BILANS MACROSCOPIQUES.

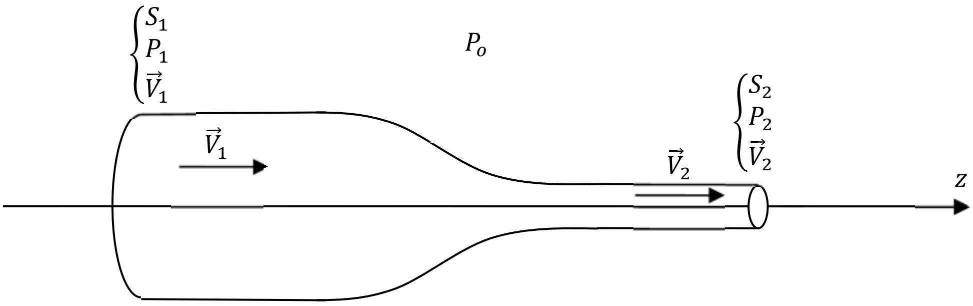
I. FLUIDES INCOMPRESSIBLES : BILANS MECANIQUES.

1. BILAN DE QUANTITE DE MOUVEMENT.

a. CONDUITE DE SECTION VARIABLE.

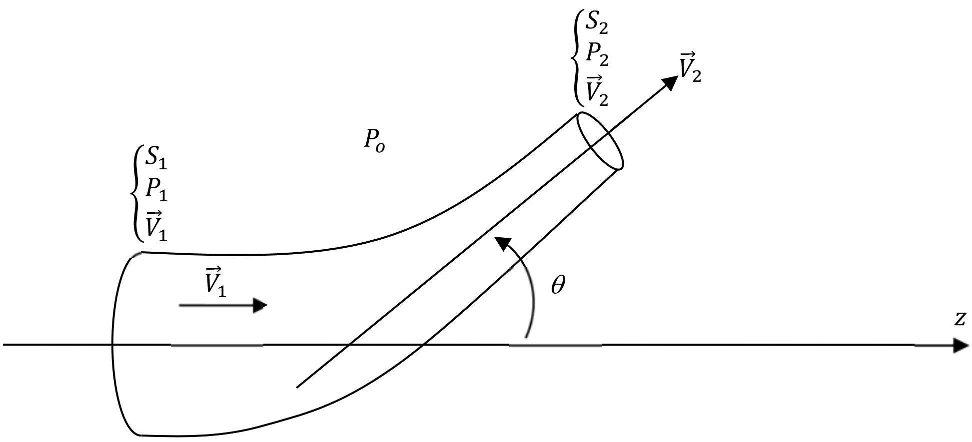
On considère une conduite cylindrique d'axe (Oz) de section variable parcourue par un fluide parfait et placée dans une atmosphère de pression P_o. L'écoulement est supposé incompressible (µ) et stationnaire. On néglige les effets de la pesanteur.

Par un bilan de quantité de mouvement, déterminer la force exercée par le fluide sur la conduite en fonction de P_1, S_1, S_2, µ et V_1.



b. CONDUITE COUDEE.

On considère une conduite coudée, de section variable, parcourue par un fluide parfait et placée dans une atmosphère de pression P_o. L'écoulement est supposé incompressible (µ) et stationnaire. On néglige les effets de la pesanteur.



Par un bilan de quantité de mouvement, déterminer la force exercée par le fluide sur la conduite en fonction de θ, P_1, S_1, S_2, µ et V_1.

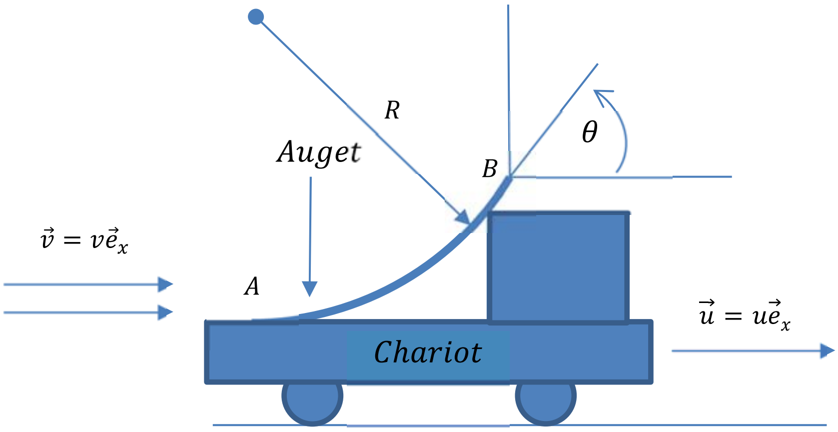
En déduire la force que doit exercer un opérateur pour maintenir la conduite fixe.

c. DEPLACEMENT D'UN CHARIOT A L'AIDE D'UN JET D'EAU.

Un chariot, posé sur un sol horizontal, est mis en mouvement de translation rectiligne uniforme par rapport au référentiel lié au sol au moyen d'un jet d'eau, qui frappe un auget en arc de cercle solidaire du chariot. Le chariot, muni de son auget, a une masse totale M.

Le jet d'eau, homogène, de vitesse galiléenne $v\,\vec{e}_x$ épouse le profil de l'auget et suit donc, dans le référentiel du chariot, une trajectoire AB en forme de cercle de rayon R. La tangente en A à l'arc est horizontale, celle en B fait un angle θ par rapport à l'horizontale. Le jet est supposé homogène en pression, stationnaire dans le référentiel du chariot et de section constante S. On négligera la variation d'altitude de A à B, ainsi que la masse d'eau dans le chariot $m = \mu SR\theta$. L'eau sera traitée comme homogène, incompressible, indilatable, de masse volumique μ. La pression atmosphérique est uniforme et vaut P_0. On note $\vec{u} = u\vec{e}_x$ la vitesse de translation galiléenne du chariot.

