine de x. Établir l'expression du vecteur densité de courant de molécules à travers un pore.

3. En déduire l'expression de J_m densité de courant de molécules à travers *toute* la membrane sous la forme $\vec{J}_m = K\Delta n(t)\vec{u}_x$ avec K fonction de N, D, e et r. Calculer r numériquement (connaissant K données en fin d'énoncé).

4. Établir et intégrer l'équation différentielle vérifiée par $\Delta n(t)$. On posera $\Delta n_0 = n_1(0) - n_2(0)$ et $\alpha = KS\left(\frac{1}{V_1}+\frac{1}{V_2}\right)$. Calculer l'instant τ tel que $\Delta n(\tau) = \frac{\Delta n(t=0)}{10}$ avec $V_1 = 2V_2 = 2$ L.

Données : $K = 10^{-6}$ m.s^{-1}, $e = 10$ µm, $N = 10^6$ cm^{-2}, $D = 10^{-9}$ S.I., $S = 200$ cm^2.

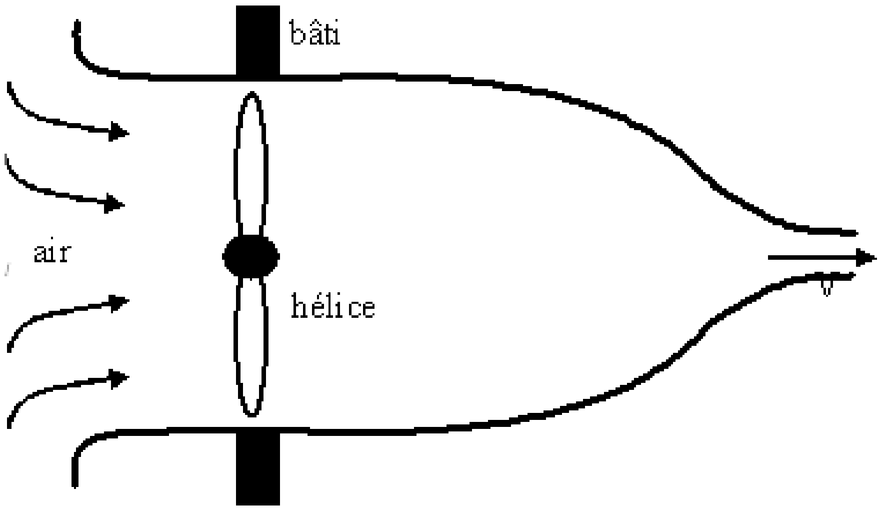
Exercice 2 : <u>Ventilateur :</u>

1) Enoncer et démontrer le théorème de Bernoulli.

Un ventilateur monté sur un bâti est muni d'une large ouverture d'aspiration profilée à l'entrée. Il communique à l'aval avec un convergent de diamètre de sortie égal à 0,10 m. Le débit est D = 0,3 m^3.s^{-1} et la masse volumique de l'air, supposé incompressible $\rho = 1{,}25$ kg.m^{-3}. L'air extérieur est à la pression de $p_0 = 1$ bar.

2) A quelle(s) condition(s) l'hypothèse d'incompressibilité de l'air vous semble-t-elle légitime ?

On garde cette hypothèse pour la suite.



3) Déterminer la vitesse V en sortie. Justifier pourquoi la vitesse d'entrée est quasiment nulle

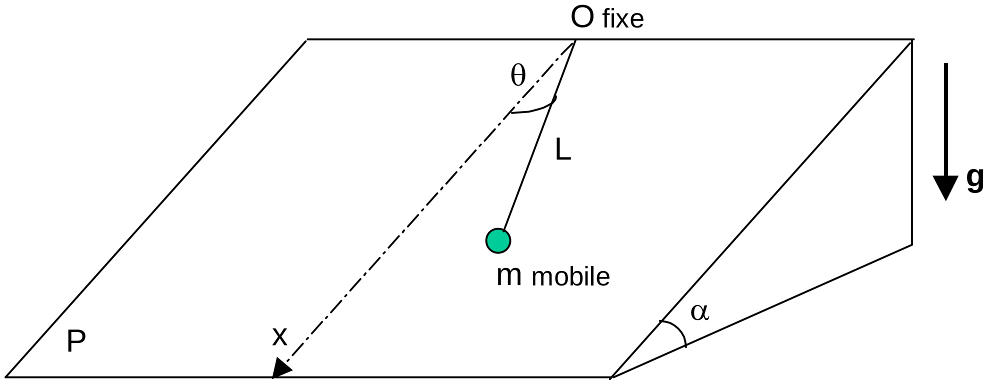
4) A l'aide d'un bilan de quantité de mouvement sur un volume de contrôle entre l'entrée et la sortie du ventilateur, déterminer l'expression de la résultante des forces pressantes exercées sur le système [bâti + hélice].