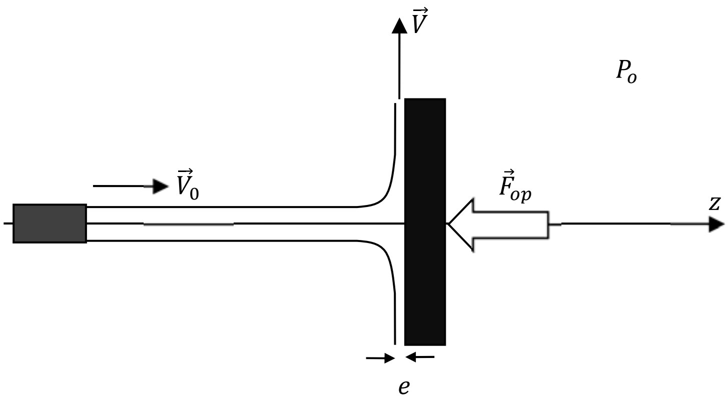
Déterminer la composante horizontale de la force qu'il faut exercer sur l'auget pour maintenir le caractère uniforme du mouvement du chariot.



d. JET D'EAU SUR UNE PLAQUE.

On envoie un jet d'eau horizontal, de section s et homocinétique ($\vec{V}_o$) sur une plaque circulaire de rayon R maintenue verticale par un opérateur. On suppose l'écoulement stationnaire, incompressible (µ). On néglige les effets de la pesanteur et on note P_o la pression atmosphérique.

Quelle force doit exercer un opérateur pour maintenir la plaque fixe ?



e. FUSEE.

On considère une fusée en mouvement vertical ascendant (vitesse$\vec{V}(t)$) dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

La fusée éjecte des gaz à la vitesse $\vec{u}$ constante dans le référentiel de la fusée avec un débit massique constant.

Par un bilan de quantité de mouvement, déterminer la condition de décollage de la fusée ainsi que la loi de variation de $\vec{V}(t)$ en début d'ascension (on négligera donc les variations de $\vec{g}$).

f. PHENOMENE DE RESSAUT HYDRAULIQUE.

Tout le monde à pu observer l'apparition d'un bourrelet d'eau de forme circulaire au fond d'un évier dans lequel coule l'eau du robinet. Ce type de bourrelet est appelé ressaut : Il sépare une zone où l'épaisseur du fluide est faible, d'une région où la hauteur du fluide est plus importante. La limite entre les deux zones correspond au passage de la vitesse d'écoulement $U(x)$ d'une valeur supérieure à la vitesse locale des ondes de surface, à une vitesse inférieure. On rappelle que la célérité locale des ondes de gravité à la surface d'un film d'épaisseur h est $c = \sqrt{gh}$. On caractérise qualitativement ce phénomène par le rapport des vitesses du fluide et celle des ondes de surface, appelé nombre de Froude : $F_r = \frac{U(x)}{\sqrt{gh}}$.

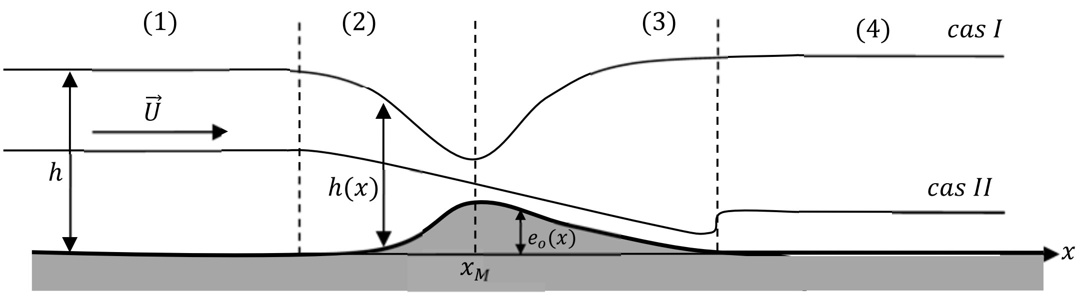
Ressaut dans un lavabo.

ECOULEMENT AU DESSUS D'UN OBSTACLE.

On considère l'écoulement au dessus d'un barrage. On considère qu'initialement on a $U^2 - gh < 0$.

On suppose la vitesse uniforme dans toute section perpendiculaire à l'écoulement et on note P_o la pression atmosphérique.

On voit apparaitre deux comportements possibles au moment où l'écoulement passe au dessus de x_M (point où la hauteur du barrage est maximale (notés $cas\ I$ et II).



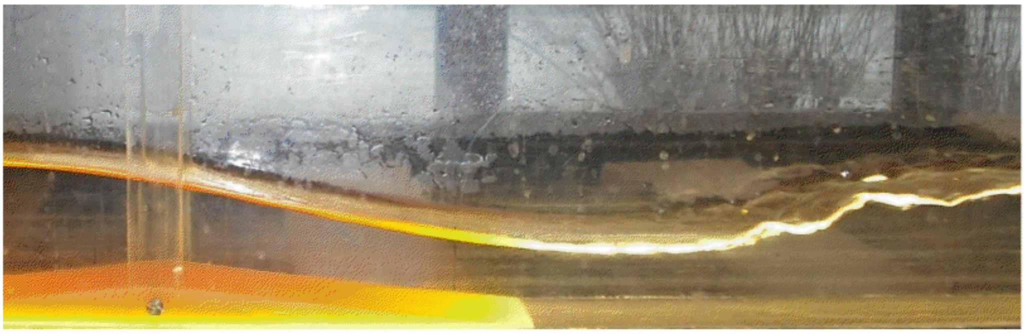
a) En utilisant la conservation du débit et les équations de Bernoulli établir que :

$$U(x)\frac{\partial h}{\partial x} + h(x)\frac{\partial U}{\partial x} = 0$$

$$U(x)\frac{\partial U}{\partial x}+g\frac{\partial h}{\partial x}+g\frac{\partial e_o}{\partial x}=0$$

$$\frac{1}{U(x)}\frac{\partial U}{\partial x}\left(-gh(x)+U^2(x)\right)+g\frac{\partial e_o}{\partial x}=0$$

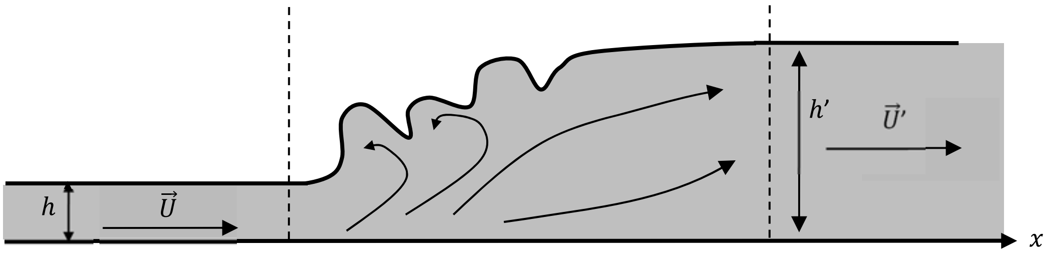
b) En déduire que le *cas* 1 correspond au cas où F_r reste inférieur à 1 lors du passage du barrage et que le *cas* 2 correspond au cas où le nombre de Froude atteint 1, pour une valeur de x que l'on déterminera, et dépasse ensuite cette valeur.



Ressaut dû à l'écoulement au-dessus d'un obstacle (cas 2).

Ressaut hydraulique.

On modélise le ressaut hydraulique de la manière suivante :



a) Par un bilan de quantité de mouvement, montrer que : $U'^2h'-U^2h+\frac{g}{2}\left(h'^2-h^2\right)=0$.

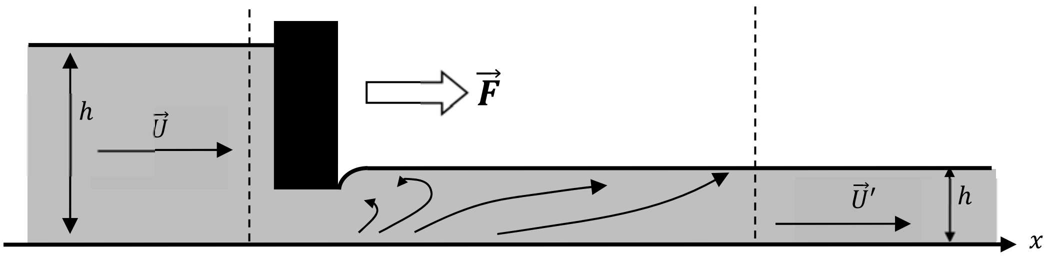
b) En utilisant la conservation du débit, en déduire les expressions de U' et U.

c) Montrer que $U'<\sqrt{gh'}$ et que $U>\sqrt{gh}$. Conclure.

d) Déterminer le rapport $\frac{h'}{h}$ en fonction du nombre de Froude. Conclure.

Autre application : Vanne de decharge dans un canal.

En intercalant un obstacle dans un canal à surface libre, la hauteur d'eau passe d'une valeur h à une valeur plus faible h'. On cherche la force exercée par le fluide sur la paroi.



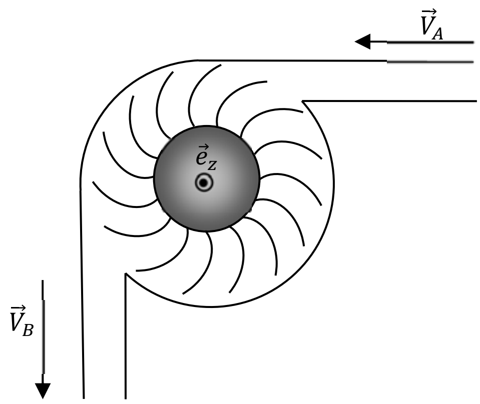
a) Par un bilan de quantité de mouvement, déterminer la force exercée sur l'obstacle.

b) Déterminer le rapport $\frac{h'}{h}$ en fonction du nombre de Froude en amont de l'écoulement. Conclure.

2. BILAN DE MOMENT CINETIQUE(HP)

TURBINE.

Une turbine est constituée d'une roue à augets liée à un carter de protection fixe par une liaison pivot d'axe $(O, \vec{e}_z)$ supposée parfaite. De l'eau arrive dans le carter par un injecteur situé en A, avec un débit massique D_m et une vitesse $\vec{V}_A$ de manière à frapper les augets. Sous l'effet des augets, elle ressort à la vitesse $\vec{V}_B$. On note l_A et l_B les bras de leviers des vitesses par rapport à l'axe (Oz). On néglige les effets de la pesanteur. L'arbre de rotation entraîne le rotor d'un générateur électrique. On note $\vec{\Gamma}$ le couple que la roue transmet au rotor.



Par un bilan de moment cinétique, déterminer $\vec{\Gamma}$. Comment maximiser la norme de ce couple ?

Roue à augets d'une turbine Pelton

a. TOURNIQUET HYDRAULIQUE.

On considère le tourniquet hydraulique décrit sur la figure ci-dessous.

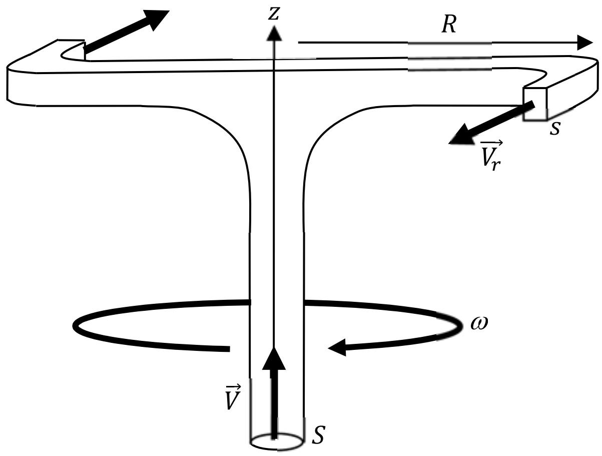
On injecte, à la base du tourniquet, de l'eau avec un débit volumique constant D_v .

On suppose que le tourniquet est soumis de la part de son support à des actions de contact dont le moment cinétique résultant est $\vec{\Gamma} = \Gamma\, \vec{e}_z$.

L'eau sera considérée comme un fluide incompressible parfait de masse volumique ρ.

On note $\vec{V}$ la vitesse de l'eau dans la base du tourniquet et $\vec{V}_r$ la vitesse relative d'éjection de l'eau.

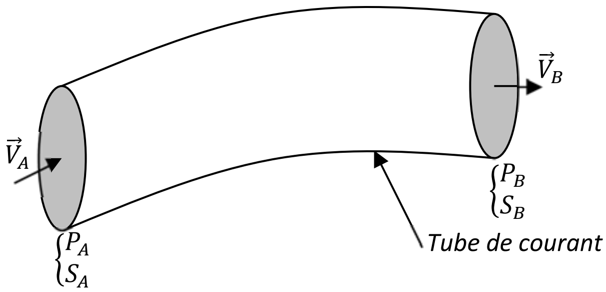
Par un bilan de moment cinétique, déterminer la vitesse de rotation ω du tourniquet en fonction de Γ, D_v, s, R, ρ.