5) On admet que la vitesse de l'air au niveau de l'hélice est V/2. En déduire la pression juste avant ou juste après l'hélice, et conclure.

Exercice 1 : Oscillations d'un pendule sur un plan incliné :

1) Qu'est-ce qu'une force conservative ? Le poids est-il une force conservative ? Etablir l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur, le champ de pesanteur étant supposé uniforme.

2) Un pendule simple est constitué d'un fil de longueur L dont une extrémité O est fixée sur un plan incliné P faisant un angle α avec l'horizontale. A l'autre extrémité du fil est fixée une masse m en contact sans frottement avec le plan incliné P. Le fil est constamment tendu, et on repère la position du pendule par l'angle θ qu'il fait avec l'axe Ox, correspondant à la direction de plus grande pente du plan incliné. Les orientations sont telles que θ est positif sur la figure ci-dessous.



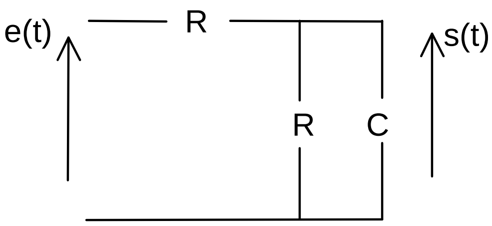
a) Faire le bilan des forces qui agissent sur la masse m. Quelle propriété particulière vérifie son énergie mécanique E_m ? Exprimer E_m en fonction de m, g, L, α, θ, et $\dfrac{d\theta}{dt}$.

b) Etablir l'équation différentielle vérifiée par $\theta(t)$.

c) Déterminer la période des oscillations dans le cas où θ reste très petit. Analyser les situations limites pour les valeurs extrêmes de α.

Exercice 2 : Filtrage d'une tension triangulaire :

1) On utilise le filtre suivant :

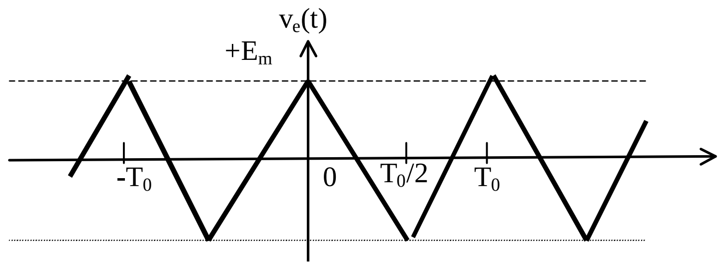


a) En effectuant un schéma équivalent à basse fréquence, puis à haute fréquence, déterminer sans calcul le type de ce filtre.

b) Déterminer la fonction de transfert $\underline{H}(x)$ de ce filtre en fonction de $x = \omega.R.C$.

c) Déterminer sa bande passante en fonction de R et C. On notera ω_0 la pulsation-limite de la bande passante.

2) La tension d'entrée est désormais triangulaire de pulsation ω_0 (définie à la question 1c), de période $T_0 = 2\pi/\omega_0$, de valeur maximale $E_m = 1$ V. On prend RC = 2,0 ms.



On admet que e(t) s'écrit de façon approchée sous la forme :

$$e(t) = \frac{8E_m}{\pi^2}\left[\cos\omega_0 t + \frac{1}{3^2}\cos(3\omega_0 t) + \frac{1}{5^2}\cos(5\omega_0 t) + ...\right]$$

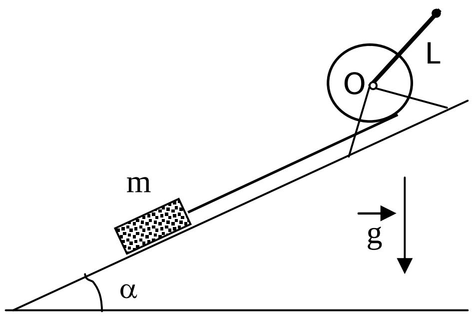
a) On constate expérimentalement que la tension de sortie s(t) est sinusoïdale. Expliquer qualitativement pourquoi. Déterminer la pulsation ω de la tension de sortie.

b) Calculer numériquement la valeur maximale de la tension de sortie et sa phase.

Exercice 1 : Etude d'un treuil :

1) Qu'est-ce qu'une force conservative ? Démontrer le théorème de l'énergie mécanique en référentiel galiléen, en distinguant les forces conservatives et non conservatives.

Un solide de masse m peut glisser sans frottement sur un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale. Il est maintenu par un fil inextensible parallèle au plan incliné. Le fil s'enroule sur un treuil constitué d'une roue de masse M et de rayon r, d'axe de rotation perpendiculaire à la figure, actionnée par une manivelle de longueur L et de masse négligeable (cf. figure).



2) En négligeant tout frottement, déterminer le travail de l'opérateur qui remonte la masse, pour un tour de treuil.

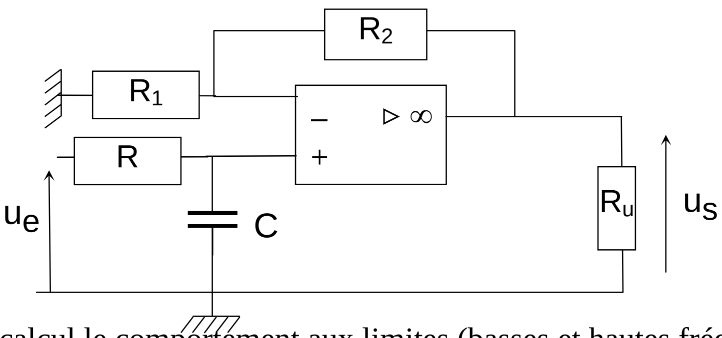
3) L'opérateur exerce la force $\vec{F}$ perpendiculaire à la manivelle ; présenter sur le schéma les forces agissant sur m d'une part, sur le treuil d'autre part (les forces exercées par son support sur le treuil s'appliquent au niveau de l'axe de rotation). En déduire la force F qu'il faut exercer pour maintenir m en équilibre ; quel est l'intérêt de la manivelle ?
Faire l'application numérique et commenter (on pourra comparer à un poids).

4) En réalité, la masse m subit de la part du support une force de frottement opposée au mouvement, de norme $R_T = f.R_N$, la force R_N étant la réaction normale exercée par le support sur le solide. Calculer et commenter la valeur de la force F minimale permettant de remonter la masse m si f = 0,5.

données : $g = 9{,}81$ m/s² ; m = 450 kg ; R = 25 cm ; L = 55 cm ; $\alpha = 12°$.

Exercice 2 : Filtre actif :

1. Soit un quadripôle (ou opérateur quadripolaire) linéaire ; expliquer ce qu'est sa résistance d'entrée. Application : déterminer l'impédance d'entrée du circuit ci-dessous, alimenté par une tension u_e sinusoïdale de pulsation ω (A.O. idéal).



2. Déterminer sans calcul le comportement aux limites (basses et hautes fréquences) du montage ; quelle est sa nature en tant que filtre ?
3. Déterminer la fonction de transfert complexe $\underline{H} = \underline{u}_S / \underline{u}_e$; en déduire le gain maximal H_0 et la pulsation de coupure ω_C telle que $|\underline{H}(\omega_C)| = H_0 / \sqrt{2}$. Que vaut la résistance de sortie ?
4. Donner des valeurs plausibles des composants R, C, R_1 et R_2 pour que le filtre ait une fréquence de coupure $f_C = 1$ kHz et un gain maximal $H_0 = 2$.

Exercice 1 :

1. Rappeler les lois de Descartes pour une lentille mince avec origine au sommet.
2. On constitue un viseur avec une lentille convergente L_1 de distance focale image f_1'=10cm, on place un écran solidaire de la lentille à la distance de d=15cm. Déterminer à quelle distance doit se trouver l'objet pour avoir une image nette sur l'écran. En déduire le grandissement du système.
3. Soit une lentille L_2 inconnue. Un objet réel AB est placé à 40cm en avant de la lentille, l'image obtenue est repérée par le viseur. On observe une image nette sur l'écran lorsque L_1 est à 10cm de L_2.
   a) Déterminer f_2' et le grandissement de l'ensemble (L_2L_1).
   b) Construire le trajet de deux rayons lumineux réels depuis l'objet jusqu'à l'image.
4. Présenter deux méthodes expérimentales que vous avez mis en œuvre pour déterminer la distance focale d'une lentille.