3. Bilan d'energie cinetique.

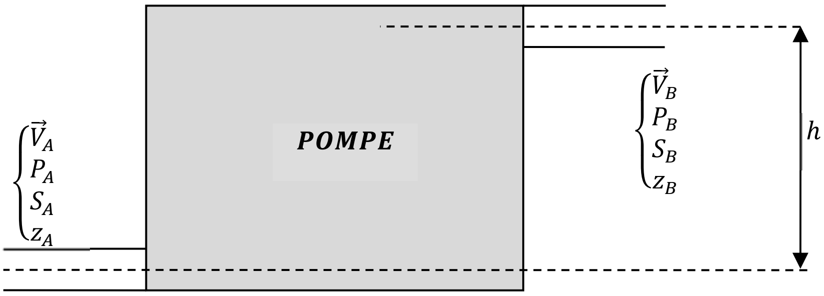
a. Interpretation energetique du theoreme de Bernoulli.

On considère un fluide incompressible (ρ) parfait circulant dans un tube de courant :



On se place en régime permanent, et on considère que seule la pesanteur intervient.
Par un bilan d'énergie cinétique, retrouver l'équation de Bernoulli.

b. Puissance d'une pompe.



On utilise une pompe pour élever la hauteur d'un écoulement. Le fluide considéré est parfait et incompressible (ρ). On se place en régime permanent. Déterminer la puissance de la pompe, en fonction de $P_A, P_B, S_A, S_B, \rho, h$ et le débit volumique de l'écoulement D_v.

c. HELICES- MODELE DE BETZ.

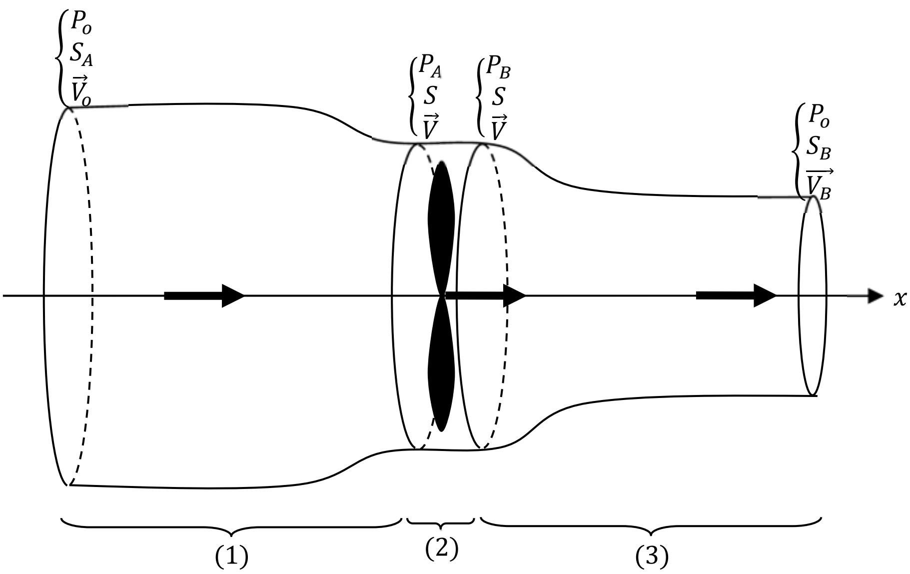
Dans un fluide parfait, incompressible (ρ) est immergée une hélice, qui par rotation autour de son axe (Ox), modifie l'écoulement du fluide. On se place en régime permanent et on néglige les effets de la pesanteur.

MODELE DE BETZ :

On se place dans le cas particulier où l'hélice n'a qu'un mouvement de rotation dans le référentiel d'étude (galiléen) et on considère que l'hélice est mise en rotation grâce à un moteur. Ces deux hypothèses correspondent concrètement au cas du ventilateur.

Loin de l'hélice, le fluide est animé d'une vitesse $\vec{V_o} = V_o\vec{e}_x$, constante et uniforme. On suppose que le problème est de révolution autour de l'axe (Ox).

On considère le tube de courant suivant qui englobe l'hélice :



A l'extérieur du tube, la pression du fluide est P_o. La pression et la vitesse du fluide sont uniformes sur toute section droite du tube.
Zone (1) : Loin en amont de l'hélice, la section du tube est S_A, la pression est P_o et la vitesse est $\vec{V_o}$: L'écoulement peut être considéré comme permanent et irrotationnel.

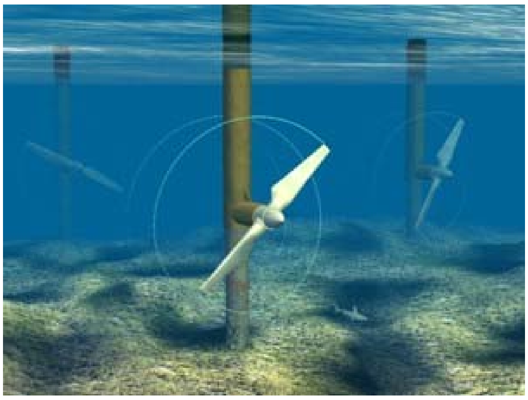
Zone (3) : Loin en aval de l'hélice, la section du tube est S_B, la pression de l'air est P_o et la vitesse est $\vec{V_B}$: L'écoulement peut également être considéré comme permanent et irrotationnel.

Zone (2) : Au voisinage immédiat de l'hélice, la section du tube de courant est S, le vitesse de l'air est $\vec{V}$, la pression de l'air est P_1 à gauche de l'hélice et P_2 à droite. Les tourbillons sont localisés au voisinage immédiat de l'hélice : Dans cette zone, on ne peut pas définir de ligne de courant.

DETERMINATION DE LA PUISSANCE $\mathcal{P}$ FOURNIE PAR L'HELICE ET DU RENDEMENT r.