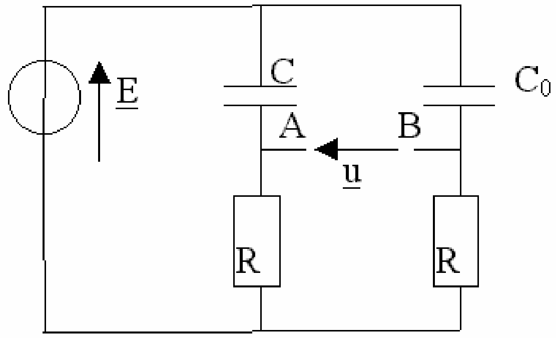
Exercice 2 : Thermodynamique :

1. Etablir que pour un système ouvert et en régime permanent, $h_s - h_e + g\left(z_s - z_e\right) + \frac{1}{2}\left(v_s^2 - v_e^2\right) = W^* + Q$ où h représente l'enthalpie massique, les indices e et s pour l'entrée et la sortie, v_e et v_s les vitesses d'entrée et de sortie, W^* l'énergie mécanique massique autre que le travail des forces pressantes et Q le transfert thermique massique.
2. On étudie maintenant l'argon, qui est un gaz réel monoatomique de masse molaire M, d'équation d'état $p\left(V - nb\right) = nRT$ et d'énergie interne $U = nC_vT$ où n est le nombre de moles de gaz, p la pression, V le volume, T la température, R la constante des gaz parfaits , b une constante positive et C_v la capacité thermique molaire à volume constant qui est une constante. Ce gaz subit une détente de Joule-Thomson (ou Joule-Kelvin).

2.1. Préciser l'unité de b dans le système international.
2.2. Rappeler le principe d'une détente de Joule-Thomson (ou Joule-Kelvin). Montrer, en utilisant le résultat de la question 1 , que, si l'on peut négliger les variations d'énergie potentielle de pesanteur ainsi que l'énergie cinétique du gaz, alors cette détente est isenthalpique.
2.3 En déduire l'expression de l'enthalpie, pour ce gaz, en fonction de P et T.
2.4. En déduire la variation de température qui accompagne une détente de Joule-Thomson (ou Joule-Kelvin) lorsque la pression passe de la valeur P_1 à la valeur P_2.
2.5. Que devient cette variation de température pour un gaz parfait ?

Exercice 1 :

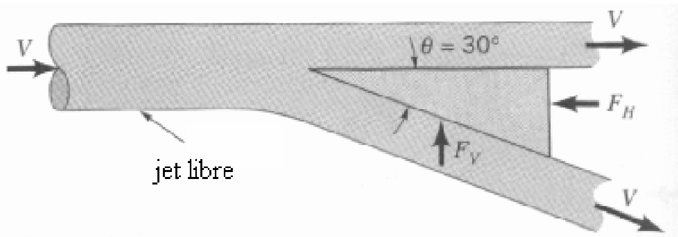
Soit un montage suivant dans lequel le condensateur C_0 est constant et le condensateur C variable. Nous utilisons une source de tension $e(t) = E\cos(\omega t)$.



1. Définir l'impédance complexe. Etablir l'expression de l'impédance complexe pour un condensateur. En déduire le déphasage φ de la tension $u_c(t)$ par rapport au courant $i_c(t)$.
2. Exprimer l'amplitude complexe $\underline{U}$ en fonction de $\underline{E}$, R, $\underline{Z_c}$ et $\underline{Z_{c0}}$.
3. Déterminer l'expression réelle de $u(t)$ pour $C_o > C$.
4. Pour quelle valeur de C la tension est–elle nulle ?
5. On met en parallèle sur C une résistance R et en parallèle sur Co une résistance Ro. A quelle condition sur les valeurs des composants a-t-on $\underline{U} = 0$?

Exercice 2 :

Un jet de fluide frappe un coin comme le montre la figure ci-contre. 50% du débit total est dévié dans la direction de 30° , le reste n'étant pas modifié. Les forces verticales et horizontales nécessaires pour maintenir le coin sont notés F_v et F_H.



1-En faisant un bilan de quantité de mouvement sur un volume de contrôle délimité par les tubes de courants compris entre une section droite à l'entrée et deux sections droites à la sortie (volume en Y), déterminer le rapport $\frac{F_H}{F_v}$.

2- Même question si on déplace le coin horizontalement à la vitesse u.