1) A partir d'un bilan de quantité de mouvement sur la zone (2) déterminer une 1ère expression de la force $\vec{F}$ exercée par l'hélice sur le fluide.
2) A partir d'un bilan de quantité de mouvement sur la zone $\{(1),((2),(3)\}$, déterminer une nouvelle expression de la force $\vec{F}$.
3) En déduire que $\mathcal{P} = \frac{1}{4}\mu S(V_B^2 - V_o^2)(V_o + V_B)$. Retrouver ce résultat à partir d'un bilan d'énergie cinétique.
4) Dans ne nombreux cas (navire, hélicoptère…) l'hélice est liée à un objet en translation. Comment sont modifiés les résultats précédents ?
5) Comment utiliser les résultats précédents pour étudier le cas d'une éolienne ?
   Notamment : Déterminer le rendement r de l'hélice.

Montrer que le rendement maximal vaut $r = \frac{16}{27}$: C'est la limite de Betz.



Hydrolienne pouvant être étudiée grâce au modèle de Betz

d. Ecoulement de Poiseuille.

On considère une conduite de longueur L, de rayon R, parcourue par un fluide incompressible (ρ) et visqueux (η). On se place en régime permanent et on note D_v le débit volumique dans la conduite.

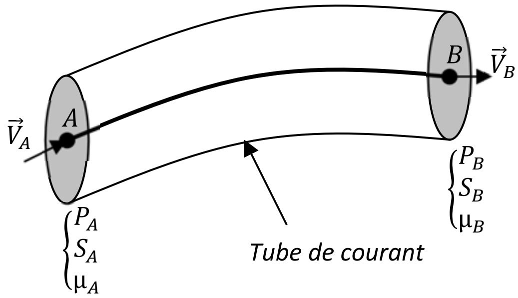
A l'aide d'un bilan d'énergie cinétique, déterminer la puissance des forces de viscosité dans la conduite.

II. FLUIDES COMPRESSIBLES : BILANS THERMODYNAMIQUES.

1. THEOREME DE BERNOULLI POUR LES FLUIDES COMPRESSIBLES.

On considère un fluide parfait compressible en écoulement permanent. Le fluide étant parfait, on suppose que son évolution est isentropique.

On considère le tube de courant ci-dessous :



En appliquant le 1er principe de la thermodynamique sous forme de bilan, montrer que sur la ligne de courant (AB) on a :

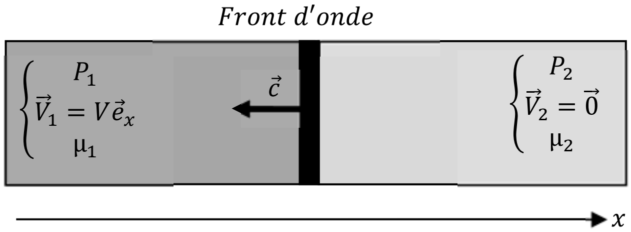
$$h + \frac{v^2}{2} + e_{pm} = Cste$$

2. ONDE DE CHOC DANS UNE CANALISATION.

Soit un fluide parfait en écoulement dans une canalisation d'axe (Ox) et de section S, la vitesse $\vec{V_1} = V\,\vec{e}_x$.

On ferme brutalement la conduite en $x = 0$: l'écoulement ne passe pas instantanément de $\vec{V_1}$ à $\vec{V}_2 = \vec{0}$.

Pour modéliser le phénomène, on considère une interface entre les deux écoulements (l'un à la vitesse $\vec{V}_1$ et l'autre à la vitesse $\vec{V}_2 = \vec{0}$) qui se déplace à vitesse constante dans le sens des x décroissants : $\vec{c} = -c\vec{e}_x$. On parle alors d'onde de choc, car au niveau de l'interface on a discontinuité des vitesses, masses volumiques, pressions…



Le front d'onde se déplaçant à vitesse constante, on travaille dans le référentiel lié à ce front d'onde car il est galiléen et on se place en régime permanent.

1. Par un bilan de masse, montrer que : $\mu_1(V + c) = \mu_2 c$
2. Par un bilan de quantité de mouvement, montrer que : $\mu_1(V + c)V = (P_2 - P_1)$.
3. On considère que l'évolution du fluide, parfait, est isentropique et on introduit χ_s, le facteur de compressibilité isentropique supposé constant. En appliquant le 1er principe sous forme de bilan, montrer que : $\frac{1}{2}(c^2 - (V + c)^2) = \frac{1}{\chi_s}\left(\frac{1}{\mu_2} - \frac{1}{\mu_1}\right)$.
4. En utilisant le fait que $c \gg V$, déterminer P_2, μ_2 et c en fonction de V, μ_1, P_1 et χ_s.
5. Application numérique :
   On donne : $P_1 = 1\ bar$; $\mu_1 = 10^3 kg.m^{-3}$; $V = 10 m.s^{-1}$ et $\chi_s = 4{,}5.10^{-10}\ Pa$. Déterminer P_2, μ_2 et c. Conclure.

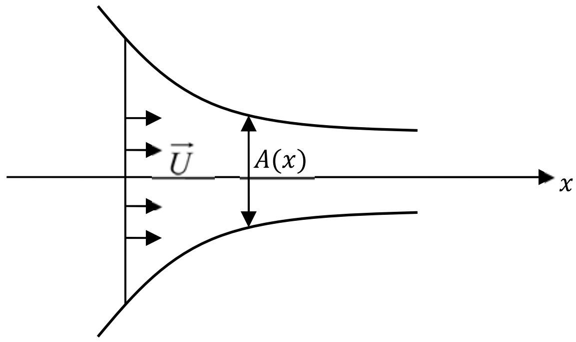
3. ECOULEMENT D'UN FLUIDE COMPRESSIBLE DANS UNE TUYERE.

On considère l'écoulement stationnaire et adiabatique d'un gaz dans une conduite d'axe (xx') et dont la section $A(x)$ varie lentement. Les forces de volume ainsi que les effets visqueux dans le fluide sont négligés.

Dans une section droite de la conduite, la pression, la température et la masse volumique, notées respectivement $P(x), T(x)$ et $\rho(x)$ sont considérées comme approximativement constantes, sauf dans une petite zone que l'on négligera, l'écoulement est pratiquement unidirectionnel avec un champ de vitesse donné par : $\vec{U} = U(x)\vec{e}_x$

On définit :

- la vitesse de propagation c des ondes de pression dans le gaz par : $c^2 = \dfrac{dP}{d\rho}$
- Le nombre de Mach de l'écoulement par : $M = \dfrac{U}{c}$



1. Faire un bilan de matière entre deux sections $A(x)$ et $A(x + dx)$ et en déduire une relation entre $A(x)$, (x) et $\rho(x)$.
2. Faire un bilan de quantité de mouvement et en déduire une relation différentielle entre $P(x), U(x)$ et $\rho(x)$.
3. A partir des résultats précédents, établir la relation entre $\frac{dU}{U}, \frac{dA}{A}$ et M. En déduire le sens de variation de la vitesse quand le conduite se rétrécie dans la direction de l'écoulement $\left(\frac{dA}{dx} < 0\right)$ et comparer le résultat à celui que l'on obtient lorsque le fluide est incompressible.

Tuyère de Laval équipant un moteur Vulcain.

III. PROBLEMES DIVERS.

1. TURBINE A EAU.

Une turbine entraînée par un jet d'eau, tourne autour de son axe fixe à la vitesse angulaire ω.

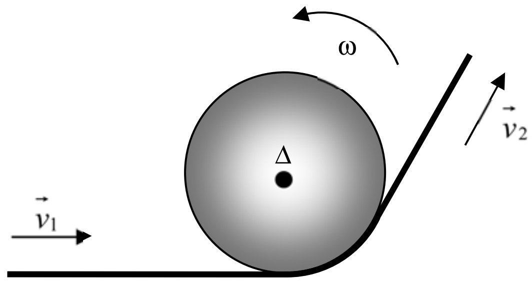
Le jet incident et le jet émergent son unidimensionnels et d'épaisseur négligeable. Ils entrent et sortent tangentiellement à un cercle d'axe Δ et de rayon a.

On connaît le débit massique de l'eau D_m et la vitesse du jet incident v_1 qui sont des constantes. La vitesse v_2 du jet émergent dépend de l'interaction entre le jet et la turbine.

Le sens positif de v_2 est celui repéré sur le schéma.

La machine entraînée par la turbine et les frottements sur l'axe Δ exercent un couple résistant de valeur absolue Γ.

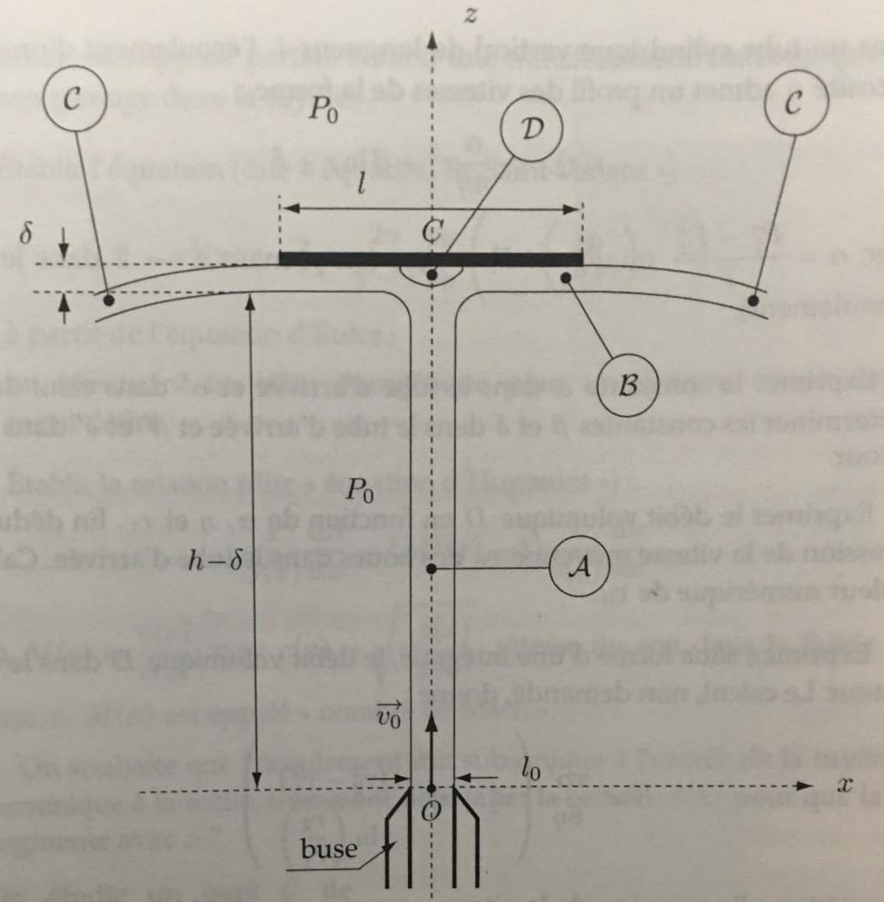
On suppose Γ constant indépendant du régime. La pesanteur est négligée.



1) A l'aide d'un bilan de moment cinétique écrire la relation entre $\frac{d\omega}{dt}; D_m; v_1$ et v_2.
2) A l'aide d'un bilan d'énergie mécanique écrire la relation entre $\omega; \frac{d\omega}{dt}; D_m; v_1$ et v_2.
3) En déduire l'équation différentielle vérifiée par ω. Exprimer ω_p, la valeur de ω en régime permanent ; cette équation est-elle valable pour toutes les valeurs de Γ ? Que se passe-t-il si l'on tente d'imposer une trop grande valeur à Γ ?
4) Soit P la puissance mécanique fournie par la turbine en régime permanent.
   a) Exprimer P en fonction de $\omega_p; D_m$ et v_1.
   b) Pour quelle valeur de Γ, ω_p et v_1 étant données, cette puissance est-elle maximale ?
5) On règle Γ pour que P soit maximale, la turbine étant initialement à l'arrêt. Déterminer $\omega(t)$. Quelle est la durée caractéristique de l'établissement du régime permanent ?

2. EQUILIBRE D'UNE PLAQUE SOUS L'ACTION D'UN JET D'EAU.

Une plate-forme rectangulaire, horizontale, de masse m, de largeur l, d'épaisseur négligeable et de longueur L, est en équilibre sous l'action d'un jet d'eau (fluide supposé parfait, incompressible, de masse volumique μ) sortant d'une buse rectangulaire de largeur l_0 et de même longueur L :



Le jet a la forme décrite par la figure ci-dessus. Il se décompose en quatre parties :

- un jet ascendant libre dès la sortie de la buse (partie $\mathcal{A}$) dans une colonne parallélépipédique de largeur l_0 et de hauteur $h - \delta$;
- un écoulement axifuge (partie $\mathcal{B}$) dans deux parallélépipèdes de largeur l et de hauteur $\delta \ll h$ dans lequel le jet est supposé adhérer à la plaque ;
- un jet libre (partie $\mathcal{C}$) à la sortie de la plaque ;
- une région (partie $\mathcal{D}$) au voisinage de l'axe Cy', orthogonal à la figure (axe de stagnation) pour laquelle la description de la partie $\mathcal{B}$ n'est pas valable.

L'écoulement est stationnaire et irrotationnel, sauf peut-être dans la partie $\mathcal{D}$. La pression ambiante est la pression atmosphérique P_0, uniforme et constante. Les données sont v_0, m, g, l_0, l, L et μ. On cherche à déterminer δ et h.

1. Exprimer la pression $P(z)$ dans la partie $\mathcal{B}$. En déduire que la « force portante » du jet est principalement due aux phénomènes ayant lieu au voisinage immédiat du point C et que le problème doit conduire à une valeur faible de δ pour être cohérent.

2. Établir une relation entre δ et h faisant intervenir v_0, l_0 et g (équation 1). En déduire que δ, bien que faible, doit être supérieure à une valeur à déterminer.

3. En effectuant un bilan de quantité de mouvement pour un système soigneusement défini, établir l'équation (2) :

$$h = \frac{v_0^2}{g} - \frac{m}{\mu L l_0} + \delta \frac{l_0 - l}{l_0}.$$

Compte tenu de la faible valeur de δ, montrer que $v_0 > v_{0,\text{min}}$ pour que l'équilibre soit possible.

Calculer $v_{0,\text{min}}$ dans le cas d'un jet d'eau frappant une plaque de masse volumique 5000 kg.m^{-3}, d'épaisseur 1 mm, de largeur $l = 20$ cm, la largeur l_0 du jet ascendant étant de 1 cm.

Dans la suite de l'exercice, on prendra $v_0 = 10$ m.s^{-1}.

4. En éliminant h entre les équations (1) et (2), on obtient l'équation suivante vérifiée par $\eta = \dfrac{\delta}{l_0}$:

$$\frac{1}{\eta^2} - \frac{8gl}{v_0^2}\eta + 4 - \frac{8mg}{v_0^2 \mu L l_0} = 0.$$

Le calcul n'est pas demandé.

Calculer les valeurs numériques de δ et de h.

Calculer l'écart entre la pression sur la plaque dans la région $\mathcal{B}$ et la pression atmosphérique. Comparer cet écart à la valeur $\dfrac{mg}{S}$ représentant la pression moyenne exercée par la plaque sur le jet. Conclure.

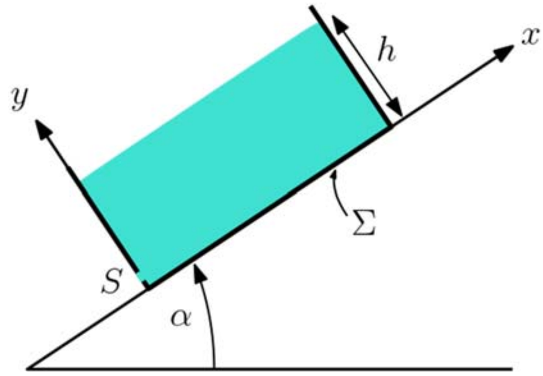
3. BECHER D'EAU SUR UN PLAN INCLINE.

On néglige les frottements entre le bécher et le plan incliné.

1. Le bécher glisse sur le plan. Donner l'équation de la surface libre.

On perce petit un trou (on note S la section du trou) au niveau de la face avant du bécher. L'eau s'évacue avec une vitesse relative V_r que l'on considèrera comme constante (on considèrera donc également la hauteur d'eau dans le bécher comme constante). On note $V_c(t)$ la vitesse du bécher.

2. Appliquer le théorème de Bernoulli dans le référentiel du bécher. En déduire une relation reliant x, y (coordonnées de la surface libre dans le référentiel du bécher) V_r et $\dot{V}_c$
3. Faire un bilan de quantité de mouvement au système {Cuve + Bécher}, en déduire une nouvelle relation entre $\dot{V}_c$ et V_r.
4. En déduire l'équation de la surface libre.
5. Commenter.



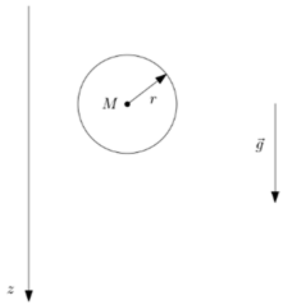
4. Acceleration d'une goutte d'eau se chargeant en eau.

On considère une goutte d'eau dans l'atmosphère humide.

On néglige les frottements de l'air.

Au cours de sa chute la goutte d'eau grossit car elle se charge en eau.

On note ρ la masse volumique de l'eau dans l'air et ρ_0 la masse volumique de la goutte.



1. A l'aide d'un bilan, déterminer la relation entre $\dot{r}$ et $\dot{z}$.
2. Appliquer le principe fondamental de la dynamique à la goutte est déterminer l'équation différentielle vérifiée par r. Commenter.
3. On pose : $f(r) = \dot{r}^2$. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par $f(r)$ et la résoudre.
4. En déduire l'accélération de la goutte en fonction de r.

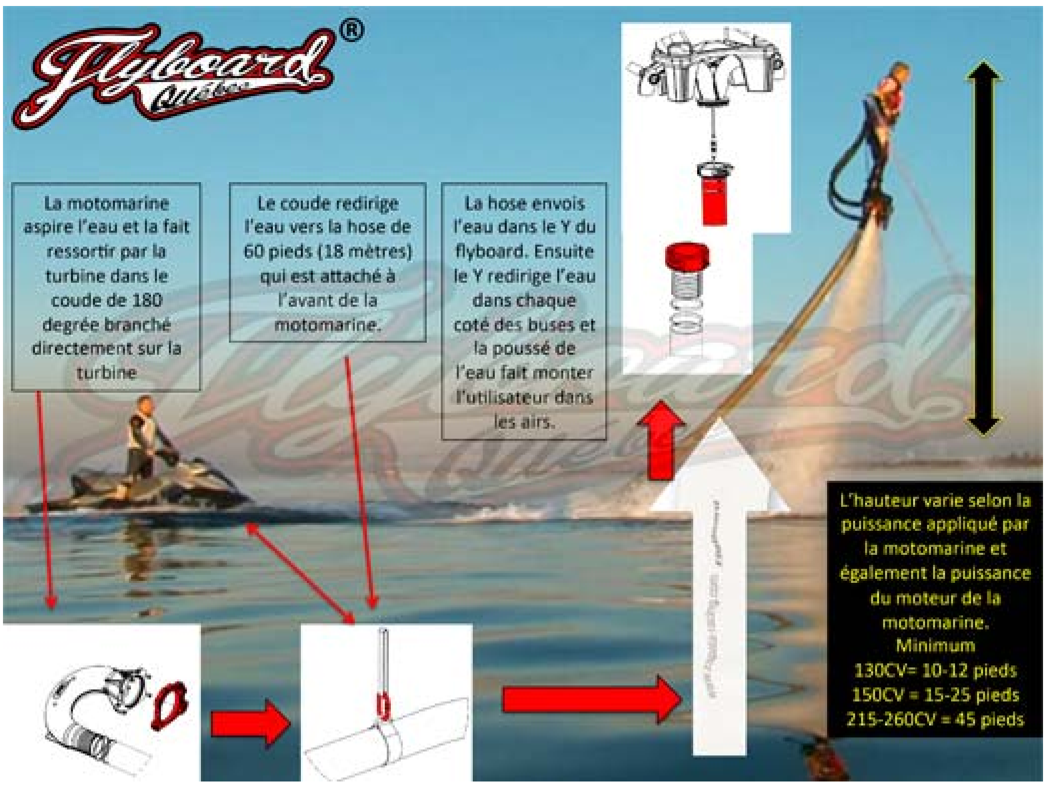
IV. PROBLEMES OUVERTS.

PROBLEME 1

Quelle est la relation entre les températures de l'eau froide (T_f), de l'eau chaude (T_c) et de l'eau sortant du robinet ?

PROBLEME 2

Le principe du Flyboard est détaillé ci-dessous :

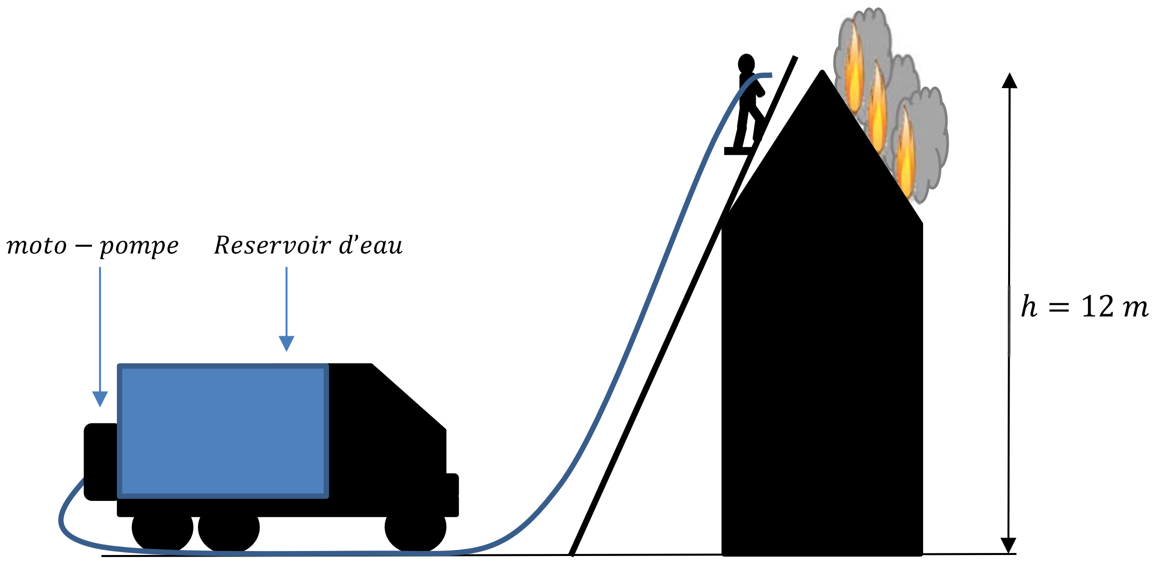


Pouvez-vous vérifiez la relation entre la puissance du jet-ski et la hauteur ?

PROBLEME 3

Un pompier fait fonctionner une lance à incendie alors qu'il se situe à 20m au-dessus d'un camion-citerne contenant un réservoir d'eau et équipé d'une motopompe de puissance $P = 2kW$. La lance à incendie branchée sur la motopompe a une longueur de $50\ m$, son diamètre intérieur est $d_1 = 32\ mm$ et elle se termine par un petit embout conique dont le diamètre minimal intérieur est $d_2 = 14\ mm$. Un dispositif non représenté ici supporte le poids de la lance à incendie de façon à ce que le pompier n'ait qu'à compenser la force exercée par la poussée de l'eau due au rétrécissement de la lance à incendie au niveau de l'embout.

Le pompier doit il se mettre à la musculation ?



PROBLEME 4

La puissance induite d'un hélicoptère est la puissance minimale requise permettant un vol stationnaire de ce dernier en charge maximale.

Cette puissance constitue l'essentiel de la puissance motrice d'un hélicoptère, et plus précisément, elle représente 60% de la puissance développée par le moteur.

Estimer la puissance développée par le moteur de l'hélicoptère Cabri2 :

Guimbal Cabri G2


Vue de l'hélicoptère

Rôle	Hélicoptère léger
Constructeur	Guimbal
Premier vol	avril 1992
Mise en service	2008
Coût unitaire	284 000 euros
Équipage	
1+1	
Motorisation	
Moteur	Lycoming
Nombre	1
Type	Piston
Puissance unitaire	
Nombre de pales	3
Dimensions	
Diamètre du rotor	7,20 m
Longueur	6,31 m
Hauteur	2,37 m
Masses	
Maximale	700 kg

5. Probleme 5 : Jet d'eau du lac de Geneve

On s'intéresse au jet d'eau du lac de Genève. La photo de figure 1 représente le jet d'eau, les photos 2 et 3 représentent respectivement la tuyère de sortie et la conduite de sortie des pompes (il y a deux pompes identiques) vers la tuyère.

En vous aidant des photos, donner l'ordre de grandeur de la puissance des pompes permettant d'obtenir un tel jet d'eau.

Figure 1

Figure 2

Figure 3